

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

УЧЁНЫЙ

ежемесячный научный журнал

8

2010
Том I

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Ежемесячный научный журнал

№ 8 (19) / 2010

Том I

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметова Галия Дуфаровна, *доктор филологических наук*

Члены редакционной коллегии:

Ахметова Мария Николаевна, *доктор педагогических наук*

Иванова Юлия Валентиновна, *доктор философских наук*

Воложанина Олеся Александровна, *кандидат технических наук*

Комогорцев Максим Геннадьевич, *кандидат технических наук*

Драчева Светлана Николаевна, *кандидат экономических наук*

Лактионов Константин Станиславович, *кандидат биологических наук*

Ахметова Валерия Валерьевна, *кандидат медицинских наук*

Ответственный редактор: Шульга Олеся Анатольевна

Художник: Евгений Шишков

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

672000, г. Чита, ул. Бутина, 37, а/я 417.

E-mail: info@moluch.ru

<http://www.moluch.ru/>

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый»

Тираж 300 экз.

Отпечатано в ООО «Формат».



Дизайн — студия «Воробей»

www.Vorobei-Studio.ru

Верстка — П.Я. Бурьянов

paul50@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

- Шрейнер Р.Т., Емельянов А.А., Клишин А.В.,
Медведев А.В.**
Моделирование моментов нагрузки
электродвигателей в MATLAB..... 6

МАТЕМАТИКА

- Архипова А.Б., Лузин А.А.**
Аппроксимация трехпараметрического множества
неопределенности при помощи эллипсоида..... 13
- Шустов В.В.**
Многомерная интерполяция сеточной вектор-
функции 17

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Асланов Г.К., Алиев З.Г., Асланов В.Г.**
О водообеспечении Каспийского побережья
Азербайджана 21
- Алиев З.Г.**
Решение комплекса задач оперативного
планирования и управления в условиях горного
земледелия в Азербайджане 24
- Муслимов Н.Ж.**
Изменение модуля крупности измельченного
зерна пшеницы на экспериментальной установке
«измельчитель-смеситель» 32
- Афиногенов А.О.**
Экспериментальная оценка целесообразности
дифференцированного дорожно-климатического
районирования 36

- Баяндина О.В., Новосельцев Ю.Г.**
Влияние добавления газов с высокой
теплопроводностью в плазмообразующую
газовую смесь..... 39
- Муслимов Н.Ж.**
Влияние частоты вращения рабочего органа
экспериментального смесителя
на энергетическую ценность
полишлаковой смеси 41
- Варжель С.В.**
Низкая фоточувствительность стандартных
телекоммуникационных волокон
как препятствие для записи брэгговских
дифракционных структур 45
- Герасименко И.В.**
Обзор существующих методик испытания
доильных аппаратов 46
- Оспанов А.А., Джумабекова Г.Б.,
Муслимов Н.Ж.**
Изменение давления в предматричной зоне
экструдера от влажности и частоты вращения
рабочего органа 50
- Данатаров А.**
Эффективность почвоуглубления орошаемых
почв 53
- Данатаров А.**
Кротование грунтов пассивными рабочими
органами 56
- Данатаров А.**
Агротехнические требования рыхлителя-
кротателя 59
- Данатаров А.**
Анализ исследований по надежности работы
аэрационного дренажа 62

Данатаров А. Методика лабораторных исследований разрушения грунта в процессе рыхления- кратования65	Сенюшкин Н.С., Абдуллин А.Я. Идентификация математической модели обтекания крыльевого профиля потоком газа в САЕ пакете ANSYS CFX 121
Данатаров А. Методика проведения полевых работ аэрационного дренажа.....68	Сырбаков А.П., Корчуганова М.А. Оценка эффективности работы топливоподающей системы сельскохозяйственных тракторов в зимний период эксплуатации 124
Данатаров А. Методика исследований устойчивости аэрационного дренажа..... 71	Муслимов Н.Ж. Изучение процесса измельчения зерна по показателю модуль крупности на экспериментальной установке «измельчитель-смеситель» 128
Данатаров А. Методика исследований эффективности аэрационного дренажа..... 73	Тверетин А.А. Методика сравнения дискретных данных на основе сжатия информации..... 133
Данатаров А., Байджанов Г. Оптимизация параметров аэрационного дренажа.....76	Раббимов Р.Т., Узаков Г.Н., Яхшибоев Ш.К., Хужакулов С.М. Способ переработки биомассы с использованием солнечной энергии 136
Данатаров А., Байджанов Г. Мелиоративная и экономическая эффективность аэрационного дренажа.....83	Хужакулов С.М., Узаков Г.Н., Вардияшвили А.Б. Теплотехнический расчет углубленного плодоовощехранилища с регулируемой газовой средой 140
Муслимов Н.Ж. Изменение питательной ценности полиэластомерных смесей в зависимости от влажности и частоты вращения рабочего органа 91	
Драпалюк М.В., Коротких В.Н. Обоснование основных параметров комбинированного рабочего органа дискового плуга96	
Драпалюк М.В., Коротких В.Н., Столяров Р.А. Оценка качественных и энергетических показателей работы дискового плуга101	
Муслимов Н.Ж. Разработка автоматизированной системы для расчета энергетической и питательной ценности полиэластомерных смесей при производстве продуктов высокой степени готовности 105	
Пейсахович Д.Г. Некоторые особенности построения систем передачи телеметрической информации 109	
Пугин К.Г., Юшков В.С. Технические условия применения минерального порошка из отходов металлургии для асфальтобетонных смесей 113	
Муслимов Н.Ж. Влияние влажности полиэластомерной смеси и частоты вращения рабочего органа двухшнекового экструдера на эффективность ведения технологического процесса экструдирования116	

ИНФОРМАТИКА

Артюхов Ю.В. Применение стандарта криптосистем DES для шифрования информации 146
Беленький В.М., Карахтанов Д.С. Анализ поисковых алгоритмов при решении задач идентификации объектов в слабоструктурированных базах данных 150
Карахтанов Д.С. Использование алгоритмов нечеткого поиска при решении задачи устранения дубликатов в массивах данных 155
Карахтанов Д.С. Программная реализация алгоритма Левенштейна для устранения опечаток в записях баз данных 158
Карахтанов Д.С. Реализация алгоритма Metaphone для кириллических фамилий средствами языка PL/SQL..... 162

Кузнецов А.В., Карахтанов Д.С.

Использование байесового сетевого подхода
для управления транспортным потоком 168

Ракова О.А., Шорников А.П.

Компьютерная адаптивная обучающая система
для диагностики обученности студентов..... 169

Драгунова Е.В., Сучкова М.С.

Применение процессного подхода в рамках
региональной системы качества в сфере
культуры 175

Таныгин М.О.

Анализ угроз и выработка практических
рекомендаций по построению программно–
аппаратных средств защиты информации
на постоянных носителях 179

БИОЛОГИЯ**Ильина Н.А., Захаров А.А.**

Оценка фагоцитарной активности
нейтрофильных гранулоцитов
при бластоцитозе 182

Aleksandrs Petjukevičs

Применение аллозимного анализа в изучении
генетического полиморфизма популяции
Европейской Ряпушки (*Coregonus albula*)
и ее устойчивости в Латвийском озере
Дридзис..... 185

ЭКОЛОГИЯ**Кармазин А.П.**

Динамика перекисного окисления липидов
озерной лягушки под действием нефти 188

Писарева Е.В., Донскова Л.А.

Анализ возможных способов обогащения
мясных продуктов для детского питания..... 190

ГЕОЛОГИЯ**Павлова В.Ю.**

Уточнение геологического строения Дачного
участка Мутновского месторождения
парогидротерм по данным интерпретации
геофизических исследований в скважинах 194

ФИЗИКА

Моделирование моментов нагрузки электродвигателей в MATLAB

Шрейнер Р.Т., доктор технических наук; Емельянов А.А., ст. преподаватель; Клишин А.В., студент; Медведев А.В., студент
Российский государственный профессионально-педагогический университет, г. Екатеринбург

Корректный учет нагрузки на валу электрических двигателей является важным условием получения достоверных результатов математического моделирования электрифицированных механизмов. В теории электропривода моменты статического сопротивления механизмов подразделяются на две характерные группы: активные и реактивные. Активные моменты порождаются силами гравитации и упругой деформации и отличаются способностью вызвать движение механизма даже при отключенном двигателе. Реактивные моменты порождаются силами трения и неупругой деформации и всегда проявляют себя как силы, противодействующие движению. Они возникают и в состоянии покоя, как равное противодействие активному усилию двигателя и активной составляющей момента статического сопротивления механизма.

Широко распространенным инструментом решения задач электромеханики является пакет «Matlab – Simulink», где содержится обширная библиотека моделей электрических машин постоянного и переменного тока. Обобщенная структура таких моделей показана на рис. 1.

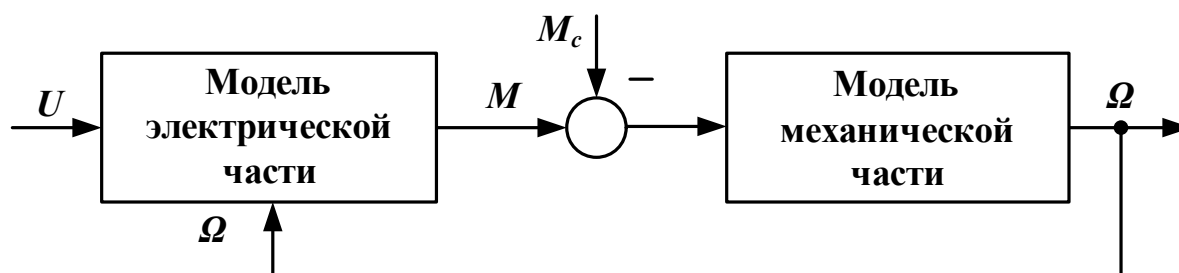


Рис. 1. Обобщенная структура моделей электрических машин

Здесь выделены два основных блока, моделирующих процессы в электромагнитных контурах машины и ее механической части. Момент нагрузки вводится в качестве независимой переменной M_c . Такое внешнее воздействие интерпретируется моделью как *активный момент статического сопротивления механизма*. Отсутствие блока формирования реактивной составляющей момента сопротивления ограничивает область использования подобных моделей в задачах электромеханики. Известны усовершенствованные модели, где порождаемые силами сухого и вязкого трения реактивные моменты статического сопротивления формируются как нелинейные функции скорости [1]. Однако такие модели не учитывают особенностей возникновения и действия сил статического сопротивления механизмов в состоянии покоя.

Целью данной работы является создание функционального блока, позволяющего моделировать режимы работы электрифицированных механизмов с активными и реактивными моментами статического сопротивления, как при движении, так и при покое.

Теоретическая основа построения такого блока дана в работе [2], где приводится следующая математическая модель вычисления нагрузки на валу двигателя:

$$M_c = \begin{cases} M_a + M_p \operatorname{sign} \Omega & \text{при } \Omega \neq 0; \\ f(M, M_{mp}) & \text{при } \Omega = 0; \end{cases} \quad (1)$$

$$f(M, M_{mp}) = \begin{cases} M & \text{при } |M - M_a| \leq M_{mp}; \\ M_a + M_{mp} \operatorname{sign}(M - M_a) & \text{при } |M - M_a| > M_{mp}, \end{cases}$$

где M_a — активный момент статического сопротивления механизма;
 M_p — модуль реактивного момента статического сопротивления, возникающего при движении механизма;
 M_{mp} — модуль реактивного момента статического сопротивления при трогании механизма;
 Ω — скорость вращения вала двигателя;
 M — электромагнитный момент двигателя;
 M_c — результирующий момент статического сопротивления механизма, приведенный к валу двигателя.

Алгоритм функционирования этого блока показан на рис. 2. Правая ветвь алгоритма определяет величину и направление действия реактивной составляющей момента статического сопротивления при движении механизма, как фактора, противодействующего движению. Левая ветвь определяет величину и направление реактивной составляющей момента статического сопротивления в состоянии покоя, как равного противодействия активным усилиям со стороны двигателя и механизма. Средняя ветвь описывает ситуацию, возникающую при трогании механизма, и позволяет учесть различие сил трения в состоянии покоя и движения. Для обеспечения устойчивости численного решения уравнений модели «двигатель-нагрузка» строгие условия идентификации движения ($\Omega \neq 0$) и покоя ($\Omega = 0$) из выражений (1) заменены на менее жесткое условие $|\Omega| > \varepsilon$, где ε — малая положительная величина.

Использование данного алгоритма позволяет корректно учесть нелинейные свойства сил трения и неупругой деформации, как при движении, так и при покое, включая условия трогания и остановки механизмов.

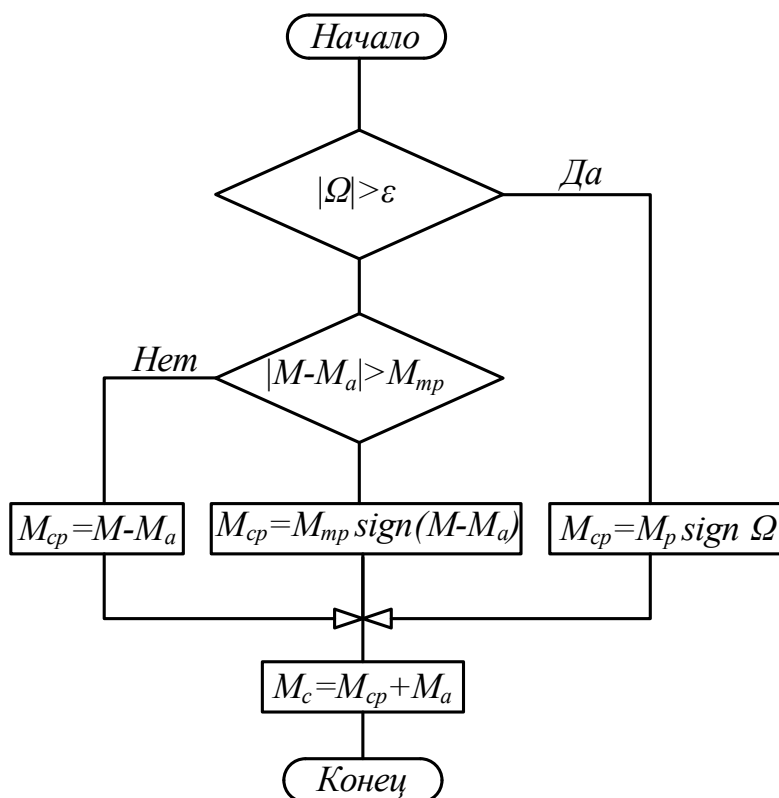


Рис. 2. Алгоритм вычисления момента статического сопротивления механизма

Как следует из описанной выше математической модели, момент статического сопротивления механизма представляет собой нелинейную функцию четырех переменных $M_c = f(\Omega, M_a, M_p, M)$. Для учета сухого и вязкого трения, а также особенностей полезной нагрузки различных механизмов, целесообразно представление модуля реактивной составляющей момента их статического сопротивления, как комбинации постоянной составляющей, линейной, квадратичной и кубической функций скорости:

$$M_p = M_0 + A_1 \cdot |\Omega| + A_2 \cdot \Omega^2 + A_3 \cdot |\Omega^3|, \quad (2)$$

где M_0 — постоянная составляющая модуля реактивного момента;
 A_1, A_2, A_3 — весовые коэффициенты переменных составляющих модуля реактивного момента сопротивления механизма.

Обобщенная структура модели электрического двигателя с блоком моделирования нагрузки приобретает вид, показанный на рис. 3. В отличие от структуры рис. 1 здесь присутствуют связи по электромагнитному моменту и скорости двигателя, необходимые для корректного вычисления реактивной составляющей момента статического сопротивления M_c на валу двигателя в блоке модели нагрузки. Модуль реактивной составляющей формируется нелинейным блоком в соответствии с формулой (2).

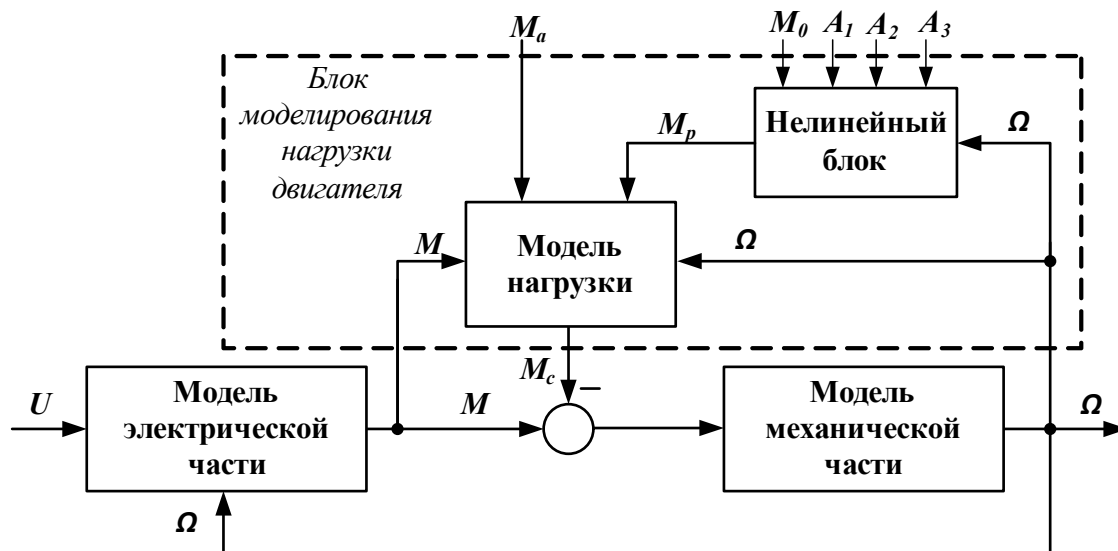


Рис. 3. Обобщенная структура модели электрического двигателя с блоком моделирования нагрузки

В приложение к библиотеке моделей электрических машин пакета «Matlab – Simulink» разработан блок моделирования нагрузки двигателя, структура которого показана на рис. 4. Здесь скорость обозначена как W.

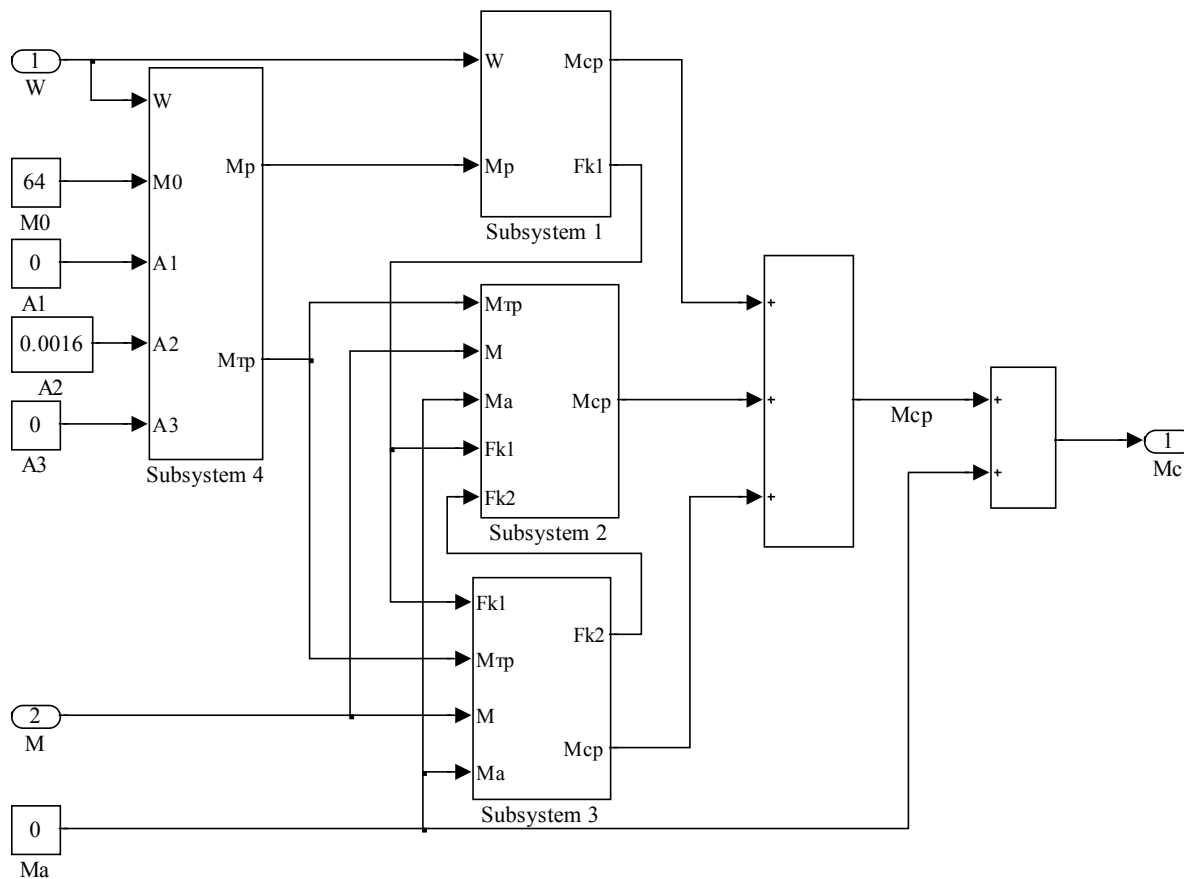


Рис. 4. Блок моделирования нагрузки на валу двигателя

В соответствии с алгоритмом вычисления M_c (рис. 2), в модели нагрузки сформированы три подсистемы (Subsystem1, 2, 3), моделирующие три ветви исходного алгоритма. Модели этих подсистем показаны на рис. 5, 6 и 7. Блоки Relay в структурах Subsystem1 и 3 реализуют релейную функцию $y(x)$, принимающую значение 1 при $x > 0$ и 0 при $x < 0$.

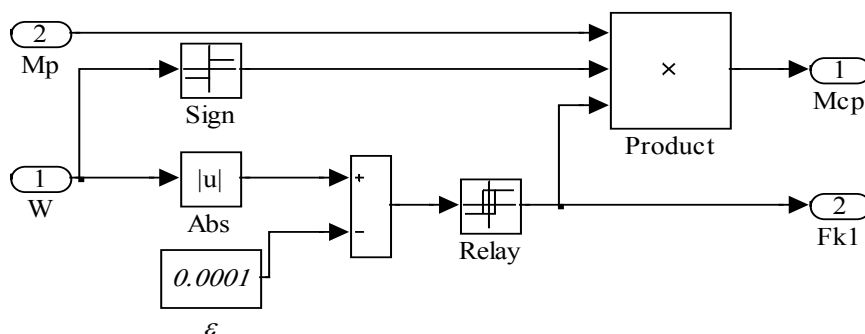


Рис. 5. Функциональная модель Subsystem1

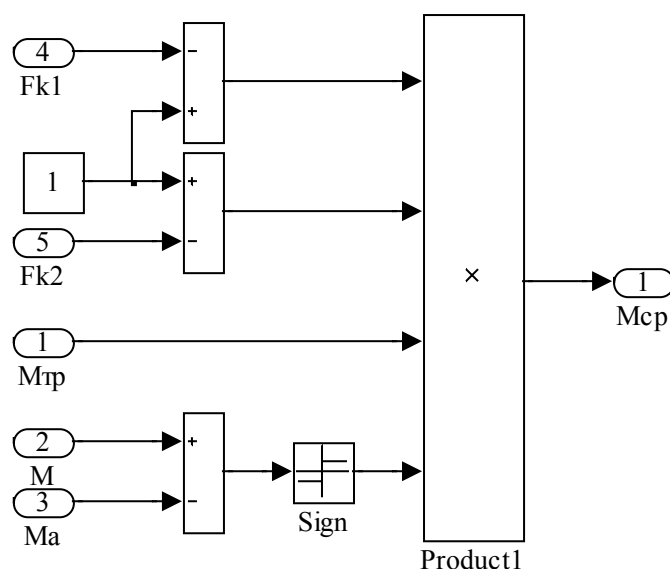


Рис. 6. Функциональная модель Subsystem2

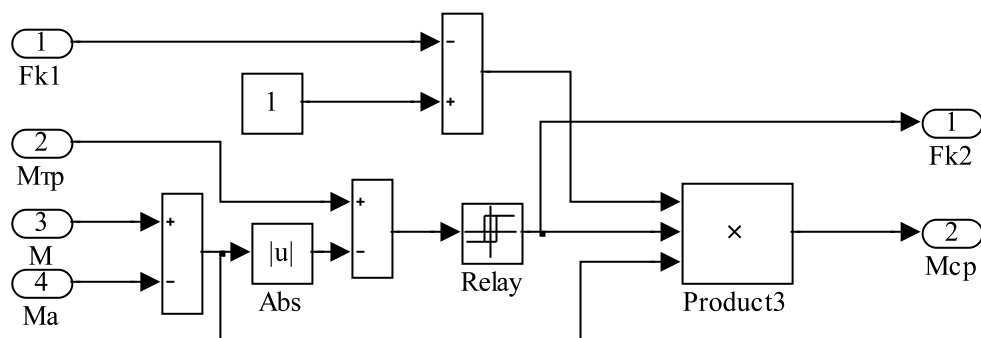


Рис. 7. Функциональная модель Subsystem3

Нелинейный блок Subsystem4 позволяет реализовать различные функциональные зависимости модуля реактивного момента от скорости. Соответствующая выражению (2) функциональная модель изображена на рис. 8.

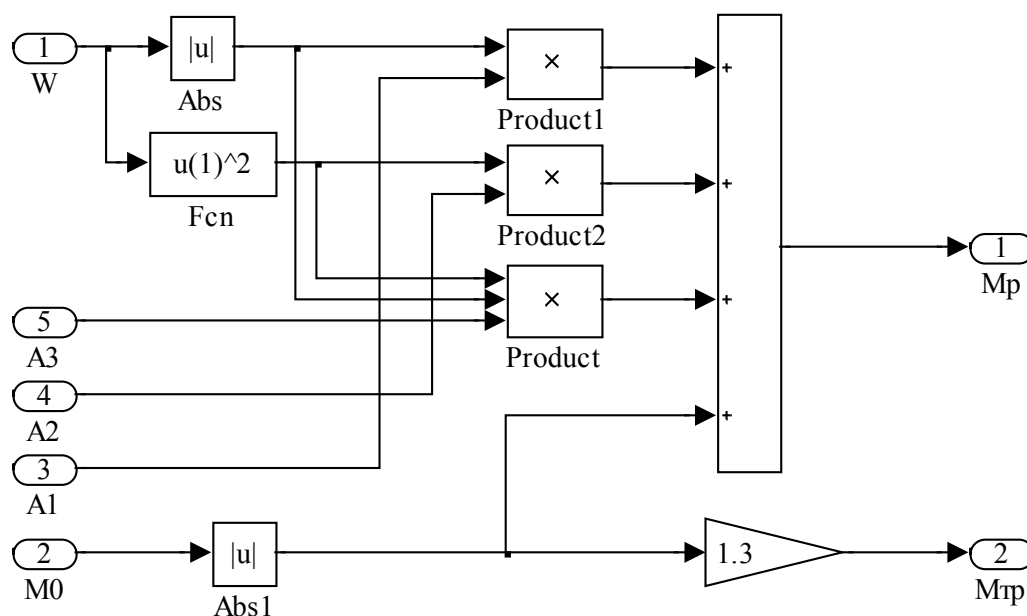


Рис. 8. Функциональная модель нелинейного блока

Разработанный блок моделирования нагрузки апробирован в сочетании с моделями различных двигателей постоянного и переменного тока из приложения SimPowerSystems/Machines. В качестве примера использования данного блока на рис. 9 изображена модель электрифицированного механизма с асинхронным короткозамкнутым двигателем, питаемым от управляемого по частоте и амплитуде источника синусоидального напряжения.

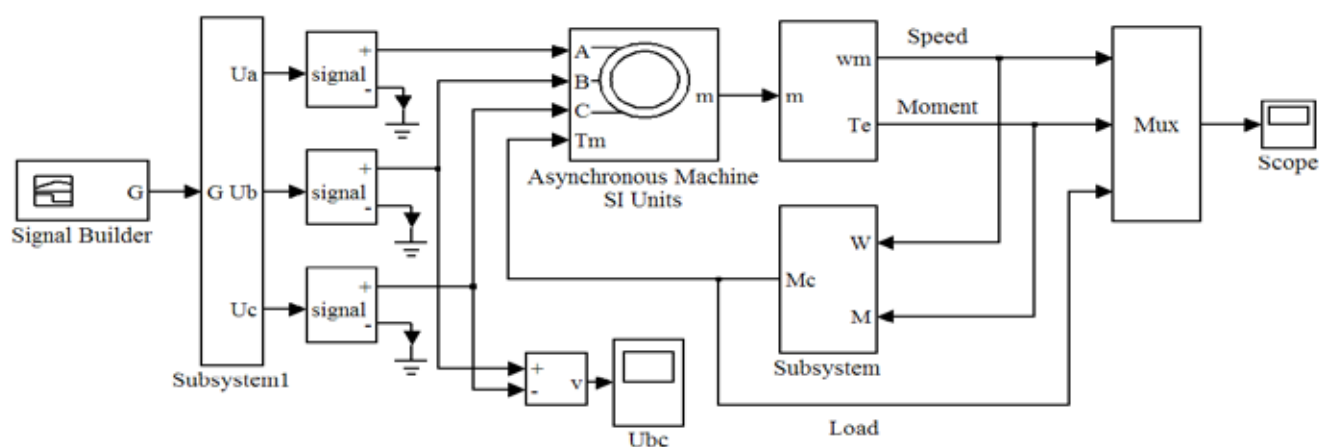


Рис. 9. Модель частотно-регулируемого асинхронного короткозамкнутого двигателя с блоком моделирования нагрузки

Источник питания двигателя Subsystem1 (структура его модели приведена на рис. 10) обеспечивает пропорциональный закон частотного управления ($U/f = \text{const}$) и линейное изменение частоты и амплитуды напряжения на зажимах двигателя в режимах пуска, торможения и реверса.

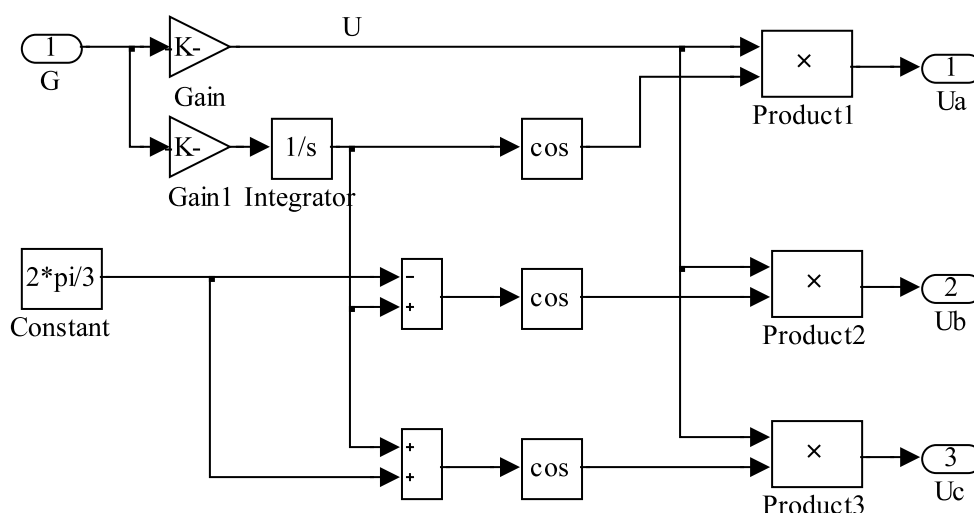


Рис. 10. Функциональная модель источника питания двигателя

Асинхронный короткозамкнутый двигатель (Asynchronous Mashine) имеет следующие паспортные данные и параметры схемы замещения: $P = 14 \text{ кВт}$, $U_1 = 220 \text{ В}$, $f = 50 \text{ Гц}$, $R_s = 0,2190 \text{ Ом}$, $L_{\sigma s} = 0,002 \text{ Гн}$, $R_r = 0,211 \text{ Ом}$, $L_{\sigma r} = 0,002 \text{ Гн}$, $L_m = 0,092 \text{ Гн}$, $p = 2$. Приведенный к валу электродвигателя суммарный момент инерции механической системы $J = 0,2 \text{ кгм}^2$. Механизм характеризуется переменным реактивным моментом, включающим постоянную и квадратичную составляющие зависимости момента сопротивления от скорости. Момент трогания превышает постоянную составляющую на 30%. Принятые при моделировании численные значения параметров нагрузки M_0 , A_1 , A_2 , A_3 и величины ϵ в блоке моделирования нагрузки Subsystem (Рис. 9) показаны на рис. 4 и 5.

На рис. 11 приведены результаты моделирования процессов частотного пуска, установившегося движения и реверса механизма. Графики изменения во времени величин скорости $\Omega(t)$, электромагнитного момента $M(t)$ и момента статического сопротивления на валу двигателя $M_c(t)$ представлены в физических единицах. Как видно, модель адекватно воспроизводит соответствующие реалиям люфты в графиках скорости на начальной стадии пуска и при ре-

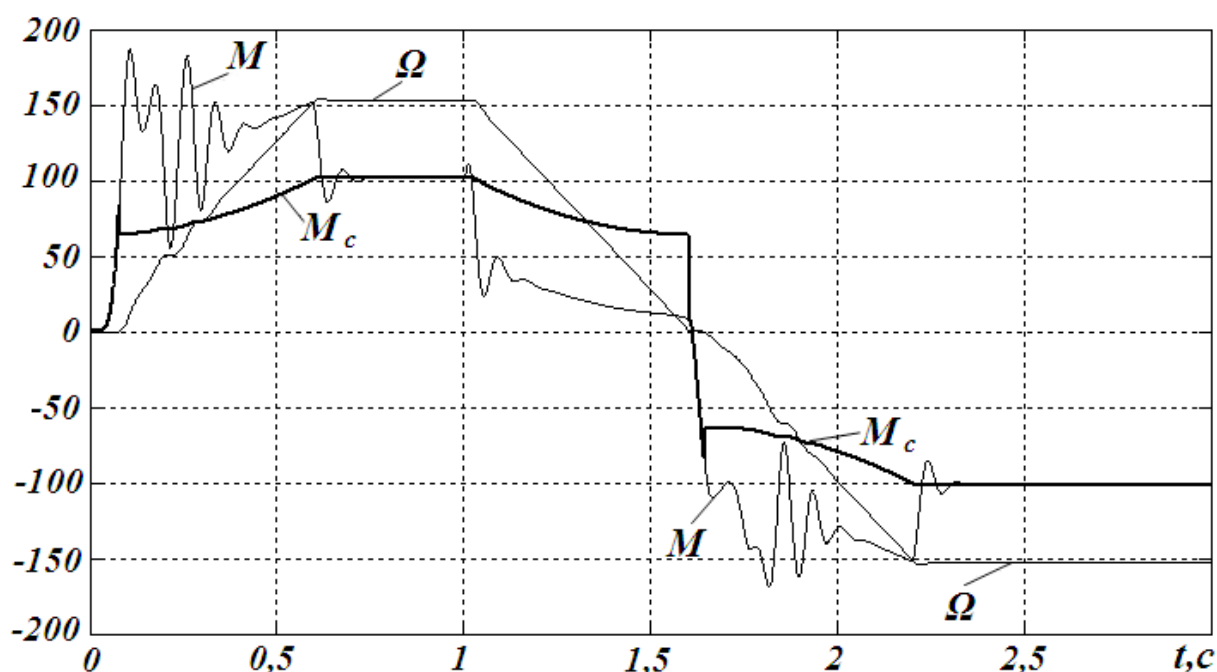


Рис. 11. Временная диаграмма пуска, установившегося движения и реверса электрифицированного механизма с асинхронным короткозамкнутым двигателем

версе, пики момента статического сопротивления при троганиях механизма, а также изменения момента нагрузки $M_c(t)$ при изменении скорости. Колебания момента $M(t)$ обусловлены электромагнитными переходными процессами в двигателе.

Результаты апробации подтвердили возможность моделирования режимов работы электрифицированных механизмов с различными двигателями и механизмами с активными и реактивными моментами статического сопротивления.

Литература:

1. Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. [Текст] / Спб.: КОРОНА-Век, 2008. — 368 с., ил.
2. Шрейнер Р. Т. Системы подчиненного регулирования электроприводов. [Текст] / Р. Т. Шрейнер. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008. 279 с.

МАТЕМАТИКА

Аппроксимация трехпараметрического множества неопределенности при помощи эллипсоида

Архипова А.Б., ассистент, Лузин А.А., соискатель

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова

Для установления закономерностей каких-либо явлений проводятся экспериментальные исследования, в ходе которых измеряют значение тех или иных физико-химических величин. При проведении любого эксперимента используются приборы различной степени точности. Поэтому результаты любого измерения всегда содержат ошибки и погрешности.

Как правило, при решении прикладных задач необходимо определить точечные и интервальные оценки параметров функций известного вида по полученным экспериментальным данным. В этом случае применяют метод центра неопределенности (МЦН) [1].

При небольшом числе измерений достаточно точные модели позволяет получить метод интервальной оценки параметров трехпараметрического полинома, учитывающий априорную информацию об ошибках измерений непосредственно при расчетах.

Задача принадлежит к классу аппроксимации с целью построения одной общей кривой, проходящей через все заданные точки. Существует два случая:

- Аппроксимирующая кривая проходит через точки заданной функции в узлах.
- Кривая может не проходить через точки, заданные таблицей, но отклонение от них минимально.

В обоих случаях пытаются минимизировать отклонение. Трудность заключается в том, что значения одной из координат точек заданы в виде интервалов. Чтобы обойти подобное затруднение используют метод центра неопределенностей, где фигурой, оценивающей разброс параметров аппроксимирующих функций, является эллипсоид.

Рассмотрим задачу построения зависимости вида $y = ax^2 + bx + c$, где $y, x \in R$ с интервальными значениями y .

Пусть в результате m измерений получены экспериментальные данные, содержащие точные значения входных и интервальные значения выходных переменных:

$$\begin{aligned} x_1, & \quad [y_1^-; y_1^+], \\ x_2, & \quad [y_2^-; y_2^+], \\ & \dots\dots\dots \\ x_m, & \quad [y_m^-; y_m^+]. \end{aligned}$$

Ограничения входных и выходных данных:

1. $x_i \neq x_j$;
2. $[y_i^-; y_i^+] \cap [y_j^-; y_j^+] = \emptyset$;

3. Данные должны подчиняться определенному закону, а не быть произвольными.

Согласно принципам интервально-статистического анализа запишем систему неравенств:

$$\bar{y}_i - \varepsilon_i \leq y_i \leq \bar{y}_i + \varepsilon_i = \bar{y}_i^+, i \in \overline{1, m}.$$

Каждое двойное неравенство представляет собой область, ограниченную двумя параллельными плоскостями в декартовой трехмерной системе координат.

Таким образом, искомая область неопределенности заключена в пересечении данных плоскостей и представляет из себя шестигранник. Для того, чтобы получить грубое приближение, нужно найти пересечения для всех троек непарал-

лельных плоскостей путем решения восьми систем линейных уравнений с тремя переменными (для первых трех уравнений):

$$\begin{cases} y_1^- = a_1 x_1^2 + a_2 x_1 + a_3, \\ y_2^- = a_1 x_2^2 + a_2 x_2 + a_3, \\ y_3^- = a_1 x_3^2 + a_2 x_3 + a_3. \end{cases} \begin{cases} y_1^- = a_1 x_1^2 + a_2 x_1 + a_3, \\ y_2^- = a_1 x_2^2 + a_2 x_2 + a_3, \\ a_1 x_3^2 + a_2 x_3 + a_3 = y_n^+. \end{cases} \begin{cases} y_1^- = a_1 x_1^2 + a_2 x_1 + a_3, \\ a_1 x_2^2 + a_2 x_2 + a_3 = y_2^+, \\ y_3^- = a_1 x_3^2 + a_2 x_3 + a_3. \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_1^- = a_1 x_1^2 + a_2 x_1 + a_3, \\ a_1 x_2^2 + a_2 x_2 + a_3 = y_2^+, \\ a_1 x_3^2 + a_2 x_3 + a_3 = y_n^+. \end{cases} \begin{cases} a_1 x_1^2 + a_2 x_1 + a_3 = y_1^+, \\ y_2^- = a_1 x_2^2 + a_2 x_2 + a_3, \\ y_3^- = a_1 x_3^2 + a_2 x_3 + a_3. \end{cases} \begin{cases} a_1 x_1^2 + a_2 x_1 + a_3 = y_1^+, \\ y_2^- = a_1 x_2^2 + a_2 x_2 + a_3, \\ a_1 x_3^2 + a_2 x_3 + a_3 = y_n^+. \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_1 x_1^2 + a_2 x_1 + a_3 = y_1^+, \\ a_1 x_2^2 + a_2 x_2 + a_3 = y_2^+, \\ y_3^- = a_1 x_3^2 + a_2 x_3 + a_3. \end{cases} \begin{cases} a_1 x_1^2 + a_2 x_1 + a_3 = y_1^+, \\ a_1 x_2^2 + a_2 x_2 + a_3 = y_2^+, \\ a_1 x_3^2 + a_2 x_3 + a_3 = y_n^+. \end{cases}$$

Решив каждую из этих систем, получим координаты соответствующей вершины. Обозначим для удобства искомые переменные как a, b, c , а коэффициенты как k_{ij} . Тогда система запишется в виде:

$$\begin{cases} y_1 = k_{11}a + k_{21}b + c, \\ y_2 = k_{12}a + k_{22}b + c, \\ y_3 = k_{13}a + k_{23}b + c. \end{cases}$$

В результате преобразований получим оценки для a, b, c :

$$a = \frac{(y_3 - y_1)(k_{22} - k_{21}) - (y_2 - y_1)(k_{23} - k_{21})}{(k_{13} - k_{11})(k_{22} - k_{21}) - (k_{12} - k_{11})(k_{23} - k_{21})};$$

$$b = \frac{(y_2 - y_1)}{(k_{22} - k_{21})} - \frac{(k_{12} - k_{11})[(y_3 - y_1)(k_{22} - k_{21}) - (y_2 - y_1)(k_{23} - k_{21})]}{(k_{22} - k_{21})[(k_{13} - k_{11})(k_{22} - k_{21}) - (k_{12} - k_{11})(k_{23} - k_{21})]};$$

$$c = y_1 - k_{11} \frac{(y_3 - y_1)(k_{22} - k_{21}) - (y_2 - y_1)(k_{23} - k_{21})}{(k_{13} - k_{11})(k_{22} - k_{21}) - (k_{12} - k_{11})(k_{23} - k_{21})} -$$

$$- k_{21} \left[\frac{(y_2 - y_1)}{(k_{22} - k_{21})} - \frac{(k_{12} - k_{11})[(y_3 - y_1)(k_{22} - k_{21}) - (y_2 - y_1)(k_{23} - k_{21})]}{(k_{22} - k_{21})[(k_{13} - k_{11})(k_{22} - k_{21}) - (k_{12} - k_{11})(k_{23} - k_{21})]} \right]$$

Далее зная координаты точек, можно построить эллипсоид, описанный вокруг шестигранника, который будет начальной грубой оценкой. Так как шестигранник образован парами параллельных плоскостей, то он является параллелепипедом. Его центр находится на пересечении диагоналей, центр эллипсоида будет совпадать с центром параллелепипеда.

Для того чтобы натянуть на параллелепипед эллипсоид минимального объема, найдем матрицу аффинного преобразования с помощью которой данный параллелепипед получается из куба. Выберем новую систему координат, оси

которой будут начинаться в центре параллелепипеда и заканчиваться на центрах трех смежных граней. Обозначим (a_c, b_c, c_c) — координаты центра параллелепипеда и эллипсоида. (a_k, b_k, c_k) , где $k=1..3$, — координаты центров трех смежных граней. Переход от одних координат к другим в матричном виде запишется так: $X = AX'$, где X — старые координаты, X' — новые, A — матрица перехода. В наших обозначениях, матрица перехода имеет вид:

$$A = \begin{pmatrix} a_1 - a_c & b_1 - b_c & c_1 - c_c & a_c \\ a_2 - a_c & b_2 - b_c & c_2 - c_c & b_c \\ a_3 - a_c & b_3 - b_c & c_3 - c_c & c_c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

В новых координатах эллипсоид представляет из себя сферу. При подстановке в формулу сферы координат $X' = A^{-1}X$, получим явную формулу эллипсоида. Таким образом, получили грубую оценку трехпараметрического множества неопределенности при помощи эллипсоида.

При наличии дополнительных экспериментальных данных, зная первоначальное приближение, необходимо провести уточнение эллипсоида неопределенности. Данные нового измерения в пространстве представляют из себя полосу, ограниченную двумя параллельными плоскостями, которые при пересечении с эллипсоидом грубой оценки дадут новое множество неопределенности. Опишем его новым эллипсоидом минимального объема.

Пусть в R^3 заданы эллипсоид E и полоса R , определяемые неравенствами:

$$E = \{x \in R^3 \mid (x - a)^T A (x - a) \leq 1\},$$

$$R = \{x \in R^3 \mid e^- \leq C^T x \leq e^+\}$$

Построим эллипсоид минимального объема, содержащий тело $\Omega = E \cap R$. Множество R можно задать следующим образом: $R = \{x \in R^3 \mid e_1^- \leq C_1^T (x - a) \leq e_1^+\}$, если обозначить

$$K = \frac{1}{\sqrt{(C^T A^{-1} C)}}, \quad e_1^- = K(e^- - C^T a), \quad e_1^+ = K(e^+ - C^T a), \quad C_1 = KC,$$

$$P = 0,5(e_1^+ + e_1^-), \quad g = 0,5(e_1^+ - e_1^-)$$

В силу новых обозначений запишем уравнение множества R в эквивалентном виде:

$$R = \{x \in R^3 \mid (C_1^T (x - a) - P)^2 \leq g^2\} \text{ или}$$

$$R = \{(x - a)^T C_1 C_1^T (x - a) - 2PC_1^T (x - a) \leq g^2 - P^2\}.$$

Имеет место нормировочное соотношение: $C_1^T A C_1 = 1$.

Пусть вещественные числа ω и u удовлетворяют условиям:

$$u + \omega = 1, \quad u \geq 0, \quad \omega \geq 0.$$

Комбинируя неравенства для эллипсоида и полосы получим однопараметрическое семейство эллипсоидов, содержащих тело $\Omega = E \cap R$:

$$\Omega(u, \omega) = \left\{ x \in R^3 \mid u[(x - a)^T A (x - a)] + \omega[(x - a)^T C_1 C_1^T (x - a) - 2PC_1^T (x - a)] \leq \right. \\ \left. \leq u + \omega(g^2 - P^2) \right\}$$

Обозначим $B_1 = uA + \omega C_1 C_1^T$, $b = a + \omega P B_1^{-1} C_1$. Тогда уравнение примет вид:

$$\Omega(u, \omega) = \{x \in R^3 \mid u[(x-b)^T B_1(x-b)] \leq u + \omega(g^2 - P^2) + b^T B_1 b\},$$

$$B_1^{-1} = (1/u)(A^{-1} - \omega A^{-1} C_1 C_1^T A^{-1}), \quad b^T B_1 b = \omega^2 P^2.$$

Обозначив $B = \frac{B_1}{u + \omega^2 P^2 + \omega(g^2 - P^2)}$, получим выражение для однопараметрического семейства эллипсоидов:

$$\Omega(u, \omega) = \{x \in R^3 \mid (x-b)^T B(x-b) \leq 1\}.$$

Объем такого эллипсоида определяется соотношением:

$$v(u, \omega) = \frac{\pi}{\sqrt{|B|}}.$$

Определитель матрицы B пропорционален определителю матрицы A и определяется по формуле:

$$|B| = \frac{|B_1|}{(u + \omega^2 P^2 + \omega(g^2 - P^2))^3} = \frac{u^3(1 + \frac{\omega}{u} C_1^T A^{-1} C_1) |A|}{(u + \omega^2 P^2 + \omega(g^2 - P^2))^3}.$$

Коэффициент пропорциональности зависит от u . Обозначим этот коэффициент:

$$f(u, \omega) = \frac{u^2(u + \omega C_1^T A^{-1} C_1)}{(u + \omega^2 P^2 + \omega(g^2 - P^2))^3} = \frac{u^2}{(u + \omega^2 P^2 + \omega(g^2 - P^2))^3}.$$

Далее найдем максимум функции $f(u, \omega)$. Для этого введем новую функцию $q(u) = f(u, 1-u) \rightarrow \min_{0 \leq u \leq 1}$, прологифицируем ее:

$$q_1(u) = \ln q(u) = 2 \ln u - 3 \ln(u + (1-u)^2 P^2 + (1-u)(g^2 - P^2)).$$

Функции $q(u)$ и $q_1(u)$ достигают максимума в одной точке. Исследуя на экстремум функцию $q_1(u)$, получим два корня:

$$u_1 = \frac{1}{8} \left(\frac{P^2 - 1 + g^2 + \sqrt{1 - P^2 - g^2 + P^4 + 34P^2 g^2 + g^4}}{P^2} \right),$$

$$u_2 = \frac{1}{8} \left(\frac{P^2 - 1 + g^2 - \sqrt{1 - P^2 - g^2 + P^4 + 34P^2 g^2 + g^4}}{P^2} \right).$$

Подставляя найденное значение в соответствующие выражения, получаем матрицу коэффициентов B , и объем искомого эллипсоида.

Литература:

1. Белов В.М. Оценивание параметров эмпирических зависимостей методом центра неопределенности/ В.М. Белов [и др]. – Новосибирск: Наука, 2001. – 176 с.

Многомерная интерполяция сеточной вектор-функции

Шустов В.В., кандидат технических наук, старший научный сотрудник
ФГУП ГосНИИ авиационных систем

Рассмотрена задача интерполяции функции, заданной на регулярной сетке, для случая большого числа переменных. Предложена формула для интерполирующей функции в случае произвольного числа переменных n . Исследованы свойства интерполирующей функции и показано ее соответствие случаю одномерной и двумерной интерполяции. Приведен пример использования предложенного алгоритма интерполяции к определению скосов потока в промежуточных точках и режимах обтекания.

Ключевые слова: многомерная интерполяция, регулярная сетка, сеточная вектор-функция, свойства интерполирующей функции.

Multivariate interpolation of the vector function defined on a regular grid

Shustov V. V., Ph.D., Senior Researcher
State research institute of aviation systems

The problem of interpolation function given on a regular grid, for the case of a large number of variables is considered. A formula for interpolation function in the case of an arbitrary number of variables n is given. The properties of the interpolating function are investigated and show its compliance with the occasion of the one-dimensional and two-dimensional interpolation. An example of using the proposed interpolation algorithm to determine downwash at intermediate points and flow regimes is given.

Keywords: multivariate interpolation, a regular grid, vector function, the properties of the interpolation function

Введение

Необходимость использования многомерной интерполяции часто возникает в реальных приложениях. Достаточно упомянуть задачу масштабирования цифровых изображений или в задачи, возникающие в электронной картографии.

У автора такая потребность возникла при создании математической модели, описывающей поле скоростей неоднородного потока, полученное в экспериментальных исследованиях физической модели при продувке ее в аэродинамической трубе. В результате эксперимента определяются величины продольного ϵ и бокового σ скосов потока лишь в точках прямоугольной пространственной сетки координат и для некоторых режимов испытаний, характеризующихся дискретным набором углов атаки α модели и чисел Маха M набегающего потока.

Из необходимости вычисления параметров потока ϵ и σ в произвольной пространственной точке $\mathbf{R} = (x, y, z)$ и для произвольного режима обтекания, характеризующегося числами α и M , возникает задача интерполяции сеточной функции многих переменных. Число компонент m вектор-функции \mathbf{F} в данном случае равно двум: ϵ , σ , число переменных n равно пяти: x , y , z , α , M .

Сложность задачи состоит в большом числе переменных, по которым необходимо осуществлять интерполяцию.

Для случая одной переменной разработаны множество методов интерполяции, основанных, например, на использовании многочленов Лагранжа [1]–[3], сплайн-функций [5]–[6], кривых Безье и B-сплайнов [7].

Задача многомерной, в частности, двумерной интерполяции рассматривались в работах [4], [8], [9], там же отмечены трудности, возникающие при решении этой задачи [4, С. 47], [8, С. 181].

Метод, сводящий многомерную интерполяцию к последовательности одномерных, возможен, но трудоемкость его реализации резко возрастает с увеличением числа переменных $n = 2, 3, 4$ и т.д.

Предлагаемый подход к многомерной интерполяции сеточной вектор-функции, заданной на регулярной сетке узлов, одинаково пригоден для любого числа аргументов.

Формула и алгоритм интерполяции

Рассмотрим задачу интерполяции в линейной постановке для случая произвольного числа переменных n и произвольного числа компонент m вектор-функции.

Пусть в n -мерной области $\mathbf{D}^n \subset \mathbf{E}^n$ введена регулярная пространственная сетка узлов \mathbf{C}

$$\begin{aligned} \{ \mathbf{x}_c \} &= \{ \mathbf{x}_{i^1 i^2 \dots i^n} \} = \{ \mathbf{x}_{i^1} \} \times \{ \mathbf{x}_{i^2} \} \times \dots \times \{ \mathbf{x}_{i^n} \} \\ i^1 &= 1, 2, \dots, k^1 \\ i^2 &= 1, 2, \dots, k^2 \\ &\dots \\ i^n &= 1, 2, \dots, k^n \end{aligned}$$

являющаяся декартовым произведением одномерных сеток \mathbf{C} и разбивающая область \mathbf{D}^n на элементарные ячейки $\mathbf{D}_{i^1 i^2 \dots i^n}$. Индекс сверху j означает номер координаты, индекс внизу i означает номер узла.

В области \mathbf{D}^n определена сеточная вектор-функция $\mathbf{F}_c(\mathbf{x}_c)$ с размерностью m , т.е. заданы значения m компонент функции \mathbf{F}_c в узлах \mathbf{x}_c :

$$\mathbf{F}_c(\mathbf{x}_c) = \left\{ \mathbf{F}_{i^1 i^2 \dots i^n} \right\} = \begin{cases} F_{i^1 i^2 \dots i^n}^1 & i^1 = 1, 2, \dots, k^1 \\ F_{i^1 i^2 \dots i^n}^2 & i^2 = 1, 2, \dots, k^2 \\ \dots & \dots \\ F_{i^1 i^2 \dots i^n}^m & i^n = 1, 2, \dots, k^n \end{cases}$$

Необходимо построить интерполяционную функцию $\mathbf{F}(\mathbf{x})$, где $\mathbf{x} = \{x^1, x^2, \dots, x^n\}$ — вектор аргументов, которая в узлах сетки совпадала бы с сеточной функцией, т.е. удовлетворяла бы равенству:

$$\mathbf{F}(\mathbf{x}) \Big|_{\mathbf{x}=\mathbf{x}_c} = \mathbf{F}_c(\mathbf{x}_c).$$

Для построения такой функции используем локальный подход: значение функции в точке \mathbf{x} , попадающей в ячейку сетки $\mathbf{D}_{i_0^1 i_0^2 \dots i_0^n}$, т.е. удовлетворяющей условиям:

$$x_{i_0^j}^j \leq x^j < x_{i_0^j+1}^j, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

определяется значениями сеточной функции $\mathbf{F}_c(\mathbf{x}_c)$ только в вершинах этой ячейки.

Таким образом, сначала необходимо определить в какую элементарную ячейку $\mathbf{D}_{i_0^1 i_0^2 \dots i_0^n}$ попадает точка \mathbf{x} , затем уже определить значение интерполяционной функции \mathbf{F} по заданным значениям сеточной функции в вершинах ячейки. При небольшом числе узлов проще и быстрее использовать прямой перебор узловых точек до выполнения условий (1).

Образует величины

$$\begin{aligned} t_1^j &= \frac{x^j - x_{i_0^j}^j}{x_{i_0^j+1}^j - x_{i_0^j}^j} \\ t_0^j &= 1 - t_1^j. \end{aligned}$$

Требуемую интерполирующую функцию $\mathbf{F}(\mathbf{x})$, определенную для каждой ячейки сетки $\mathbf{D}_{i^1 i^2 \dots i^n}$, построим следующим образом:

$$\mathbf{F}(\mathbf{x}) = \sum_{j^1=0}^1 \sum_{j^2=0}^1 \dots \sum_{j^n=0}^1 \mathbf{F}_{i_0^1+j^1, i_0^2+j^2, \dots, i_0^n+j^n} t_{j^1}^1 t_{j^2}^2 \dots t_{j^n}^n \quad (2)$$

Легко заметить, что построенная таким образом функция $\mathbf{F}(\mathbf{x})$ в области \mathbf{D}^n , являющейся объединением ячеек $\mathbf{D}_{i^1 i^2 \dots i^n}$, обладает следующими свойствами.

1. Функция определена во всей области \mathbf{D}^n .
2. Функция совпадает с сеточной функцией $\mathbf{F}_c(\mathbf{x}_c)$ в узлах сетки \mathbf{C} .
3. Функция непрерывна во всей области \mathbf{D}^n .
4. Функция является кусочно-полиномиальной степени n относительно совокупности переменных x^1, x^2, \dots, x^n .
5. Функция является кусочно-дифференцируемой, разрывы частных производных имеют место лишь на границах ячеек.
6. Функция является кусочно-линейной по каждой переменной x^j .

Свойства 1, 3, 5 следуют из свойств полинома многих переменных. Свойство 2 устанавливается непосредственной проверкой. Свойства 4, 6 следует из вида формулы (2).

Предложенный алгоритм интерполяции сеточной вектор-функции многих переменных является обобщением кусочно-линейной интерполяции функции одной переменной, а общая формула (2) в случае, когда имеется зависимость только одной функции от одной переменной ($m = 1, n = 1$), переходит в обычную формулу линейной интерполяции.

Выпишем явные формулы для одномерной, двумерной, трехмерной интерполяции, записав выражения для относительных координат t^1, t^2, t^3 и формулу (2) для конкретных значений числа аргументов n .

$$t^1 = \frac{x^1 - x_0^1}{x_1^1 - x_0^1}, \quad t^2 = \frac{x^2 - x_0^2}{x_1^2 - x_0^2}, \quad t^3 = \frac{x^3 - x_0^3}{x_1^3 - x_0^3}.$$

$$n = 1: \mathbf{F} = \mathbf{F}_0 (1-t^1) + \mathbf{F}_1 t^1 \quad (3)$$

$$n = 2: \mathbf{F} = \mathbf{F}_{00}(1-t^1)(1-t^2) + \mathbf{F}_{10} t^1(1-t^2) + \mathbf{F}_{01}(1-t^1)t^2 + \mathbf{F}_{11} t^1 t^2 \quad (4)$$

$$n = 3: \mathbf{F} = \mathbf{F}_{000}(1-t^1)(1-t^2)(1-t^3) + \mathbf{F}_{100} t^1(1-t^2)(1-t^3) + \mathbf{F}_{010}(1-t^1)t^2(1-t^3) + \mathbf{F}_{110} t^1 t^2(1-t^3) + \\ + \mathbf{F}_{001}(1-t^1)(1-t^2)t^3 + \mathbf{F}_{101} t^1(1-t^2)t^3 + \mathbf{F}_{011}(1-t^1)t^2 t^3 + \mathbf{F}_{111} t^1 t^2 t^3$$

На рис. 1 показана иллюстрация предложенного алгоритма интерполяции для случая функции двух переменных.

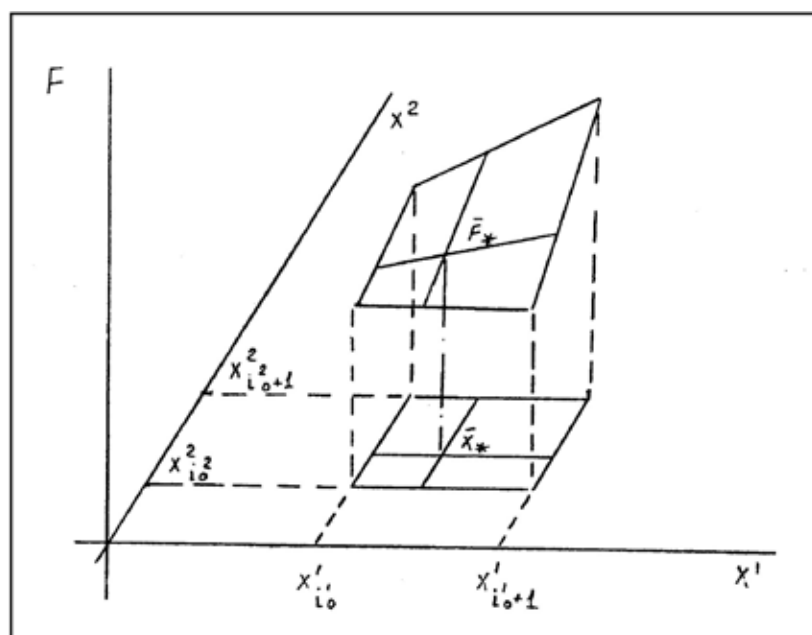


Рис. 1. Схема интерполяции для $n = 2$

Формулы (3), (4) для интерполирующей функции для случая одномерной ($n = 1$) и двумерной ($n = 2$) интерполяции соответствуют формулам, приведенным в [10, С. 60]

Из формулы (2) видно, что число слагаемых N экспоненциально увеличивается с увеличением числа аргументов n . Формула (2) содержит n знаков суммирования по индексам переменных, каждый из которых принимает два значения. В соответствии с этим число слагаемых N в формуле (2) для интерполяционной функции связано с числом переменных n формулой

$$N = 2^n.$$

Так, например, для вычисления интерполирующей функции для случая 10 переменных необходимо использовать более 1000 слагаемых ($2^n = 1024$). Но вовсе необязательно использовать в этом случае явное выражение для интерполяционной функции вида (3) или (4), при написании которой для больших n можно легко ошибиться. При составлении программ, реализующих алгоритм интерполяции, достаточно использовать общую формулу (2) и n вложенных циклов,

использующих переменные j^k , $k = 1, 2, \dots, n$. Кроме того, при вычислении всех m компонент вектор-функции $\mathbf{F}(\mathbf{x})$ в точке \mathbf{x} можно использовать один раз вычисленное значение векторов относительных координат $\mathbf{t}_0 = \{t_0^1, t_0^2, \dots, t_0^n\}$ и $\mathbf{t}_1 = \{t_1^1, t_1^2, \dots, t_1^n\}$.

Пример использования

Описанный алгоритм многомерной интерполяции использован для определения скосов потока ε и σ в заданной точке $\mathbf{R} = (x, y, z)$ и для заданного режима обтекания, характеризуемого параметрами α и M .

В качестве примера на рис. 2 приведены величины скоса потока ε для узловых и промежуточных значений аргументов при числе $M = 0.6$.

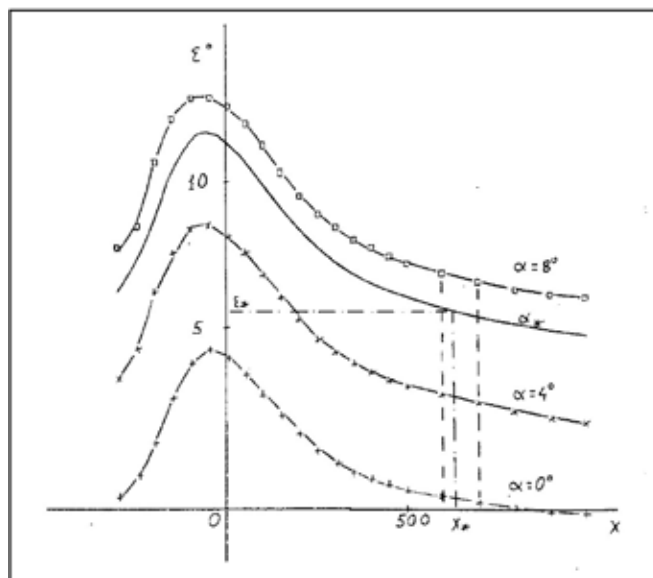


Рис. 2. Зависимости скоса потока ε для узловых и промежуточных значений x и углов атаки α

Заключение

В рамках локального подхода предложена формула для интерполяции многомерной сеточной функции для произвольного числа переменных n , в явном виде выражающая ее значения и, соответственно, не требующая решения каких-либо уравнений. Интерполирующая функция обладает рядом необходимых свойств и может быть использована для задач интерполяции в различных приложениях.

Литература:

1. Р.В. Хемминг Численные методы для научных работников и инженеров М. Физматлит, 1972. — 400 с.
2. Б.П. Демидович, И.А. Марон Основы вычислительной математики. — М.: Наука, 1976.
3. Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков Численные методы. — М.: Наука, 1987.
4. Н.Н. Калиткин Численные методы. — М.: Наука, 1978— 512 с.
5. Алберг Дж., Нильсон Э., Уолш Дж. Теория сплайнов и ее приложения. — М.: Мир, 1972. — 318 с.
6. Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошников В.Л. Методы сплайн-функций. — М.: Наука, 1980. — 352 с.
7. Компьютерная геометрия: Учеб. пособие для студ. вузов. Н.Н. Голованов, Д.П. Илюток, Г.В. Носовский и др. — М.: Изд. центр «Академия», 2006 — 312 с.
8. И.С. Березин, Н.П. Жидков Методы вычислений. Т. 1 — М.: Физматлит, 1962. — 464 с.
9. Г.И. Марчук Методы вычислительной математики. — М.: Наука, 1989.
10. Математика и САПР: В 2-х кн. Кн.1. Пер. с франц. / Шенен П., Коснар М., Гардан И. и др. — М.: Мир, 1988. — 204 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

О водообеспечении Каспийского побережья Азербайджана

Асланов Г.К., доктор с.-х. наук, профессор; Алиев З.Г., кандидат с.-х. наук, доцент; Асланов В.Г., кандидат с.-х. наук
НИИ «Эрозия и орошение» МСХ Азербайджанской республики

Природно-хозяйственное районирование Западного побережья Каспия в пределах Азербайджанской Республики проведено следующим образом [3]: 1) от реки Самур до реки Сумгаитчай; 2) от реки Сумгаитчай до пересечения шоссе с Ширванским коллектором (Апшеронский район); 3) от Ширванского коллектора до реки Виляшчай; 4) от реки Виляшчай до государственной границы страны.

Изложенное районирование предусматривает только хозяйственные стороны вопроса, в которой нельзя не учитывать большую рекреационную возможность территории. В настоящее время к ним внесены следующие детализации [5]: Ялама-Набранский район (в пределах Хачмасского административного района); Дивичинский район в пределах одноимённого административного района; Кияли-Сумгаитский район в пределах Апшеронского административного района; Северо-Апшеронский район в пределах участка Северного побережья Апшеронского полуострова, простирающегося от границы города Сумгаита на западе до ГРЭС «Северной» на востоке; Северо-Карадагский район, простирающийся от восточной границы Баку до посёлка Приморск; Южно-Карадагский — от посёлка Приморск до южной границы Большого Баку; Куринский — в пределах Нефтечалинского административного района и Ленкоранский — в пределах Ленкоранского (к югу от города Порт-Ильич) и Астаринского административных районов (рис.1).

Каспийское побережье Азербайджана, с её чрезвычайно пёстрыми природными и экологическими условиями, задачи использования земельных ресурсов в пределах даже небольших территорий отличаются значительными разнообразием и сложностью, требуют проведения соответствующих теоретических и практических работ для принятия наиболее верных решений, обеспечивающих правильную организацию сельско и рекреационных хозяйств территории.

Для успешного ведения сельскохозяйственного производства и увеличения площадей используемых орошаемых земель в таких различных природных условиях, как в рассматриваемой территории, наряду с изучением земельного фонда, систематизация учётных данных о земельных ресурсах, выявление внутризональных различий почвенного покрова, создание земельного кадастра с количественным и качественным учётом земель и их бони-

тировкой исключительно важное значение приобретает изучение водообеспечения зоны.

Каспийское побережье Азербайджана ещё обладает тем достоинством, что располагает всеми необходимыми природно-экономическими ресурсами для развития индустрии туризма в республике. Пригодность местности к рекреационному использованию во многом определяется её санитарными условиями. Наибольшее значение среди них принадлежит атмосферному воздуху, который относительно чисто по сравнению отдалённой зоны от моря. Как известно, важным видом рекреационных занятий является купание, санитарное состояние моря и почвы пляжей, территория данной зоны вполне отвечает этим требованиям. Санитарной ситуации курортной части рассматриваемой зоны требует улучшение водоснабжение и канализации, а также санитарной очистки на местах массового отдыха граждан и в населённых пунктах. Перспективным может стать развитие индивидуального или малогруппового туризма, а также создание принципиально нового тур. группы, спецификой которого стало бы посещение именно малых городов и достопримечательностей сельской местности [3].

Северо-восточный регион, рассматриваемой территории характеризуется густой гидрографической сетью. Реки берут начало на северо-восточном склоне Большого Кавказа (с Главного Кавказского и Бокового хребтов). Наиболее крупные мероприятия по водообеспечению этой зоны и Апшеронского полуострова осуществлены с начала XX века. В их числе можно указать:

- В начале XX века подземные воды Куба-Хачмасского региона были расценены как воды высокого качества и в 1911 году начата строительство первого Бакинского водопровода с производительностью 108 тыс. м³/сут, протяжённостью 186,4 км, который сдан в эксплуатацию в 1917 году. Первый Бакинский водопровод получает воду из богатого ключевого и грунтового водного массива, расположенного к западу от ст.Худат в районе с.Шоллар.
- В 1939г. начато строительство второго Бакинского водопровода, которая закончена в 1942г. Его производительность составила 232 тыс.м³/сут. Он питался подземными напорными водами Шоллар-Хачмасского артезианского бассейна и имела протяжённость 200 км.
- В 1940 г. вступила в строй первая очередь Самур-

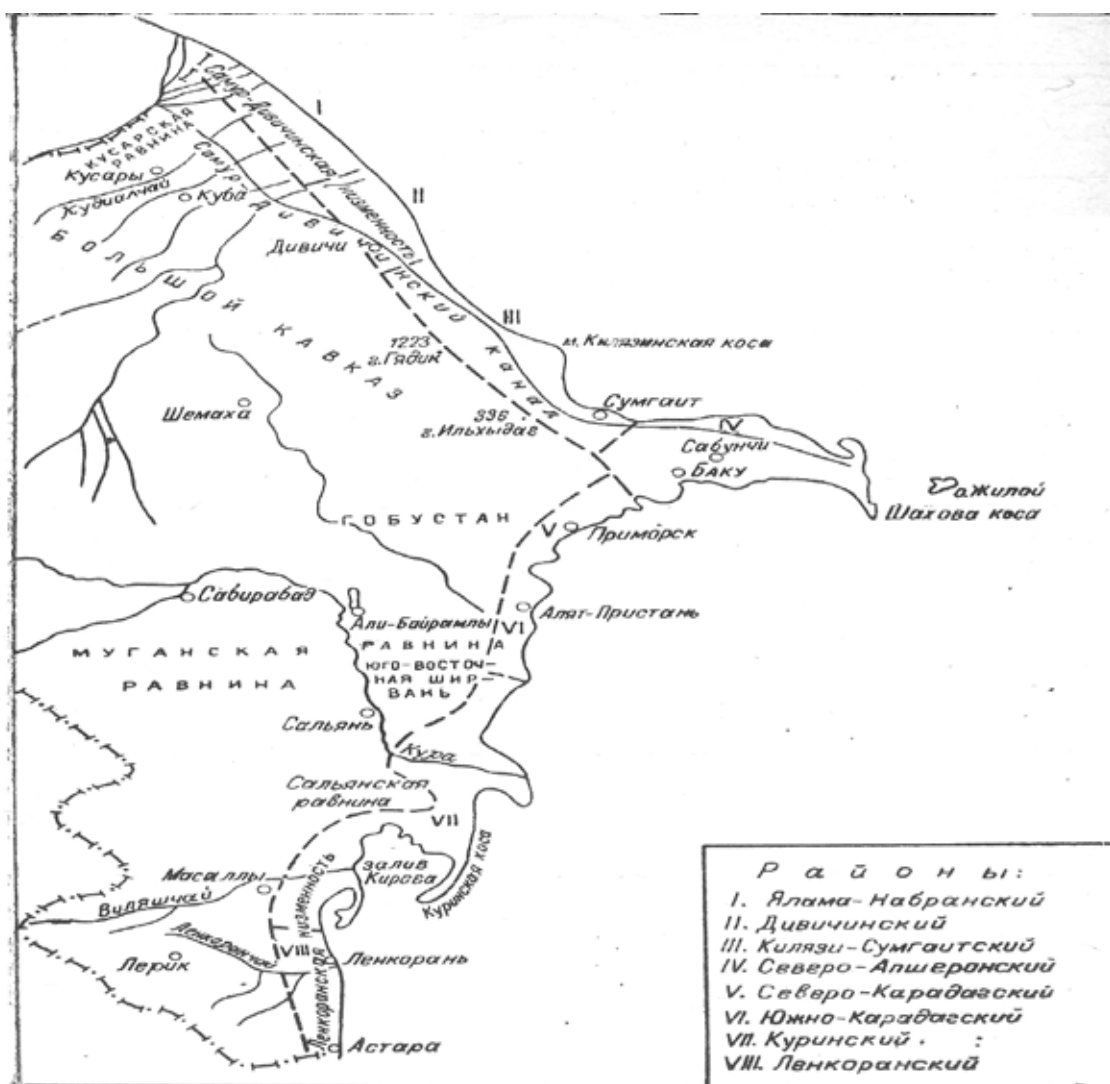


Рис. 1. Карта-схема Каспийского побережья Азербайджана

Дивичинского канала в Прикаспийской низменности. Канал этот длиной 110 км был построен за рекордно короткий срок (65 дней) методом народной стройки. Расход в начале канала (р.Самур) составила 20,4 м³/с, а в конце (р.Атачай) 15 м³/с. Самур-Дивичинский канал использовался для целей орошения земельных площадей Кубинского, Хачмасского, Дивичинского и Апшеронского районов.

- В 1959 г. закончено строительство Самур-Абшеронского канала (195 км) с Джейранбатанским водохранилищем (186 млн.м³). С помощью этого канала из реки Самур ежегодно перебрасывается около 850 млн.м³ воды (в год 75%-ной обеспеченности) используемых помимо орошения земель северо-восточного Азербайджана для орошения 17 тыс.га земель Апшеронского полуострова, водоснабжения населения (228 тыс. м³/сут) и промышленности Баку и Сумгаита (68 тыс. м³/сут);

- В 1970-1971 гг. вступил в эксплуатацию Куринский водопровод проектной производительностью 337 тыс. м³/сут. В том числе для Баку 302 тыс. м³/сут. В настоящее

время по нему подаётся 310 тыс. м³/сут. В 1984 г. вошёл в эксплуатацию второй Куринский водопровод;

- В 1973 г. введён в эксплуатацию юго-восточный Джейранбатанский водопровод мощностью 189 тыс. м³/сут.

Для улучшения водообеспеченности северо-восточной зоны Азербайджана и Апшеронского полуострова в настоящее время идёт строительство Тахтакёрпинского водохранилища и водопровода из Азербайджанской части Большого Кавказа.

Тахтакёрпинское водохранилище строится на реке Атирханлы южнее города Девечи. Полный объём водохранилища составит 222,4 млн.м³. С помощью накопленной воды будет обеспечена водой 180 тыс.га орошаемой территории и получено 25 тыс.кВт электроэнергии. Новый водопровод доставит в г.Баку 5м³/с родниковой воды и улучшит водообеспеченность города.

В перспективе намечено осуществить ещё ряд мероприятий, из которых наиболее важным для водоснабжения населения является строительство третьего Бакводопро-

вода из Самур-Кусарского междуречья. Полная производительность его должна составит около 1 млн. м³/сут.

Учитывая дальнейшее развитие хозяйства, и создания на Каспийском побережье курортной зоны международного значения, потребность в воде ещё больше возрастёт. Если потребность населения, выше приведёнными мероприятиями, более или менее обеспечена, то потребность в оросительной воде в исследуемой зоне требует отыскания новых водных источников. Но при сравнении уровня обеспеченности водой орошаемого земледелия, регион в этом отношении развит лучше, чем другие районы побережья. Это объясняется тем, что местность между р.Самур и Дивичичаем представляет наклонную равнину, занятую конусами выносов рек, стекающих с гор. Мощность аллювиальных отложений этой зоны доходит до 500–550 м и постепенно по мере удаления от подножья гор к низменности убывает. Там, где водоупорные слои небольшими участками выходят на дневную поверхность образуется новая речная сеть. Обильные выходы просочившихся на поверхность родников наблюдается при переходе равнины в низменность. Значительные выходы грунтовых вод наблюдаются на участке от устья р.Самур до пгт. Мухтадыр, а именно в районе туристического комплекса Набрань. Они дают начало мелким речейкам, стекающим в Каспийское море с расходами воды от 50 до 150 л/сек [2,4]. Южнее Мухтадыра выходы подземных вод наблюдается реже, а к югу от лимана Агзыбир даже прекращаются.

Необходимо отметить, что в настоящее время реки северо-восточного Азербайджана почти не доносят свои воды до Каспийского моря. Водные ресурсы территории от р.Самур до р.Куры составляют 1,6 км³ или 50,2 м³/с. В эту величину не входят 851,58 млн.м³ стока забираемым Самур-Апшеронским каналом в год 75%-ной обеспеченности. Учитывая эту величину можно сказать, что ресурсы района составляют 2,4 км³ [4].

Средний годовой объём стока территории от р.Куры до Астарачай с учётом притока по р.Болгарчай составляет 1,5 км³ или 47,6 м³/с, что соответствует 14,6% всех ресурсов республики. Северная часть области (Муганская степь) является продолжением Кура-Аразской низменности и представляет собой безводную пустыню. Значения стока здесь к Каспийскому побережью уменьшается почти до нуля. Южнее происходит увеличение стока прибрежно-морских участков. Основные водные ресурсы территории формируются в южной части области.

Общие ресурсы речных вод, непосредственно впадающих в Каспийское море без р.Самур в многолетнем разрезе составляют 99,2 м³/с или 3,4 км³. Это количество воды распространяется по природным областям почти поровну.

Из всех административных районов Каспийского побережья только в Хачмасском районе происходит повторное местное формирование водных ресурсов за счёт выхода подземных вод [4]. Остальные районы находятся под влиянием рек, транзитом текущих по их территории. Все реки

непосредственно впадающие в Каспийское море ещё до выхода на низменность почти полностью разбираются на орошение особенно в весенне-летний период, некоторые реки, от р.Дивичичай на северо-восточном склоне Большого Кавказа до Гамширачай в Ленкоранской природной области, совершенно пересыхают, а реки Вельвеличай и Кудиялчай дополнительно подпитывают Самур-Апшеронский канал.

Поэтому в этих районах регулирование стока водохранилищами и рациональное использование его становится вопросом первостепенной важности. Для эффективного использования водных ресурсов и улучшения водообеспеченности всей территории, в скором будущем должно быть приступлено к строительству водохранилищ на реках Кусарчай, Кудиялчай и Вельвеличай. Создание этих водохранилищ обеспечит безводные территории дополнительной влагой. Наряду с этим большую роль в обеспечении водой Каспийского побережья должны будут сыграть подземные воды (артезианские и субартезианские колодцы), которые необходимо использовать только для питьевых целей. Особенно большую роль должны сыграть огромные запасы подземных вод Апшеронского полуострова.

Обводнение северной части Ленкоранской природной области по разработкам Гидропроекта в советский период (1980-е годы) возможно будет путём превращения части залива Каспийского моря в водохранилище. Для создания этого водохранилища, именуемого Кызылагачским необходимо будет со стороны моря произвести обвалование его акватории специальной дамбой высотой 5-7 м. Наполнение водохранилища можно осуществлять стоком из р. Араз и частично паводковыми водами Ленкоранских вод. Поскольку воды р. Араз не хватает для удовлетворения потребностей орошения, целесообразно ныне перебрасываемый сток из р.Куры в Араз в районе Баграмтапинского гидроузла в размере 1,5 м³ довести до 2 км³. При НПУ – 25 м полный объём создаваемого Кызылагачского водохранилища можно довести до 400, а полезный объём до 320 млн. м³. Аккумулируемый в водохранилище сток будет использован на орошение земель северной части Ленкоранской зоны, а в перспективе его использование предусматривает ежегодное зарыбление водохранилища травоядными рыбами и выращивание крупного частика.

Предлагаемые выше мероприятия на данном этапе носят проблемный характер, нуждающийся на основе проектных разработок в дальнейшем уточнении, и зависит от инвестиций, которые должны быть вложены в осуществление этих мероприятий.

К важнейшим особенностям Каспийского моря относятся непостоянство его уровенного режима, которое нередко становится причиной бедствий и катастроф в Каспийском регионе. Уровень моря испытывает значительные короткопериодные и долгопериодные колебания, что существенно осложняет деятельность ряда отраслей экономики региона и оказывает влияние на экологическое состояние Каспийского побережья.

Социально-экономические и экологические последствия аномальных колебаний уровня Каспия приобрели такие крупные размеры, что разработка мероприятий по их предотвращению и ослаблению воздействия стало одной из первоочередных государственных задач всех прикаспийских стран.

Социально-экономическое состояние Азербайджанской Республики, по сравнению с другими прикаспийскими ресурсами углеводородного сырья, сельское хозяйство, рекреационный потенциал, рыбная промышленность.

Литература:

1. Асланов Г.К. Ретроспективный анализ агроклиматических особенностей северо-восточного Азербайджана. Аграрная наука Азербайджана №7, Баку, 1991;
2. Асланов Г.К. Мелиорация горных территорий Азербайджана. Изд-во «Элм», Баку, 1997;
3. Ахундов В.Ю., Ахундов К.Ф. и др. Баку к 2000 году. Аз. гос. изд-во, Баку, 1981;
4. Кашкай Р.М. Географические аспекты формирования, прохождения стока рек и использования водных ресурсов Азербайджана. Авторефераты дис. работы на соискание уч. степени док. геог. наук, Баку, 2009;
5. Касимов М.С. Санитарно-климатологические особенности приморской зоны Аз.ССР. Азернешр, Баку, 1999.

Решение комплекса задач оперативного планирования и управления в условиях горного земледелия в Азербайджане

Алиев З.Г., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
НИИ «Эрозия и орошение» МСХ Азербайджанской республики

Основным направлением экономического и социального развития республики является интенсификация сельскохозяйственного производства. Мощным средством интенсификации сельскохозяйственного производства в условиях его специализации является орошение. В зонах недостаточного увлажнения (особенно характерного для горной местности) орошение один из решающих факторов выращивания высоких и устойчивых урожаев с/х культур.

С этой целью требуется разработка новых технических решений и внедрения автоматизированных систем малоинтенсивного орошения с/х культур отвечающим требованиям экологии и охраны окружающей среды их обитания, позволяющей улучшить экологическое состояние орошаемых земель, снизить расход воды на единицу продукцию и увеличить урожайность тех или иных культур на орошаемом поле. Орошаемые почвы в Азербайджане охватывают 1,45 тыс.га площади.

Полагается, что к факторам, прямо воздействующим на увлечение урожайности культур и повышение продуктивности на этой площади каждого гектара пашни и с/х угодий при минимальных затратах труда и средств, относятся также и применение автоматизации.

Автоматизированное орошение повышает эффективность всех факторов интенсификации: химизации, комплексной механизации, сортообновления, интенсивной технологии и др. Оно позволяет создать крупные зоны

государствами, самым тесным образом связано с режимом уровня Каспийского моря. В настоящее время, около 45% населения и 75% промышленного потенциала Азербайджана сосредоточены в прибрежной зоне. По наличию минерально-сырьевых и топливо-энергетических ресурсов прибрежная зона занимает особое место в экономике Азербайджана. К главным источникам текущего и перспективного развития экономики здесь относятся огромные ресурсы углеводородного сырья, сельское хозяйство, рекреационный потенциал, рыбная промышленность.

гарантированного производства сельскохозяйственных культур.

Объекты исследования

Объектом исследования является изучение и создания методы правильного регулирования водопотребления и питания растений с помощью поливов в зависимости от погодных условий.

С этой целью нами разработан и внедрен в производство конструкции систем автоматизированного управления систем малоинтенсивного орошения на базе микропроцессорной автоколебательной системы, успешно прошедшей ресурсные испытания, апробированное на выделочных почвах под фруктовым садом, в Губа-Хачмасской зоне на предгорье Шахдаг находящихся над уровнем на высоте море 600 метров с уклоном местности 0,02. (см. принципиальная схема импульсной дождевальной систем автоколебательного действия с автоматизированным управлением рис.1)

1. Конструкции и функциональные описание СМО АУ

Итак, для оперативного контроля погодных условий в регионе, необходимых для решения задач планирования и оперативного управления орошением полей сельхозкультур, на местном гидрометеопункте устанавливаются датчики измерения с преобразователями для телеметрического отсчитывания замеров основных параметров: (см.

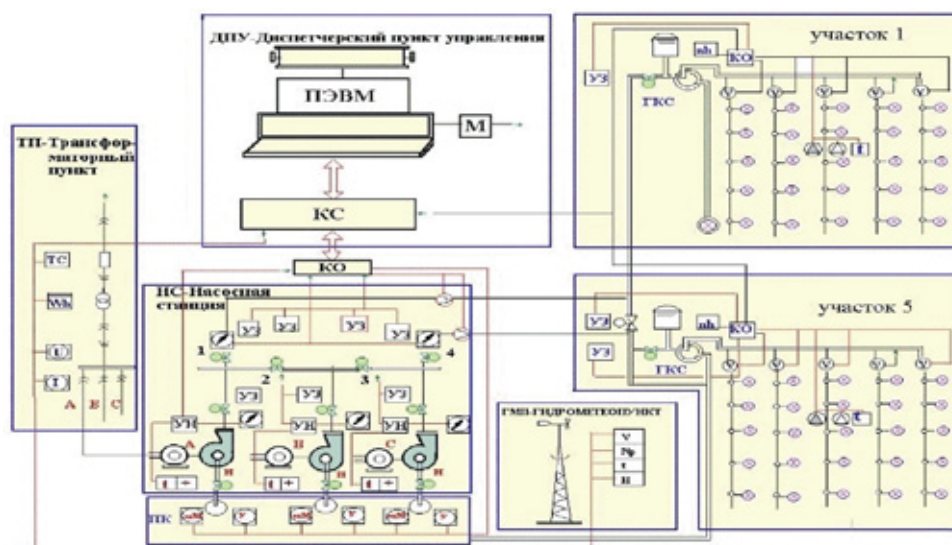


Рис.1. Принципиальная схема импульсной дождевальной системы автоколебательного действия с автоматизированным управлением



Рис. 2. Структурно-функциональная схема АСУ ТП орошения

Структурно-функциональную схему АСУ ТП орошения (рис. 2).

а) скорости ветра — V аналоговый сигнал (ТИТ) с периодом записи значений параметра в цикле 30 мин.

б) температуры воздуха — t_v , аналоговый сигнал (ТИТ) с периодом записи значений параметра в цикле 30 мин.

в) влажности воздуха — W_v , аналоговый сигнал (ТИТ) с периодом записи значений параметра в цикле 30 мин.

Отсчитывание значений параметров в телеметрическом коде осуществляется интеллектуальным объектным контроллером (КО) установленным в трансформаторном пункте через радиоканал осуществляющий связь с датчиками-преобразователями.

В КО отсчитанные телеметрические коды сигналы проходят первичную обработку, усреднение и записываются в оперативную память, где хранятся до их отсчитывания контроллером связи (КС), устанавливаемым в помещении оперативного контроля технологического процесса (АСМО) — операторной.

Для контроля и управления электроснабжением объектов АСМО и учета электропотребления на трансформаторном пункте (ТП) (см.структурно-принципиальную схему АСУ ТП орошения) устанавливаются датчики-преобразователи:

а) измерения напряжения на вводе в ТП — U (аналоговый сигнал (ТИТ));

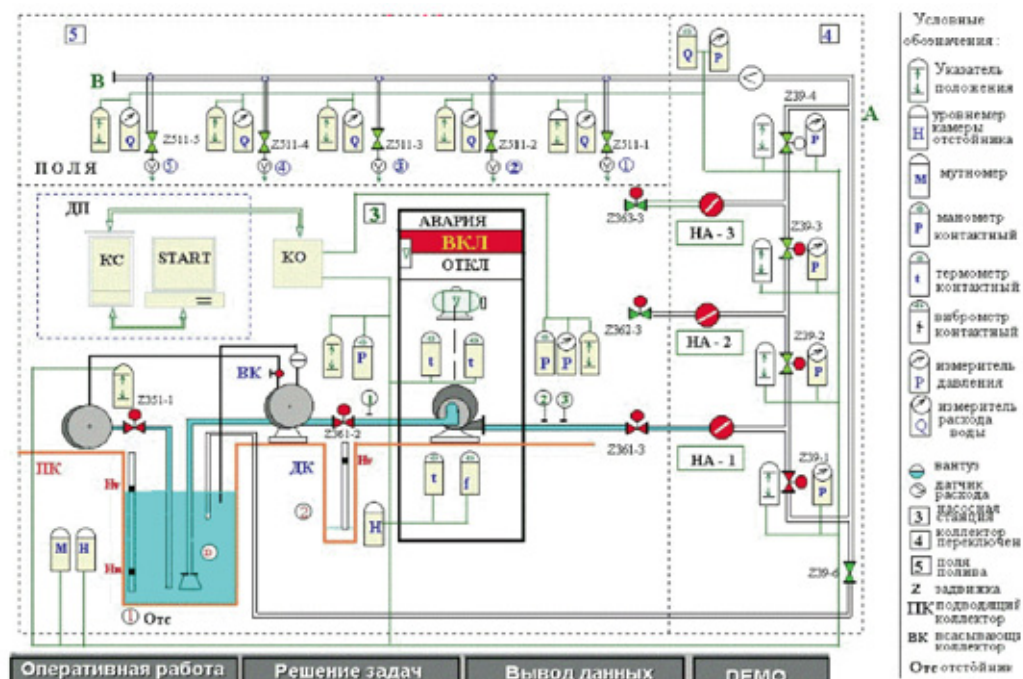


Рис.3. Включение электродвигателя насоса

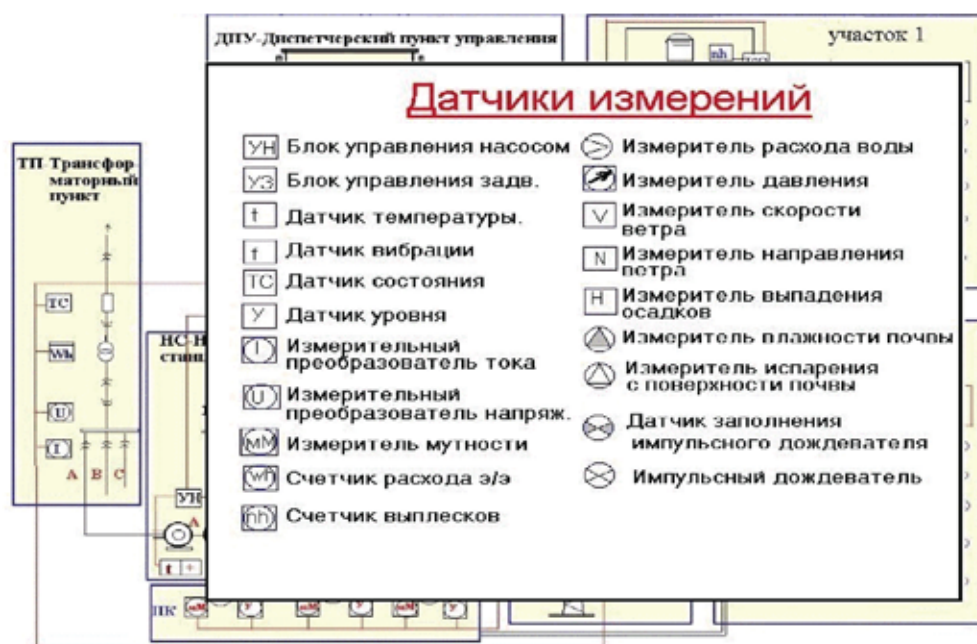


Рис.4. Принципиальная схема импульсной дождевальной системы с автоматизированным управлением

б) измерения нагрузки потребителей — $I U$ (аналоговый сигнал (ТИТ);

в) учета расхода электроэнергии — Wh (дискретный сигнал интегрированный — ТИИ;

г) контроля положения выключателей (включение — отключение электропотребителей) — СС

(дискретный сигнал положение ТСС).

Отчет значений параметров в телеметрическом коде осуществляется интеллектуальным объектным контро-

лером (КО) по местным проводным каналам связи и после их первичной обработки и усреднения записываются в оперативную память

Для контроля и управления технологическим процессом водозабора, отстойников (очистных сооружений) и насосной станции (устройств повышения давления воды в трубопроводах) устанавливаются датчики-преобразователи (см. структурно-функциональную схему):

а) мутности воды в отстойниках — M (аналоговый сигнал ТИТ, читаемый в цикле 30 мин);

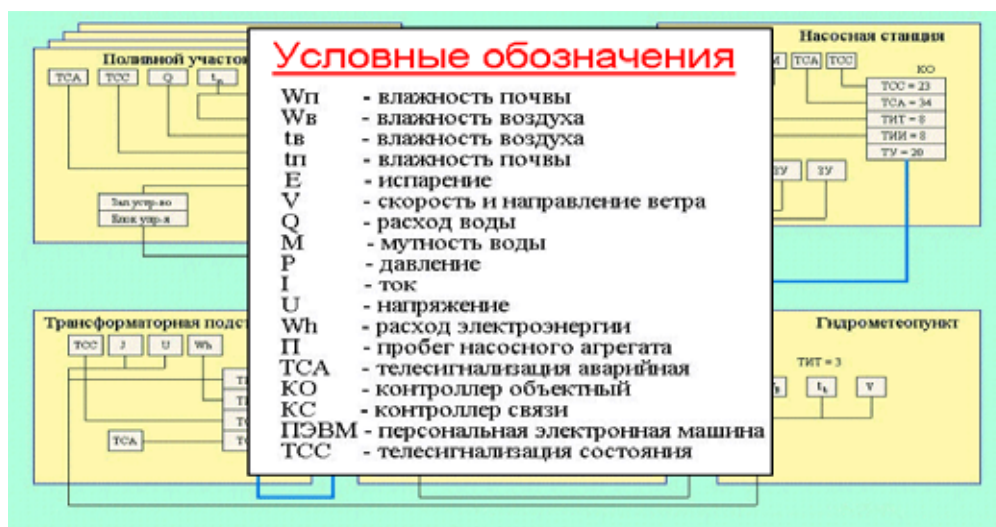


Рис. 5. Структурно-функциональная схема АСУ ТП орошения

б) уровня воды в камерах-отстойниках — Н (аналоговый сигнал ТИТ, читаемый в цикле 30 мин);

в) давлении воды — Р, устанавливаемых на нагнетании насосов, сборном и распределительных коллекторах (аналоговый сигнал ТИТ, читаемый в цикле 30 мин);

г) измерения нагрузки электродвигателей — I (аналоговый сигнал ТИТ, читаемый в цикле 30 мин);

д) положений задвижек — ПЗ (дискретный сигнал ТСС, читаемый в цикле 1 с);

е) положений выключателей электропитания — ВП (дискретный сигнал ТСС, читаемый в цикле 1 с);

ж) аварийная сигнализация — АС (дискретный сигнал ТСА, читаемый в цикле 1 с, приоритетный);

з) измерения расхода воды, подаваемый насосами и в распределительном трубопроводе — Q (интегрированный сигнал ТИИ, обрабатываемый в цикле 1 час). (см.рис.4.)

Контроль состояния почвы и управления технологическим процессом полива осуществляется по отдельным полям орошения на основании замеров агрофизических и технологических параметров датчиками-преобразователями:

а) влажности почвы ВЛП

— (аналоговый сигнал ТИТ с записью в цикле 30 мин);

б) испарения воды с поверхности почвы — ИСП —

— (аналоговый сигнал ТИТ с записью в цикле 30 мин);

в) температуры почвы — t°

— (аналоговый сигнал ТИТ с записью в цикле 30 мин);

г) расхода воды на полив по распределительным трубопроводам участка — Q — (интегрированный сигнал с записью в цикле 30 мин);

д) включения ГКС — дискретный сигнал читаемый в цикле 30 с;

е) положения переключающих задвижек

— (дискретный сигнал положения ТСС — цикл считывания 30 с).

Отчет сигнала в телеметрическом коде осуществляется интеллектуальным объектным контроллером поля по

радиоканалам связи и после их первичной обработки и усреднения процессором записываются в оперативную память

2. Ввод оперативных данных в компьютер и формирование базы данных (ОБД)

Записанные в оперативную память контроллеров объектов (КО) данные, отсчитываются программно по радио и проводным каналам связи контроллером связи (КС), подключенному к компьютеру диспетчерского пункта (ДП) (см. Принципиальную схему системы малоинтенсивного орошения с автоматизированным управлением рис.1), по заданному регламенту и записываются в его оперативную память в структуре телеметрического файла (см. Информационное обеспечение).

Компьютер по программам обмена отсчитывает данные из оперативной памяти КС, перекодирует их и записывает в оперативную базу данных, из которой выводит их в реальном времени на отображение на мнемосхемах, а после линейаризации и усреднения данные по их кодам программно записываются в накопительные базы, структуры которых приведены в информационном обеспечении, и этим формируются Банк Данных комплекса задач АСМО. [1,3,].

2. Информационный потоки автоматизированной системы малоинтенсивного орошения(АСМО)

Перед записью в Банк Данных поток данных измерений анализируется по заданным алгоритмам и при результатах анализа, имеющих отклонения значений от заданных в регламенте установок, записывается в оперативную базу управления (ОБУ) технологическим процессом (см. рис.6.)

Оперативная база управления программно по заданному в регламенте циклу отсчитывается модулем управления по технологическим направлениям и при наличии в записях данных отклонений формирует по этому направлению управляющий сигнал на необходимый исполнительный орган.

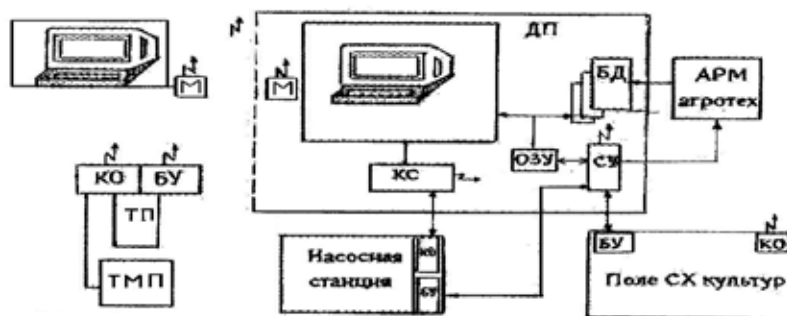


Рис. 6. Блок-схема информационных потоков

Условные обозначения: БУ – блок управления, ДП – диспетчерский пункт, БД – Банк Данных, ОБУ – оперативная база управления, СУ – станции управления, УП – удаленный пользователь.

3. Организация сбора и передачи данных по каналам Internet.

3.1. Условия организации обмена данными:

1. Обмен данными о работе системы орошения осуществляется через Всемирную сеть Internet.

Для этого необходимо подключить модем через компьютер к телефонной сети и получить право выхода в Internet у провайдера. Это условие распространяется и на каждого абонента.

При выполнении этих условий, компьютер «Центра» может соединяться с компьютерами на участках орошения районов Азербайджана и других государств.

2. Организуется сайт системы орошения, посетители которого будут видеть: последние данные о состоянии системы, интерактивные страницы, созданные по технологии PHP, оперативно обмениваться данными и сообщениями в реальном времени.

3. При помощи программы Skype 3 пользователи могут переговариваться по телефону и при использовании телекамер видеть друг друга, а при программ потокового видео – просматривать состояние участка.

4. При помощи программы LAN Talk (см. рисунок) пользователи системы могут обмениваться сообщениями через Internet. [1,4,5].

Следует отметить, что для обмена большими массивами данных, например файлами отчетов, можно использовать программы пиринговых сетей. Например, программа Shareaza (см. рисунок) позволяет пользователям соединяться между собой без захода на специальные сайты.

Результаты и обсуждение

При разработке методики исследования по решению комплекс прикладных агрометеорологических задач преследовалась следующая цель.

Цель решения комплекса задач – по фактическим замерам запасов влаги во времени T , сут. за определенный период τ , индивидуально на каждом поле найти функциональную зависимость $W_i(T)$, по которой определить ожидаемые запасы влаги в почве и возможные виды и режим орошения.



Рис. 7. Условия организации обмена данными через «Интернет»

При инструментальных замерах параметров, необходимо принимать во внимание на имеющийся разброс измеренных значений. Значение параметра, которое можно принимать за фактическое с вероятностью 0,8, определяется количеством повторов замеров, определяемых по формуле:

$$\tilde{n}_{0,8}^{(TP)} = 1,64 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\sigma_{\beta} W^{(HB)}}{\mu_{0,8}^{(HB)}} \right)^2 + 2,27 \quad (3.10)$$

где: $n_{0,8}^{(TP)}$ — количество, повторов измерений, отвечающих вероятности 0,8;

$\mu_{0,8}^{(TP)}$ — погрешность измерений (мм)

σ_{β} — стандартная ошибка измерений, % $\beta^{(HB)}$

$W^{(HB)}$ — запасы влаги, мм при влажности $\beta^{(HB)}$ в контр-ольном слое $h^{(a)}$, м.

3.1 Измерение исходной (стартовой) влажности почвы и расчет исходных запасов влаги W_0 в почве

3.1.1 Общее описание задачи

Исходные запасы влаги W_0 в активном слое почвы определяются по формуле:

$$W_0 = 10 \cdot h^{(a)} \cdot \gamma \cdot \beta_{\tau}, \text{ мм} \quad (3.2)$$

где: $h^{(a)}$ — активный слой почвы, м (принимается, что активный слой почвы делится на слои 0,20-0,30 м)

γ — средняя для слоя плотность почвы, т/м³

запись в коде программы — γ — гамма_ср

β_{τ} — влажность почвы на участке поля в % к массе сухой запись

в коде программы почвы на рассматриваемый момент — (Beta_tau)

При автоматизированном определении стартовых запасов влаги в почве исходят из того, что значение β_{τ} (Beta_tau) определяется измерителем влажности, установленном на балансном участке поля по $n_{0,8}^{(TP)}$ замерам (запись в коде программы $n_{0,8} E_x$).

Измеренные значения параметра автоматически записываются в файл Банка данных DataPar.dbf по N_code элемента, к которому относится параметр (см. специальный раздел «Информационное обеспечение»). [3.4.]

Для конкретизации условий расчета значения необходимых условно-переменных величин записываются в задание на решение задач (см. ZADANIE_3 в информационном обеспечении).

Определив значение стартовой (исходной) влажности почвы, программно определяется дефицит запасов влаги и необходимые нормы полива.

Результаты решения задачи записываются в выходной документ DOC_3 и выводятся в виде диаграммы (рис 12).

3.2. Описание алгоритма в соответствии с заданием по определению влажности почвы и запасов влаги на участке поля орошение (см.раздел информационное обеспечение «ЗАДАНИЕ_3»).

3.2.1 Поиск значений из базы данных (из раздела «Информационное обеспечение»):

— значения параметров автоматически читаются из файла DataPar.dbf по N_code элемента, к которому относится параметр;

— значение N_code элемента читается из файла ELEM.dbf по ключу: SL_SYST + SSYST + SL_MODYLE + SL_GROUP + SL_VID + SL_TYPE.

Формирование ключа для поиска N_code (см.инструкцию оператору)

а) Из файла SL_SYST.dbf выбрать систему, к которой относится параметр элемента.

б) Из файла SL_SSYST.dbf выбрать подсистему.

в) Из файла + SL_MODYLE .dbf — модуль.

г) Из файла SL_GROUP.dbf — группу, к которой относится элемент измеряемого параметра.

д) Из файла SL_VID.dbf — вид элемента измеряемого параметра.

е) Из файла SL_TYPE.dbf — тип элемента измеряемого параметра.

ж) NAME — имя элемента вводится с клавиатуры; если элементов, определяемых по цепке несколько (см. ZADANIE_3, запись 4), то каждому из них присваивается позиционный номер.

Номер элемента добавляется к имени через разделитель[_](NAME_1>)/

По сформированной цепке находится TLS_X.dbf N_code.

Из DataPar.dbf по N_code + Zdate и имени параметр <PARAM> отмеченного в ZADANIE_3 (+) программно находится его значение ZNACH для каждого поля.

Найденные значения параметров — влажность на заданную дату BETA_tau или запасов влаги на заданную дату W(tau) по каждому участку поля записываются в выходной документ DOC.3 см. макеты выходных документов «Запас влаги по полям орошения»

После определения влажности BETA_tau или запаса влаги в почве W(tau) определяется дефицит влажности или запаса влаги в почве.

3.2.3 Определение дефицита влажности и запасов влаги в почве на участке поля.

а) Если по ZADANIE_3 определяется влажность BETA_tau и из

DataPar.dbf найдено ее значение, то дефицит влажности относительно влажности наименьшего водопотребления BETA_(HB) равен: [2,141,168,229]

$$dBETA_{HB} = BETA_{(HB)} - BETA_{\tau} \quad (3.3)$$

где, BETA_(HB) — из SF_Plot.dbf и ConSoil.dbf; BETA_tau — из 3.2.2.

Полученные значения дефицита влажности автоматически записываются в выходной документ DOC.3

б) Если по ZADANIE_3 определяется запас влаги в почве W(tau) и из DataPar.dbf найдено его значение, то дефицит влажности запаса влаги при наименьшей влагоемкости dW(HB) равен:

$$dW(HB) = W(\tau) - W(HB) \quad (3.4)$$

где, W(HB) — из SF_Plot.dbf и ConSoil.dbf; W_tau — из 3.2.2

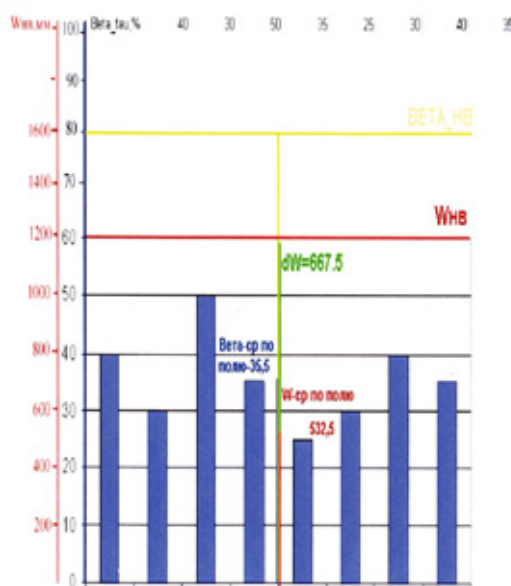


Рис. 8. Динамика состояние влажности почвы за цикл работы системы

3.2.4 После определения данных по каждому из заданных участков поля определяется;

а) среднее значение влажности BETA_AV и запасов влаги в почве W_AV в целом по полю:

$$BETA_AV = 1/n \sum (BETA_tau)_i \quad (3.5)$$

Где, n — количество балансных участков, принимающих участие в расчете — из ZADANIE_3, запись 4;

(BETA_tau)i — влажность почвы относительно сухого грунта из 3.2.1 для каждого участка.

б) если определялись (W_tau), то среднее значение запаса влаги в почве всего поля

$$dBETA_AV = 1/n \sum (dBETA_tau)_i \quad (3.6)$$

г) среднее значение дефицита запаса влаги в почве поля:

$$dW_AV = 1/n \sum (dW_AW)_i \quad (3.7)$$

Вычисленные значения в п. 3.2.3 а), б), в), г) автоматически записываются в строку < В среднем по полю>.

д) Определенные в графах 4,5 и 6 DOC.3 значения параметров отображаются столбиковой диаграммой «Запас влаги по полю орошения».

е) После просмотра документа DOC.3 выводится запрос <Будете решать задачу для других полей хозяйства на эту дату>. <Да>, <Нет>. При вводе <Да>, выводится сообщение <Введите имя поля и хозяйства в ZADANIE_3> и выводится на экран ZADANIE для ввода данных.

3.2.4 Если в базе данных значение параметров, заданные в ZADANIE_3 отсутствуют, то выводится сообщение <Значение указанных в ZADANIE параметров в базе отсутствуют. Будете измерять данные параметры ?>. <Да>, <Нет>. Если <Да>, то перейти к п. 3.2.1. Если <Нет>, то решение задачи окончено и выход в МЕНЮ.

3.2.5 Перед началом измерений определяется количество измерений на каждом участке обеспечивающее вероятность полученного значения не менее 0,8 при минимальных затратах труда на измерение n_0,8Ex:

$$n_{0,8Ex} = 1,64 * 0,001 (SIG_B)^* (W(HB)/10 * h)^{**2}) + 2,27 \quad (3.8)$$

где: SIG_B — задаваемая величина стандартной ошибки в %; BETA(HB) — из ZADANIE_3;

— W(HB) — запас влаги в почве, в мм при влажности BETA(HB) из SF_Plot.dbf;

— h — глубина слоя почвы (мм), в которой должно проводиться измерение.

3.2.6 Выполнить n_0,8Ex измерений по заданному параметру ZADANIE_3, строка 2 на каждом участке и записать данные в DataPar.dbf по N_code, Zdate, Ztime.

3.2.7. Вычислить среднее значение из выполненных измерений (сделать выборку из DataPar.dbf по N_code + Zdate.

Средний запас влаги в почве W_AV равен:

$$W_AV = 1/n_{0,8Ex} \sum (W_{0,8Ex})_i \text{ (мм)} \quad (3.9)$$

Где, W_0,8Ex — значение запаса влаги по каждому измерению, выбранному в п. 3.2.6 (Если измерялась влажность почвы BETA_0,8Ex, то среднее значение влажности BETA_AV равно:

$$BETA_AV = 1/n_{0,8Ex} \sum (BETA_{0,8Ex})_i \text{ (%) } \quad (3.10)$$

Где BETA_0,8Ex — значение влажности почвы по каждому измерению вычисленным значениям присвоить:

а) W_AV: = W(tau);

б) BETA_AV: = BETA_tau

и записать в выходной документ DOC.3 как в 3.2.1 и далее как 3.2.2; 3.2.3.

3.2.8 Заполненный документ DOC.3 записывается в папку для отправки по каналам Internet.

Коды программ приведены в отдельном приложении

По результатам исследования выявлено возможности оперативного решения комплекса задач агрономических параметров

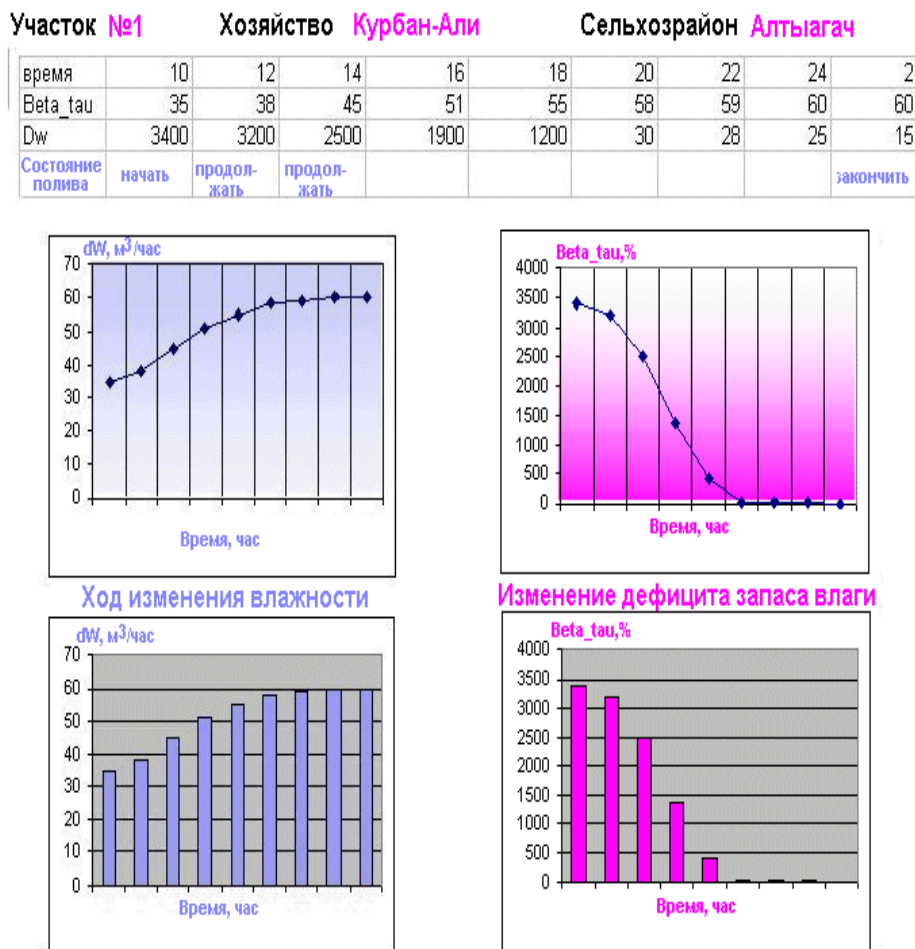


Рис. 9. Динамика измерения дефицита запаса влаги и влажности при наименьшем водопотреблении в процессе орошения

Литература:

1. Алиев Б.Г., Алиев З.Г. Научные основы автоматизированного управления орошением в условиях горного земледелия в Азербайджане. Изд-во Зияя-Нурлан, Баку—2009. 202 с.
2. Ялийев Б.Щ., Ялийев З.Щ. «Суварманын оптималлашдырмасы системи». Патент. № И.20040179. АР ДЕТК МПЕМ Баку 2004.
3. Алиев З.Г. Разработка и внедрение импульсно-дождевального аппарата автоколебательного действия в условиях горного и предгорного региона Азербайджана. Автореферат. дис. кандидата с.х.наук. Баку, 2004. 23 с.
4. Ялийев Б.Щ., Ялийев З.Щ. , «Авторягсли импульсу дамгылама апараты» Патент № а.2002 0232. АР ДЕТК МПЕМ Баку 2005
5. Ялийев З.Щ. Ялийев Б.Щ. Импульсу субурахыгы, Патент № İ.20050152, АР ДЕТК МПЕМ Баку 2005
6. Алиев Б.Г., Алиев З.Г. Орошаемое земледелие в горных и предгорных регионах Азербайджана. Монография. Изд-во «Зия-Нурлан ЭПП ООО», Баку—2005 . 330 с.
7. Алиев З.Г. Проблемы горно-орошаемого земледелия в Азербайджане и пути их решения. Автореферат док. дис. 2006 г. 33с.
8. Алиев Б.Г., Алиев З.Г. Автоматизированное управление малоинтенсивного орошения в условиях Азербайджана. Изд-во «Зияя-Нурлан». Баку.2006. 398 с.
9. Алиев З.Г. Систем автоматизированного управления орошением Патент № İ.2001.0098. ГКНТ АР МРЕМ. Баку.1998.

Изменение модуля крупности измельченного зерна пшеницы на экспериментальной установке «измельчитель-смеситель»

Муслимов Н.Ж., кандидат технических наук
Алматинский технологический университет

В результате проведенных экспериментальных исследований установлена динамика изменения модуля крупности измельченного зерна пшеницы сорта «Каргала» на экспериментальной установке для измельчения зерна. Установлено, что с увеличением кратности обработки с 1 до 5 и значений частоты вращения рабочего органа n с 800 до 3000 об/мин приводит к снижению значений модуля крупности измельченного зерна пшеницы. При этом установлено, что влажность обрабатываемого материала оказывает значительное влияние на изменение значений модуля крупности измельчаемого материала.

В соответствии с посланием Президента Республики Казахстан народу Казахстана «Новое десятилетие — новый экономический подъем — новые возможности Казахстана» Н.Назарбаев отметил, что одной из важнейших задач, стоящей перед АПК страны является обеспечение продовольственных запасов государства, при этом особое внимание необходимо уделить стимулированию производства важнейших продуктов питания, по которым не удовлетворяется потребности страны [1].

Зерноперерабатывающая промышленность Республики Казахстан во многом определяет продовольственную независимость государства. В условиях диверсификации структуры зернового производства особое значение приобретают вопросы переработки зерна [2-3].

Проведенный анализ технологии производства продуктов питания на зерновой основе показал, что основным, определяющим качество готового изделия, являются процесс измельчения зерна злаковых культур до размера, требуемого нормативно-технической документацией.

В этой связи с целью совершенствования технологического процесса разработана и изготовлена экспериментальная установка для измельчения зерновых культур (рис. 1). «Измельчитель — смеситель» которая содержит жестко закрепленную раму 1 с шарнирными подвесками 2, на которых установлена рабочая камера 3, представляющая собой наружный цилиндрический корпус 4 с загрузочными воронками 5 по количеству равным обрабатываемым компонентам, и сопряжена с нижней конической частью 6 образующие рабочую камеру измельчителя — смесителя с расположенным внутри рабочим органом.

В верхней части цилиндрического корпуса 4 расположен диск 7, на котором установлен приводной электродвигатель 8, соединенный с рабочим органом — цилиндрическим барабаном 12, состоящий из дисков 9 закрепленных, вертикальным валом 10, при этом ножевой механизм, представляет собой криволинейные ножи 11 с заостренной рабочей кромкой и установленные по периметру радиально размещенных дисков 9.

Ножевой механизм размещен в сетчатом цилиндрическом барабане 12, нижняя часть которого неподвижно закреплена в корпусе 6, а верхняя часть посредством диска с электродвигателем 8 и рабочей камерой. С целью

интенсификации подачи зерна в рабочую зону установки, на внутренней стороне нижней конической части корпуса 6, закреплены направляющие металлические прутки 13, предназначенные для равномерного распределения поступающего материала на обработку.

Устройство работает следующим образом. Обрабатываемый сыпучий материал подается из накопителей (на схеме не показаны) в приемные воронки 5, где распределяясь по прутковой поверхности конической части корпуса 6, направляется через отверстия сетчатого цилиндра 12 к вращающемуся ножевому механизму, который, захватывая, измельчает и смешивает различные компоненты обрабатываемого материала и направляет в приемные устройства для готовой продукции (на схеме не показаны). Криволинейные ножи 11 создают дополнительный воздушный поток, который ускоряет движение обрабатываемого материала, что позволяет увеличить производительность устройства и обеспечивает более качественное смешивание материала и быстрое удаление из рабочей зоны установки.

Подобное исполнение измельчителя — смесителя позволяет подвергать обрабатываемый материал однократному циклу деформации, быстрому удалению продуктов размола из рабочей зоны установки и получать более выравненный гранулометрический состав, что позволит упростить эксплуатацию устройства.

Эффективность процесса измельчения зерна на экспериментальной установке зависит от кинематических характеристик (в частности от частоты вращения рабочего органа) устройства и влажности измельчаемого материала. Также значительное влияние на эффективное ведение технологического процесса обработки зерна влияет количество циклов деформаций (кратность обработки), так как при построении технологических схем зерноперерабатывающих производств применяются сложные повторительные процессы измельчения.

В этой связи с целью определения рациональных режимов механической обработки зернового сырья проведены экспериментальные исследования, направленные на изучение процесса измельчения зерна пшеницы на разработанной установке.

Экспериментальные исследования по определению модуля крупности измельченного зерна пшеницы прово-

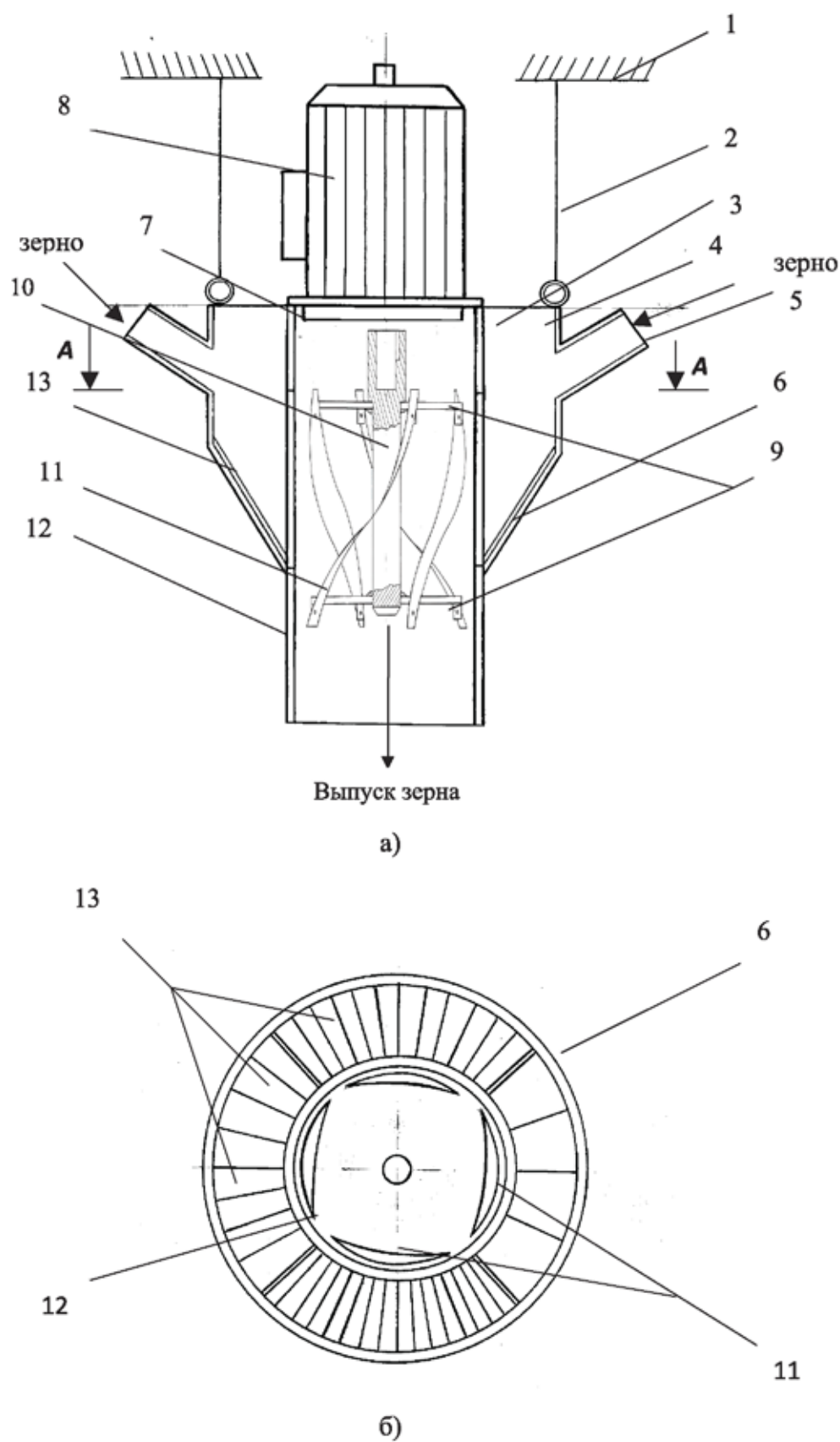


Рис. 1. Измельчитель-смеситель

дили в соответствии с разработанной методикой, которая заключалась в следующем. Предварительно подготовленную экспериментальную навеску объектов исследования массой 10 кг равномерным потоком загружали в приемное устройство экспериментальной установки и далее подвергали измельчению при различной частоте вращения рабочих органов, кратности измельчения и влажности. Частоту вращения вала с рабочим органом регулировали путем замены шкивов на приводном валу электродвигателя.

В производственных условиях величина влажности (W) измельчаемого зернового сырья обычно колеблется в интервале от 11,0 до 18,0 %. Поэтому с целью изучения влияния ($W, \%$) на степень измельчения (модуль крупности M , мм) измельчаемого зернового сырья количество воды необходимой для достижения заданной влажности зерна, определяли формуле [4]

$$G_{\text{в}} = G_k \frac{W_k - W_n}{100 - W_k}, \quad (1)$$

где G_k – масса взятого для увлажнения зерна, г; W_k , W_n – начальная и конечная влажность зерна, %.

В отобранную массу зерна добавляли рассчитанное количество воды, а затем увлажненную массу тщательно перемешивали и выдерживали в плотно закрытой стеклянной емкости (экзикаторе) при комнатной температуре. Окончательную влажность зерна контролировали по ГОСТу-13496.3-70. Далее зерновое сырье с установленной влажностью подвергали измельчению.

Степень измельчения испытуемого образца оценивали через модуль крупности размола M по формуле [5]:

$$M = \frac{0,5m_0 + 1,5m_1 + 2,5m_2 + 3,5m_3}{100}, \quad (2)$$

где m_0 – остаток на сборном дне отсева-анализатора, г; m_1, m_2, m_3 – остаток на ситах с отверстиями диаметром 0,001, 0,002 и 0,003 мм, г.

Гранулометрический состав, значения m_0, m_1, m_2, m_3 определяли путем просеивания измельченной массы экспериментальной навески на наборах штампованных сит с круглыми отверстиями установленного диаметра, составленных в порядке уменьшения их размеров сверху вниз.

Экспериментальные исследования проводились при различной влажности измельчаемого зерна (от 12,0 – 18,0%), частоте вращения рабочего органа (от 800 – 3000 об/мин) и при различной кратности обработки (количество циклов: однократное, двух-, трех-, четырех- и пятикратное измельчение).

Полученные результаты экспериментальных исследований заносили в таблицы текстового процессора *Microsoft Excel Windows 2007*, на основе которых строили модель в трехмерном пространстве, представляющую собой плоскость, которая характеризует зависимость модуля крупности от двух переменных факторов, частоты вращения рабочего органа экспериментальной установки

и влажность измельчаемого материала, при четырехкратном цикле обработки в экспериментальной установке.

На рис. 2 приведена зависимость частоты вращения рабочего органа на модуль крупности измельченного зерна пшеницы влажностью 12% при различной кратности обработки объекта исследования на экспериментальной установке.

Анализ поведения трехмерной модели в пространстве при различной кратности обработки зерна пшеницы сорта «Каргала» влажностью 12,0% на экспериментальной установке показал, что с увеличением кратности обработки (K , раз) с 1 до 5 и с увеличением значений частоты вращения рабочего органа n с 800 до 3000 об/мин приводит к снижению значений модуля крупности (M , мм) измельченного объекта исследования.

Так, например, при однократной обработке объекта исследования на экспериментальной установке при $n=800$ об/мин значение M составило 2,2 мм, что соответствовало 1 плоскости, характеризующейся образованием частиц со средним размером 2,0-2,5 мм. Дальнейшее увеличение значений K до 5 при $n=800$ об/мин, значение M составило 1,0 мм, что соответствовало 3 трехмерной плоскости, характеризующейся размером частиц 1,0–1,5 мм.

Аналогичные зависимости были установлены при увеличении значений n до 3000 об/мин при переменных значениях K , что приводило к снижению значений M . Так, например, при увеличении значений n с 800 до 3000 об/мин при однократной обработке ($K=1$) зерна пшеницы на экспериментальной установке снижали значения M в 2,75 раз с 2,2 до 0,8 мм, при этом минимальные значения показателя M соответствовали 4 трехмерной плоскости, характеризующейся образованием частиц со средним размером частиц 0,5–1,0 мм.

Пятикратная обработка ($K=5$) зерна пшеницы сорта «Каргала-9» на экспериментальной установке характеризовалась снижением модуля крупности измельченного зерна пшеницы (M) при увеличении значений n с 800 до 3000 об/мин. Так, например, при $K=5$ и $n=800$ об/мин значение M составило 1,0 мм, что соответствовало 3 плоскости, характеризующаяся образованием частиц со средним размером 1,0 до 1,5 мм. Дальнейшее увеличение значений n до 3000 об/мин при $K=5$, приводило к снижению значений M в 1,42 раза, с 1,0 до 0,7 мм, при этом минимальные значения M соответствовали 4 плоскости, характеризующейся образованием среднего размера частиц 0,5–1,0 мм.

При этом установлено, что увеличение кратности обработки зерна пшеницы на экспериментальной установке (K) с 4 до 5 раз не изменяет значения M и составляло 0,7 мм. В этой связи увеличение значений K до 5 приводит к излишнему перерасходу электроэнергии на привод рабочего органа экспериментальной установки.

С целью дальнейшего исследования процесса измельчения на экспериментальной установке, изучали влияние влажности и частоты вращения рабочего органа на модуль крупности размолотого зерна пшеницы. На рис.3

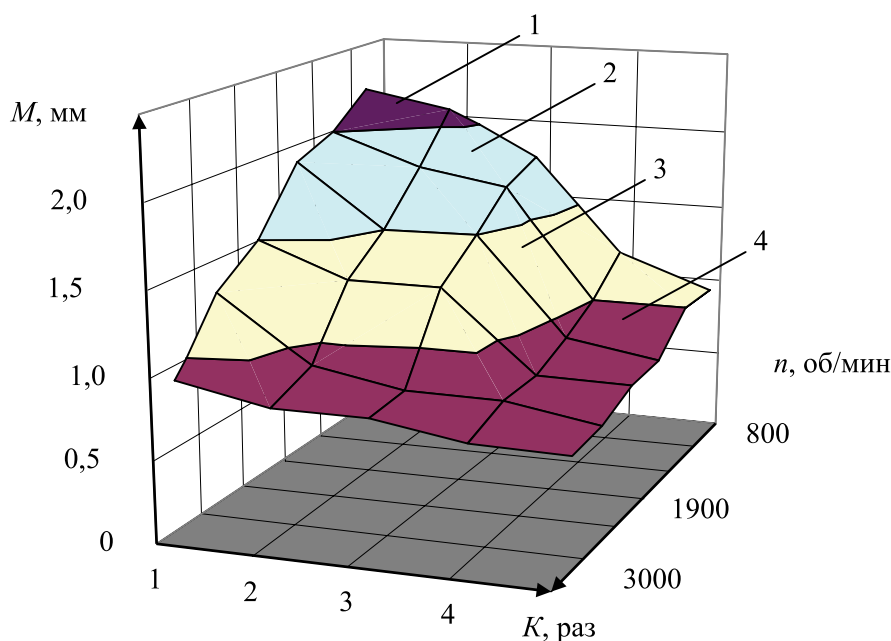


Рис. 2. Влияние частоты вращения рабочего органа на модуль крупности при различной кратности обработки зерна пшеницы $W-12\%$

1 – область частиц размером 2,0-2,5 мм; 2 – область частиц размером 1,5-2,0 мм; 3 – область частиц размером 1,0-1,5 мм; 4 – область частиц размером 0,5-1,0 мм.

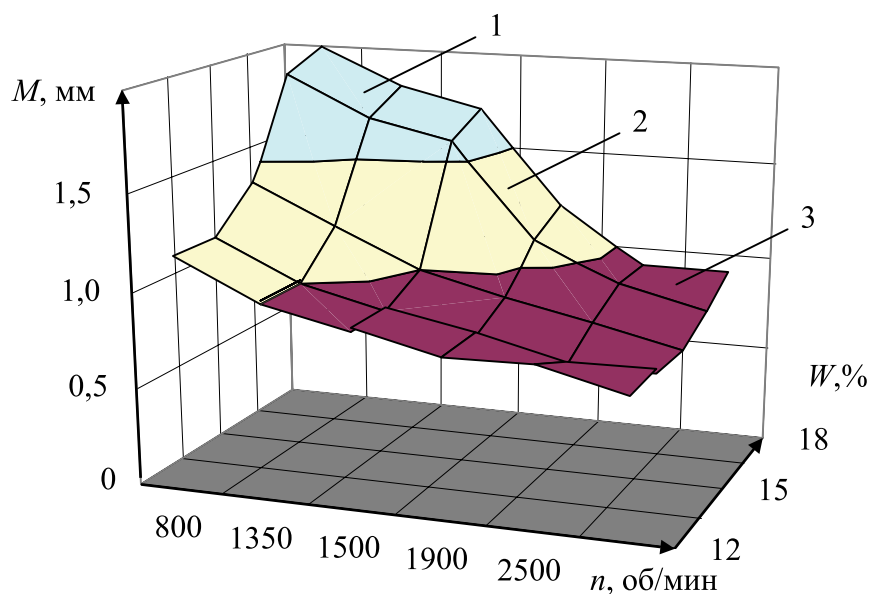


Рис. 3. Влияние влажности зерна пшеницы на модуль крупности при четырехкратном измельчении зерна

1 – область частиц размером 1,5-2,0 мм; 2 – область частиц размером 1,0-1,5 мм; 3 – область частиц размером 0,5-1,0 мм.

приведена модель в трехмерном пространстве характеризующая зависимость модуля крупности (M , мм) от переменных значений W (%) при различных значениях n (об/мин).

Анализ поведения трехмерной модели в пространстве показал, что с увеличением влажности (W) обрабатываемого зерна пшеницы сорта «Каргала-9» с 12 до 18% приводило к повышению значений модуля крупности M , при этом увеличение значений частоты вращения рабочего

органа n с 800 до 3000 об/мин приводило к снижению значений модуля крупности (M , мм) измельченного объекта исследования.

Так, например, при обработке зерна пшеницы $W = 12\%$ при $n=800$ об/мин значение модуля крупности составило 1,2 мм, дальнейшее увеличение значений n до 3000 об/мин снижало значения M в 1,71 раза при этом минимальное значение составило 0,7 мм, которое характеризовалось образованием 3-ей трехмерной области со

средним размером частиц 0,5–1,0 мм. При дальнейшем увеличении влажности обрабатываемого материала до 13,5% наблюдалось незначительное повышение значений M .

Измельчение зерна пшеницы на экспериментальной установке, влажностью 18% также приводит к увеличению значений M при переменных значениях n . При $n=800$ об/мин значения модуля крупности составило 2,0 мм, что характеризовалась образованием области 1 со средним размером частиц 1,5–2,0 мм. Увеличение переменных значений n до 3000 об/мин приводило к снижению модуля крупности измельченного зерна пшеницы в 2,2 раза и составило 0,9 мм, что соответствует 3-ей трех-

мерной области характеризующейся размером частиц 0,5–1,0 мм.

В результате проведенных исследований установлено, что влажность обрабатываемого материала оказывает значительное влияние на модуль крупности измельчаемого материала.

Полученные результаты экспериментальных исследований позволяют регулировать эффективность ведения процесс измельчения на экспериментальной установке реализующая срез зерна вращающимся ножевым механизмом в зависимости от переменных значений влажности зерна пшеницы, частоты вращения рабочего органа и кратности измельчения.

Литература:

1. Послание Президента Республики Казахстан Н.Назарбаева народу Казахстана от 29.01.2010г. «Новое десятилетие — новый экономический подъем - новые возможности Казахстана».
2. Оспанов А.А., Омаров К.К., Муслимов Н.Ж., Даулетова С.Д. Состояние и перспективы развития мукомольной промышленности РК Аналитический обзор. — Астана: ЦНТИ, 2002. -70с.
3. Оспанов А.А., Муслимов Н.Ж., Джумабекова Г.Б., Омаров К.К., Шарип М.Т. Пути повышения конкурентоспособности крупяной промышленности Аналитический обзор. — Астана: ЦНТИ, 2006. — 42 с.
4. Спандияров Е. Разработка и совершенствование процессов и оборудования производства комбикормов: Автореф. ...докт. техн. наук: 05.18.12. М.: МГУПП, 1994. — 49 с.
5. Егоров Г.А. Практикум по технологии мукомольного, крупяного и комбикормового производства. — М.: Колос, 1974. — 208с.

Экспериментальная оценка целесообразности дифференцированного дорожно-климатического районирования

Афиногенов А.О., аспирант

Научный руководитель – Ефименко В.Н., доктор технических наук, профессор,

заведующий кафедрой автомобильных дорог

Томский государственный архитектурно-строительный университет

При проектировании автомобильных дорог нормы [1] предусматривают деление территории Российской Федерации на дорожно-климатические зоны, в пределах которых расчетные значения характеристик грунтов принимаются одинаковыми. Зоны дорожного районирования примерно соответствуют границам почвенных и ландшафтно-географических зон. Всего дорожно-климатических зон 5. Практика проектирования и эксплуатации дорог, многочисленные исследования показывают, что необходимо более дифференцированное районирование. Не случайно нормы по проектированию нежестких дорожных одежд [2] в 2001 г. разделили III дорожно-климатическую зону на 3 подзоны, II — на 6 подзон.

Сотрудниками Томского государственного архитектурно-строительного университета выполнено дифференцированное районирование территории Западной Сибири. При этом в пределах дорожно-климатических зон на основе обобщений и анализа основных географических ком-

плексов, влияющих на службу дорог, выделены климатические районы. Для дорожных районов, представляющих собой генетически однородную территорию, характеризующую свойственными только ей климатом, геологией, рельефом местности, растительностью, почвами, видом грунта и его влажностью в характерные периоды года, в результате изучения водно-теплового режима земляного полотна автомобильных дорог региона рекомендован комплекс расчетных значений характеристик глинистых грунтов для проектирования земляного полотна и дорожных одежд.

Такой подход является значительным шагом в направлении обеспечения должного качества проектирования дорог в региональных условиях, но требует экспериментальной проверки ряда положений. Автором выполнены исследования, способствующие решению данной задачи [3, 4], ниже приведено обобщение их результатов.

Для исследований была выбрана Кемеровская область, что определилось рядом обстоятельств: 1) в пос-

ледные годы там велось интенсивное дорожное строительство и это давало хорошую экспериментальную базу; 2) несмотря на относительно небольшую площадь регион отличается большим разнообразием природных условий и результаты исследований можно распространить на достаточно большую часть Западной Сибири.

Для территории Кемеровской области рекомендовано деление на четыре дорожных района (1–4); три подзоны (Р – равнинная, Х – холмистая, Г – горная) и две зоны (II и III по СНиП 2.05.02-85*) [5].

Одним из основных критериев дорожно-климатического районирования является увлажненность территории, характеризующаяся гидротермическим коэффициентом Г.Т. Селянинова (отношение суммы осадков за период со среднесуточными температурами воздуха выше 10°C к сумме температур за это же время, уменьшенной в 10 раз). Естественно предположить, что при правильном районировании по данному критерию, значение гидротермического коэффициента должно иметь тесную связь с фактической увлажненностью грунтов в насыпях строящихся автомобильных дорог.

В качестве показателя (коэффициента) увлажненности предлагается принимать отношение фактической влажности грунта в насыпи дороги к его оптимальной влажности, определяемой по ГОСТ 22733-2002. В работе [6] получены экспериментальные значения коэффициента увлажнения $K_{увл}$ для различных климатических районов Кемеровской области. Используя их и средние значения гидротермического коэффициента Селянинова (K_c) по соответствующим климатическим районам, рассчитанные проф. В.Н. Ефименко [3], выполнена оценка взаимосвязи параметров. Результаты приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что зависимость $K_c - K_{увл}$ достаточно тесная и практически прямая. Аналитически она может быть выражена зависимостью (при $R^2 = 0,9823$):

$$K_c = 3,02K_{увл} - 1,78.$$

Относительная влажность (коэффициент увлажненности) глинистых грунтов, используемых в насыпях автомобильных дорог, – один из наиболее важных технологических параметров, учитываемых при сооружении земляного полотна. Столь тесная связь его и гидротермического коэффициента однозначно подтверждает целесообразность и достоверность дифференцированного дорожно-климатического районирования территории Кемеровской области. Кроме того, такое районирование может служить не только для целей проектирования дорог, но и быть полезным для проектирования мероприятий по их строительству.

В таблице 2 приведены среднестатистические значения основных строительных характеристик глинистых грунтов по отдельным дорожно-климатическим районам Кемеровской области.

Данные таблицы 2 показывают, что строительные свойства грунтов по отдельным районам существенно различаются (кроме районов III.Р.3 и III.Х.4), и подтверждают необходимость использования в практической деятельности дифференцированного дорожно-климатического районирования. Несмотря на незначительное различие показателей по районам III.Р.3 и III.Х.4, значения коэффициентов увлажнения для них существенно разнятся, что сказывается и на достигаемых коэффициентах уплотнения грунта (см. табл. 1), т.е. из представленных данных не следует возможность объединения указанных климатических районов. Причем, установлена тесная связь между коэффициентом увлажнения грунта и достигаемой степенью его уплотнения при возведении насыпей в отдельных климатических районах. Эту зависимость иллюстрирует рисунок 2.

Коэффициент уплотнения грунта земляного полотна является основным параметром, характеризующим надежность и прочность дорожной конструкции, его можно считать одним из интегральных показателей качества автомобильной дороги. Существенное различие достига-

Таблица 1. Значения параметров увлажненности и уплотнения грунта

Показатель	Дорожно-климатический район			
	II.Х.1	II.Г.2	III.Р.3	III.Х.4
Гидротермический коэффициент Селянинова	1,9	1,5	1,3	1,1
Коэффициент увлажнения грунта	1,22	1,07	1,04	0,95
Коэффициент уплотнения грунта	0,941	0,962	0,973	0,986

Таблица 2. Среднестатистические значения основных строительных характеристик грунтов

Показатель грунта	Дорожно-климатический район			
	II.Х.1	II.Г.2	III.Р.3	III.Х.4
Максимальная плотность, кг/см ³	1,84	1,66	1,71	1,72
Оптимальная влажность, %	15,45	21,74	19,15	19,98
Фактическая (естественная) влажность в насыпи, %	18,80	23,28	19,88	19,10

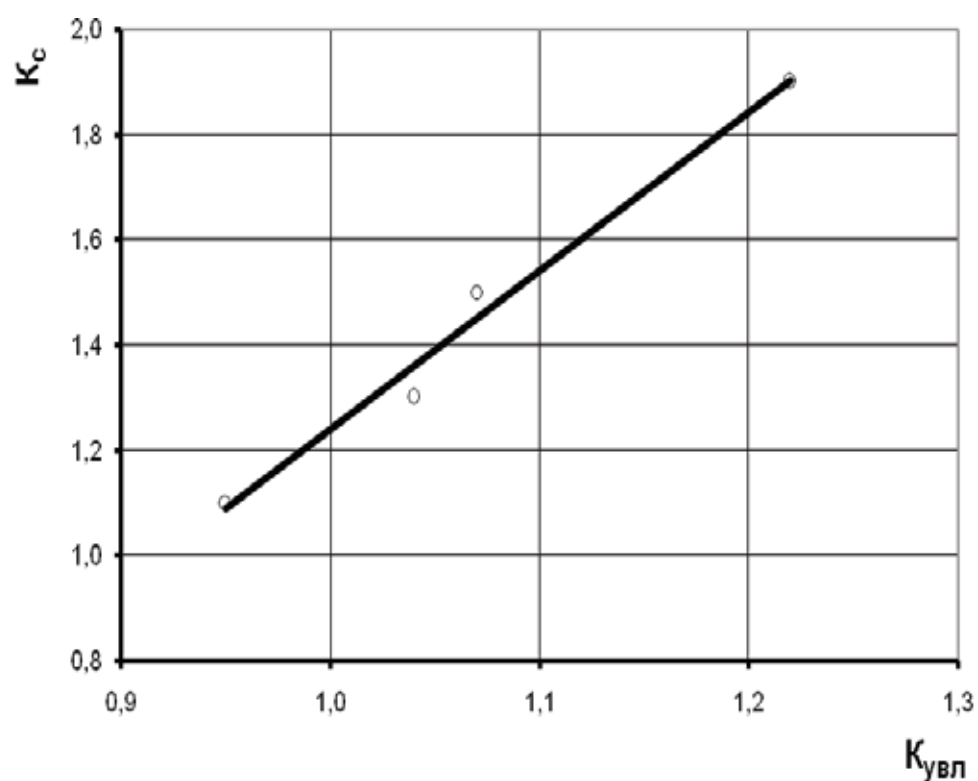


Рис. 1. Связь гидротермического коэффициента Селянинова и коэффициента увлажненности грунтов

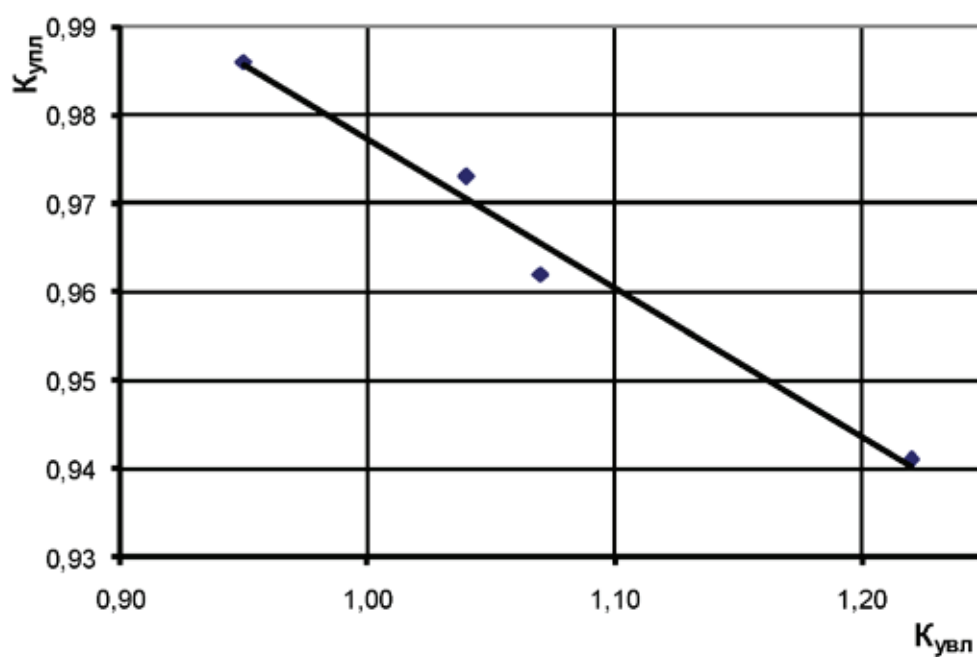


Рис. 2. Взаимозависимость коэффициентов уплотнения и увлажненности грунта

емых значений $K_{\text{упл}}$ по отдельным климатическим районам и их тесная зависимость от коэффициента увлажнения (соответственно, и от гидротермического коэффициента

Селянинова) также являются аргументами в пользу дифференцированного дорожно-климатического районирования.

Литература:

1. СНиП 2.05.02-85*. Автомобильные дороги / Госстрой России. — М.: ГУП ЦПП, 2001. — 55 с.
2. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд / Минтранс России. — М.: Информавтодор, 2001. — 145 с.
3. Афиногенов, А.О. К вопросу назначения строительно-технологических свойств глинистых грунтов // Вестник КузГТУ. — 2009. — № 4. — С. 82–86.
4. Афиногенов, А.О. К вопросу проектирования технологии уплотнения глинистых грунтов // Вестник КузГТУ. — 2009. — № 3. — С. 124–128.
5. Ефименко, В.Н. Дорожно-климатическое районирование территории юго-восточной части Западной Сибири // Разработка рациональных методов проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог и мостов: Сб. науч. тр. — Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1981. — С. 14–23.
6. Афиногенов, А.О. Зависимости для разработки региональных норм плотности глинистых грунтов в насыпях автомобильных дорог // Молодой ученый. — 2010. — № 4. — С. 49–53.

Влияние добавления газов с высокой теплопроводностью в плазмообразующую газовую смесь

Баяндина О.В., Новосельцев Ю.Г.
Сибирский федеральный университет (г. Красноярск)

Приведены сведения об использовании газов с высокой теплопроводностью при плазменной резке толстолистовых конструкций.

В период интенсивного развития промышленности электрическая дуга нашла широкое применение, в основном, как элемент электрической цепи, предназначенной для преобразования электрической энергии в тепловую.

Широкие возможности открылись в электродуговой технологии в результате появления устройств — плазматронов, генерирующих стабилизированные дуги. Стабилизация электрической дуги, осуществляемая внешним магнитным полем, газовым или водяным потоком, обеспечивает более интенсивный ввод тепла в обрабатываемые дугой объекты и позволяет в широких пределах регулировать плотность энергии в различных участках столба дуги и нагретого в столбе потока газа. В стабилизированной дуге резко ограничивается возможность ее пространственного перемещения, в том числе и при электродных зонах, что позволяет строго локализовать область максимального выделения ее энергии и обеспечить высокую стабильность параметров дуги в течение длительного времени.

Результатом появления стабилизированных электрических дуг явилось расширение области применения электродуговой технологии и появление новых технологических процессов. Это химический синтез, резка, сварка, получение чистых тугоплавких металлов, нанесение металлических и неметаллических покрытий, сфе-

роидизация порошкообразных материалов, выращивание кристаллов, высокотемпературные исследования и т.д.

Переход на новые современные виды вооружений, которые по своим техническим характеристикам превосходят старый парк вооружения, приводит к необходимости утилизации большого количества техники, имеющей большие габариты и выполненной из толстолистовой стали и различных тугоплавких сплавов. Одним из наиболее экономичных способов утилизации крупногабаритных корпусов ракет, танков и т.д. является их резка при помощи современных плазматронов. Но основной проблемой применения плазматронов является невозможность разделки толстолистовых стальных (до 200 мм.), бронзовых (до 80 мм.) и медных (до 100 мм.) конструкций. Решение этой проблемы возможно при применении в плазматронах бинарной плазмообразующей смеси высокой теплопроводности (водород и аргон), используя принудительную закрутку анодной области (газово-вихревую, магнитную), что позволяет решить проблему сохранения стойкости электродов плазматрона катода и сопла при утилизации крупногабаритных толстолистовых корпусов (ракет, самолетов, бронированной техники, кораблей, подводных лодок и т.д.).

Широкая практика промышленного применения плазматронов показывает, что введение газов с высокой

теплопроводностью, в первую очередь водорода, в состав плазмообразующей газовой смеси приводит к существенному изменению всего процесса плазменной обработки.

С одной стороны, обеспечивается максимальная эффективность использования плазматрона, как нагревателя, за счет повышения теплосодержания газа, прошедшего через дугу, и улучшения условий теплопередачи к нагреваемым дугой объектам. С другой стороны, ухудшаются условия функционирования плазматрона в результате снижения стойкости электродов плазматрона и нарушения устойчивости системы: «источник питания — дуга».

Следовательно, основной задачей, является определение факторов, обеспечивающих стойкость электродов плазматрона и устойчивость дуги при применении плазмообразующих газов с высокой теплопроводностью для промышленного использования плазмотронов.

Указанная задача в настоящее время решена применительно к плазменной резке, одному из наиболее распространенных процессов плазменной обработки. В этом случае стойкость электродов обеспечивается в результате введения в состав плазмообразующей смеси, наряду с водородом, — аргона со строго определенным расходом. Устойчивость дуги обеспечивается в результате применения источников питания с крутопадающими внешними статическими характеристиками. Так была внедрена плазменная резка в водородосодержащих смесях, ставшая в результате этого универсальным методом раскроя металлов.

Другими перспективными областями применения плазменной обработки, получающими все более широкое распространение, являются нагрев порошкообразных материалов при нанесении покрытий и сфероидизации, а также сварка и переплав металлов. Условия функционирования плазматрона в этих процессах более тяжелое, чем при плазменной резке в связи с увеличением тепловых потоков в электроды. При плазменной сварке и переплаве это увеличение обусловлено снижением расхода плазмообразующего газа в соответствии с технологичес-

кими требованиями процесса. При плазменной же резке расход плазмообразующего газа практически не ограничивается.

При плазменном напылении и сфероидизации тепловые потоки в электроды возрастают в связи с тем, что анодная область дуги располагается внутри плазматрона, тогда как при плазменной резке анодная область находится вне плазматрона, на разрезаемом изделии.

Требования же к стойкости электродов плазматрона при плазменной сварке, переплаве и нагреве порошкообразных материалов более высокие, чем при плазменной резке, в связи с недопустимостью загрязнения обрабатываемых материалов продуктами эрозии электродов.

По этим причинам попытки ряда исследователей про- извести простой перенос методов сохранения стойкости электродов плазматрона и устойчивости дуги, горящей в бинарной водородосодержащей газовой смеси, разработанных для плазменной резки, на процессы плазменной сварки, переплава, напыления и сфероидизации не дали результата. Поэтому требуется провести экспериментальное исследование причин снижения стойкости электродов плазматрона и устойчивости дуги, горящей в бинарной газовой смеси на основе газов с высокой теплопроводностью, и определить методы улучшения условий функционирования плазматрона. Результаты проведенных исследований могут быть использованы при разработке высокопроизводительной технологии демонтажа конструкций из толстолистовых тугоплавких сплавов.

Вывод:

Плазменная резка и сварка металлов являются крайне перспективными методами металлов, однако для повышения производительности и снижения стоимости обработки необходимо исследование причин снижения стойкости электродов плазматрона и сопла плазматрона при введении в бинарную плазмообразующую смесь газов с высокой теплопроводностью.

Литература:

1. Новосельцев, Ю.Г. Особенности исследования стабилизированных плазменных дуг / Ю.Г. Новосельцев, А.В. Мушенко, Е.А. Красовитова // Машиностроение: сб. науч. тр. / отв. ред. Е.Г. Синенко. — Красноярск: Сиб. Федер. ун-т; Политехн. ин-т, 2007. — С. 60—65.
2. Коротеев, А.С. и др. Плазмотроны: конструкции, характеристики, расчет / А.С. Коротеев, В.М. Миронов, Ю.С. Свирчук. — М.: Машиностроение, 1993.— 296 с.

Влияние частоты вращения рабочего органа экспериментального смесителя на энергетическую ценность полизлаковой смеси

Муслимов Н.Ж., кандидат технических наук
Алматинский технологический университет

В результате проведенных экспериментальных исследований, направленных на изучение кинетики смешивания мучных компонентов полизлаковой смеси «Фитнес» на экспериментальной установке для смешивания периодического принципа действия, установлено оптимальное время перемешивания сыпучих компонентов смеси. Установлено, что при увеличении частоты вращения рабочего органа экспериментальной установки для смешивания сыпучих компонентов мучной полизлаковой смеси сокращается продолжительность смешивания.

В соответствии с посланием Президента Республики Казахстан народу Казахстана «Новое десятилетие — новый экономический подъем — новые возможности Казахстана» Н.Назарбаев отметил, что одной из важнейших задач, стоящей перед АПК страны является обеспечение продовольственных запасов государства, при этом особое внимание необходимо уделить стимулированию производства важнейших продуктов питания, по которым не удовлетворяются потребности страны [1].

Проведенный анализ структуры продуктов питания показал, что основная составляющая продовольственного рынка — это рынок зерна и зернопродуктов, который представляет собой многочисленную группу продуктов, получаемых в результате целенаправленной технологической переработки зерна продовольственных культур.

Мука — является наиболее распространенным и доступным продуктом питания, и служит сырьём для производства широкого ассортимента хлебобулочных, макаронных, кондитерских и других изделий. Мука из зерна злаковых культур служит основным источником растительных белков, углеводов, витаминов, макро- и микро-элементов и пищевых волокон.

В зависимости от вида злака различают муку ржаную, пшеничную, ячменную, кукурузную и т.д. Пшеничная, овсяная и кукурузная мука находят применение в кондитерской промышленности. Просяная, гречневая, рисовая, овсяная, ячменная применяются при производстве полизлаковых продуктов питания и пищевых концентратов, продуктов детского и диетического питания, а также в технологии мучных полуфабрикатов.

В этой связи в вопросах дальнейшего расширения ас-

сортимента продовольственных продуктов на зерновой основе, одним из перспективных и актуальных направлений, является составление полизлаковых смесей на основе муки из зерна злаковых культур, сбалансированных по витаминному, минеральному и аминокислотному составу.

В настоящее время разработана технология производства муки из цельносомолотого зерна злаковых культур [2]. В табл. 1 приведены значения калорийности и энергетической ценности перспективных сортов муки из зерна основных продовольственных культур (пшеница, ячмень, овес, кукуруза, гречиха, просо).

При формировании мучной полизлаковой смеси важное технологическое значение имеет равномерное распределение компонентов по всему объему смеси. Для образования однородной по составу смеси применяется процесс смешивания, кинетика которого в настоящее время изучена не в полной мере [3-4].

В этой связи были проведены экспериментальные исследования, в результате которых изучено влияние частоты вращения рабочего органа экспериментального смешивающего устройства на энергетическую ценность полизлаковой смеси. В качестве объекта исследования определена полизлаковая смесь «Фитнес», рецептура которой приведена в табл. 2.

Лабораторные исследования по изучению кинетики процесса смешивания проводили на экспериментальной установке периодического принципа действия.

На рис. 1 приведена принципиальная схема устройства для смешивания сыпучих компонентов смеси с горизонтально расположенным рабочим органом. Устройство со-

Таблица 1. Калорийность и энергетическая ценность муки из цельносомолотого зерна

Наименование муки	Калорийность, калл	Энергетическая ценность, кДж
Цельносомолотая мука из зерна пшеницы	329,12	1377,03
Цельносомолотая мука из зерна ячменя	320,75	1342,01
Цельносомолотая мука из зерна овса	305,66	1278,88
Цельносомолотая мука из зерна проса	322,78	1300,34
Цельносомолотая мука из зерна гречихи	318,85	1350,51
Цельносомолотая мука из зерна кукурузы	310,79	1334,06

Таблица 2. Рецепт мучной полизлаковой смеси «Фитнес»

№	Наименование компонента	Содержание
1	Цельнозерновая ячменная мука	6,36%
2	Цельнозерновая кукурузная мука	42,75%
3	Цельнозерновая овсяная мука	20,0%
4	Цельнозерновая гречневая мука	24,54%
5	Цельнозерновая пшеничная мука	6,35%
Расчетное значение пищевой и биологической ценности		
6	Расчетное содержание протеина в смеси, %	14,28
7	Расчетное содержание крахмала в смеси, %	62,32
8	Расчетное содержание клетчатки в смеси, %	7,46
9	Расчетное значение калорийности смеси, ккал	318,87
10	Расчетное значение энергетической ценности, кДж	1334,15
Фактические значения калорийности и питательной ценности		
11	Фактическое значение калорийности смеси, ккал	313,11
12	Фактическое значение энергетической ценности, кДж	1310,05

стоит следующих основных узлов и деталей. Смесительная емкость 1, представляющая собой металлический корпус устройства, прикрепленный болтовым соединением на металлоконструкции 4. Горизонтальный вал с лопастями 2 и шариковый подшипник 3. Металлическая крышка 5,

предотвращающая выбрасывание сыпучих компонентов из рабочей зоны устройства, под действием быстровращающихся радиальных лопастей 6. Шкив 7 и клиноременная передача 8. Вращение рабочих органов осуществляется от электродвигателя 9 типа АИР 2 – 22Б мощностью 380 Вт.

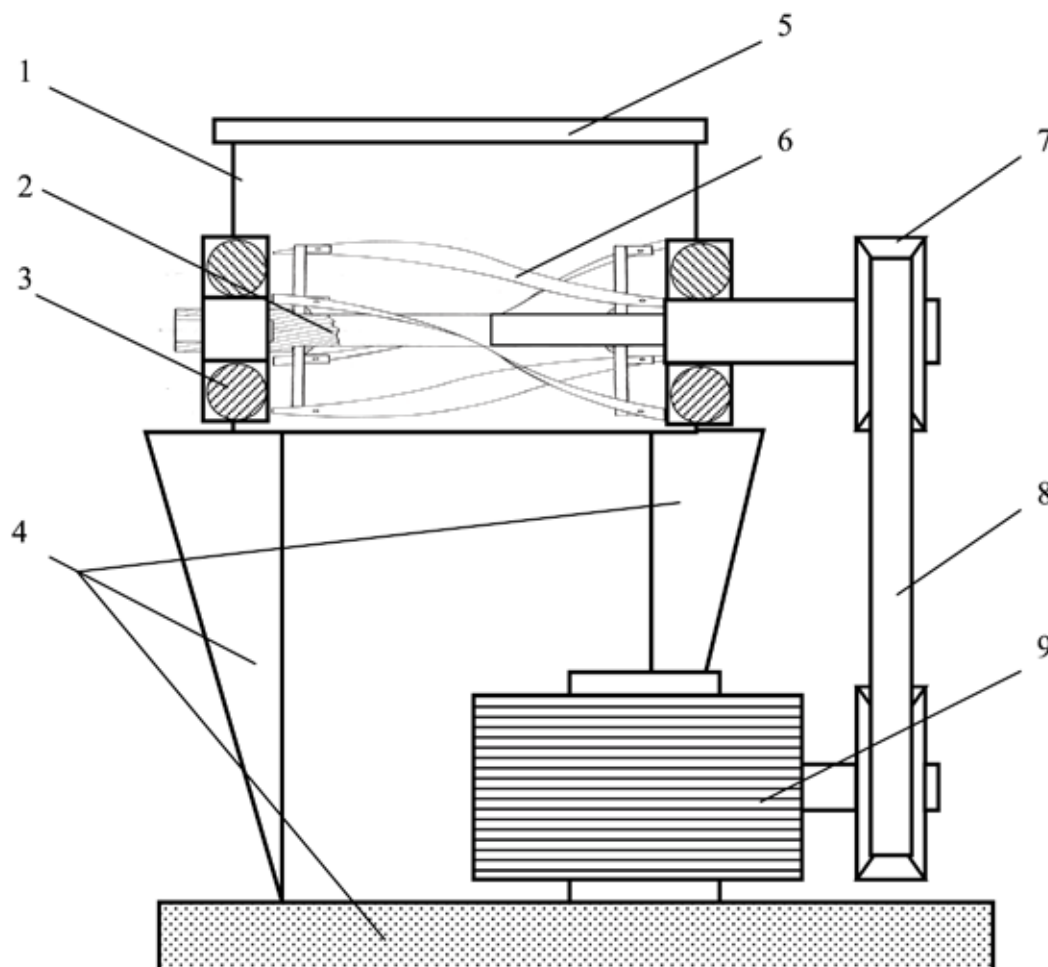


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для смешивания сыпучих компонентов с горизонтально расположенным органом

Устройство работает следующим образом. Сыпучие компоненты мучной полизлаковой смеси поочередно загружаются в рабочую зону устройства, смесительную емкость 1. Далее под действием вращающихся радиальных лопастей 6 жестко закрепленных на горизонтальном валу 2, установленном на подвижных шарнирных опорах 3, компоненты интенсивно перемешиваются под действием сдвиговых процессов, в результате чего происходит быстрое распределение ключевого компонента по всему объему экспериментальной массы. Вращение рабочего органа осуществляется от электродвигателя 9 через клиноремennую передачу 8 и жестко закрепленные на валу 2 шкивы 7. По окончании времени смешивания материал выводится из рабочей зоны установки. Недостатком конструкции является образование мучной пыли в процессе смешивания сыпучих компонентов, для устранения которой предусмотрена крышка 5.

Преимуществом конструкции устройства является возможность регулирования частоты вращения рабочего органа, высокая однородность состава получаемой смеси, высокая производительность устройства. Конструкцией устройства предусмотрено опрокидывание смесительной емкости для удобства разгрузки рабочей камеры.

На практике для количественной оценки эффективности процесса смешивания используется метод определения коэффициента вариации (V_c , %), характеризующий однородность распределения компонентов по составу смеси за определенный промежуток времени. Данный метод отличается большой трудоемкостью в связи с применением глубоких химических методов исследования.

С целью упрощения методики исследования в качестве показателя эффективности процесса смешивания применили переменные значения калорийности отобранных проб образуемой смеси, при фиксированных значениях времени смешивания и частоте вращения рабочего органа. Влажность мучных компонентов составляла $W = 12\%$, крупность частиц < 438 мкм и характеризовалась остатком на сите из капроновой ткани №20 (по ГОСТ 4403), не более 20%, проход через сито из проволочной сетки №040 по ГОСТ 3924, не менее 100%.

Методика проведения экспериментальных исследований заключалась в следующем. Предварительно подготовленные сыпучие компоненты мучной полизлаковой смеси, в соответствии с разработанной рецептурой (см. табл. 2), загружали поочередно в смесительную емкость устройства, далее запускали установку. Экспериментальные исследования проводили при различных фиксированных значениях частоты вращения ($n = 960, 1850, 2800$ об/мин) рабочего органа смесителя. Частоту вращения рабочего органа изменяли путем замены диаметра шкивов на приводном валу электродвигателя. Для регистрации значений n применяли министробоскоп — *Testo* 470.

После истечения каждых 10 секунд отбирали экспериментальную пробу мучной полизлаковой смеси и оп-

ределяли химический состав (содержание протеина, клетчатки, жира) методом ближней спектроскопии в инфракрасной области. Для определения химического состава отобранной пробы смеси применяли инфракрасный спектрометр для анализа молотого зерна и продуктов размола — «INFRAMATIC 8611/8620». Показания приборов заносили в лабораторный журнал. Экспериментальные исследования проводили до достижения заданной калорийности мучной полизлаковой смеси.

Калорийность отобранных проб мучной полизлаковой смеси определяли как сумму калорийности всех органических соединений в исследуемой пробе по формуле:

$$\mathcal{E}_u = 4,0 \cdot x_{\text{б}} + 9 \cdot x_{\text{ж}} + 3,75 \cdot x_{\text{у}},$$

где: $x_{\text{б}}$, $x_{\text{ж}}$ и $x_{\text{у}}$ — содержание соответственно белка, жира и углеводов (клетчатка + крахмал), %.

На основании экспериментальных данных строили график зависимости изменения калорийности мучной полизлаковой смеси «Фитнес» от продолжительности времени смешивания (t , с) сыпучих компонентов при различной частоте вращения рабочего органа (рис. 2).

Анализ полученных зависимостей (кривые 1, 2, 3) показал, что при увеличении частоты вращения рабочего органа экспериментальной установки для смешивания сыпучих компонентов мучной полизлаковой смеси сокращается продолжительность смешивания.

Условно, разбив полученную диаграмму (кривая 1) на три области (зоны), можно с уверенностью судить о том, что в первой зоне преобладают сдвиговые процессы смешивания, при которых смежные частицы группами перемещаются из одного положения в другое, в результате чего происходит хаотичное распределение компонентов мучной полизлаковой смеси, что приводит к резким перепадам значений калорийности от 322,78 до 317,35 ккал и обратное увеличение значений \mathcal{E}_u от 318,85 до 319,53 ккал при фиксированных значениях времени $t = 50$ секунд и частоте вращения рабочего органа 2800 об/мин.

Далее во второй условной зоне кривой смешивания 1 наблюдается интенсивное снижение значений \mathcal{E}_u с 317,28 до 312,95 ккал при значениях $t = 130$ секунд и $n = 2800$ об/мин.

В третьей условной зоне кривой смешивания 1, происходило установление заданных значений калорийности мучной полизлаковой смеси, которая составила 313,2 ккал на 100 грамм при значениях $t = 130$ секунд и $n = 2800$ об/мин.

Анализ кривой смешивания 2, показал аналогичную физическую картину процесса смешивания, при которой ярко выражены три зоны протекания механического процесса. I зона — зона сдвигового смешивания в результате которого происходит неравномерное распределение частиц. II зона — замедленного снижения значений \mathcal{E}_u . III зона — достижение заданных значений калорийности мучной полизлаковой смеси. При этом I зона характеризуется следующими числовыми значениями \mathcal{E}_u от 322,78

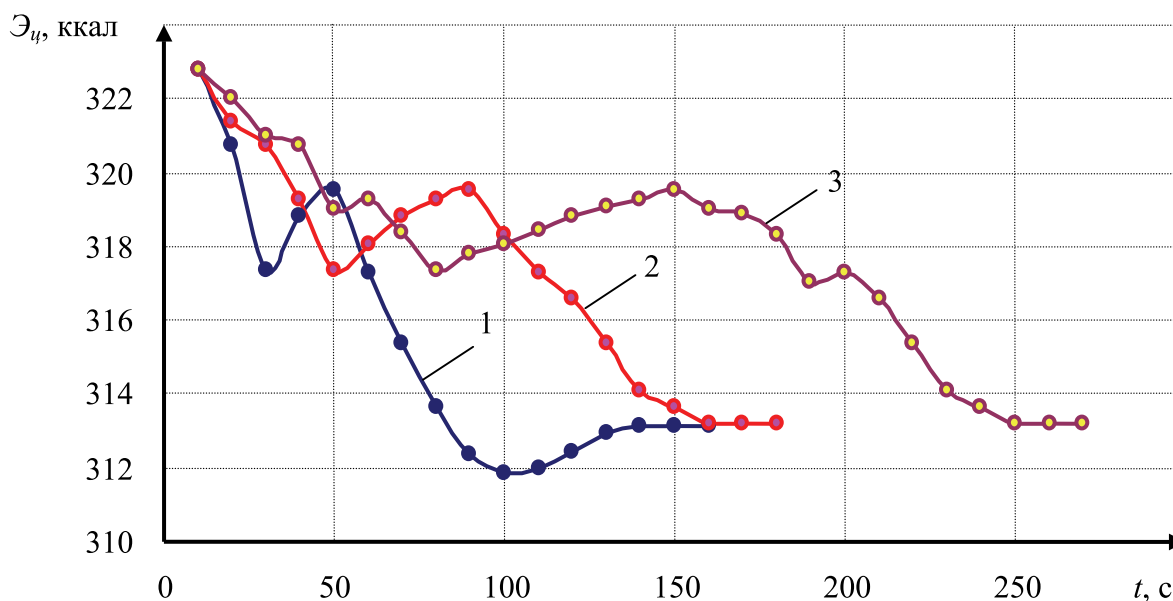


Рис. 2. Влияние частоты вращения рабочего органа на энергетическую ценность полизлаковой смеси «Фитнес»
1 – при 2800 об/мин; 2 – при 1850 об/мин; 3 – при 960 об/мин

до 319,53 ккал при $t = 90$ с. Вторая условная зона соответствует значениям калорийности от 318,34 до 313,63 ккал за время смешивания равное 150 с. Третья зона характеризуется заданным значением \mathcal{E}_c и соответствует 313,2 ккал при $t = 160$ с.

Кривая смешивания 3 характеризуется затяжной кинетикой смешивания, которую также можно условно разделить на три зоны. При этом числовые значения \mathcal{E}_c в первой зоне составили от 322,78 до 319,53 ккал при $t=150$ с, вторая зона характеризуется следующими значениями $\max - 319,02$ и $\min - 314,06$ ккал при $t=220$ с. В третьей зоне достигнуты заданные значения $\mathcal{E}_c - 313,63$ ккал.

В результате экспериментальных исследований установлено, что за оптимальное время смешивания мучной полизлаковой смеси «Фитнес» следует принимать следующие значения:

- при частоте вращения рабочего органа $n - 2800$ об/мин, 140 секунд;
- при $n - 1850$ об/мин, время смешивания составило 160 с;
- при $n - 960$ об/мин, время смешивания – 250 с.

Дальнейшее увеличение времени обработки мучной полизлаковой смеси приводит к не рациональным расходам электроэнергии.

Литература:

1. Послание Президента Республики Казахстан Н.Назарбаева народу Казахстана. «Новое десятилетие – новый экономический подъем – новые возможности Казахстана» от 29.01.2010 г.
2. Оспанов А.А., Комышник Л.Д., Омаров К.К. и др. Методические рекомендации по производству муки из цельнозернового зерна для сельских товаропроизводителей. – Методические рекомендации. – Астана: ЦНТИ, 2004. – 65 с.
3. Черняев Н. Определение качества смешивания компонентов комбикормов. Муком. – элев. пром., 1985., №10.
4. Братерский Ф., Гамалич В., Хударев Н. Оценка однородности смешивания комбикормов. Муком. – элев. и комбикормовая промышленность, 1982, №1.

Низкая фоточувствительность стандартных телекоммуникационных волокон как препятствие для записи брэгговских дифракционных структур

Варжель С.В., аспирант

Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики

Брэгговские дифракционные структуры (Брэгговские решетки) в настоящее время широко используются в оптических волокнах и планарных волноводах для уплотнения каналов по длине волны (WDM-технология), оптической фильтрации сигналов, как резонаторные зеркала в волоконных и полупроводниковых лазерах, сглаживающие фильтры в оптических усилителях, для компенсации дисперсии в каналах связи [1]. Другой областью применения волоконных Брэгговских решеток (ВБР) является использование их в различных измерительных системах: датчиках для регистрации изменений условий окружающей среды, таких как температура, давление, деформация, присутствие или отсутствие химикатов.

При записи Брэгговских решеток в стандартном телекоммуникационном волокне SMF-28, возникает проблема, связанная с тем, что такое волокно с молярной концентрацией германия 3%–5% имеет очень низкую фоточувствительность, недостаточную для эффективной записи в них решеток показателя преломления (ПП). Даже при длительном облучении наведенный ПП в таких световодах не превышает $5 \cdot 10^{-5}$ [2].

Таким образом, рассмотрение существующих методов решения проблемы низкой фоточувствительности, препятствующей записи в волокне Брэгговских дифракционных структур с требуемыми характеристиками, а также сравнение преимуществ и недостатков этих методов является несомненно актуальной задачей.

Существует множество способов решения проблемы слабой фоточувствительности стандартных оптических волокон. Во-первых, фоточувствительность германо-силикатных световодов увеличивается с ростом концентрации диоксида германия в сердцевине [3]. Ряд химических элементов, таких как бор, олово, азот, фосфор, сурьма при совместном легировании с германием увеличивают фоточувствительность световодов. Кроме того, в ряде работ исследовались световоды, не содержащие германия, а легированные другими элементами: азотом, фосфором, серой, сурьмой.

И, несмотря на то, что был предложен целый ряд составов, обладающих повышенной фоточувствительностью, как правило, волоконные световоды на их основе сложны в изготовлении и, кроме того, имеют материальные и волноводные характеристики, отличные от стандартных. Последнее обстоятельство часто приводит к дополнительным потерям на стыковку таких световодов со стандартными и некоторым другим сложностям при их использовании.

В связи с данными недостатками, возникающими в процессе легирования, значительный интерес представ-

ляет увеличение фоточувствительности световодов без значительного изменения их собственных характеристик. Оказалось, что насыщение стекла водородом при высокой температуре, например в пламени горелки с высоким содержанием водорода, способно на порядок увеличить наведенный показатель преломления стандартных световодов [4]. Вместе с тем это приводит к значительному росту концентрации ОН групп в сетке стекла, которые имеют полосы поглощения в области 1.4 мкм и к уменьшению механической прочности световода.

Существует и другой способ водородной обработки, который также существенно увеличивает фоточувствительность германо-силикатных световодов. Этот способ заключается в насыщении стекла молекулярным водородом при низких температурах, при которых водород находится в стекле в физически растворенном состоянии. Световод, подвергнутый низкотемпературной водородной обработке, имеет повышенную фоточувствительность до тех пор, пока водород находится в сетке стекла. По мере обратной диффузии водорода в окружающую среду фоточувствительность уменьшается, возвращаясь к своему исходному значению, поэтому световод после водородной обработки следует хранить при пониженной температуре.

Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод, что легирование и водородная обработка повышают фоточувствительность оптического световода, что позволяет затем записать в нем Брэгговскую дифракционную структуру лазерными импульсами традиционной наносекундной длительности, однако эти процедуры создают и ряд вышеупомянутых неудобств.

На сегодняшний день большой интерес представляет запись решеток ПП с помощью лазерных импульсов фемтосекундной длительности. В силу очень высокой интенсивности излучения ($\sim 10^{13}$ Вт/см²), создаваемой в импульсе такой малой длительности, поглощение излучения в этом случае происходит в результате многофотонного процесса. Подобный механизм наведения ПП не требует наличия в кварцевом стекле фоточувствительных легирующих добавок и водородной обработки [2].

При многофотонном поглощении, при достаточно высокой интенсивности, длина волны может не попадать в полосу поглощения, но при этом энергия возбуждения может оказаться больше ширины запрещенной зоны кварцевого стекла. Также следует подчеркнуть, что фемтосекундными импульсами можно облучать волоконные световоды без их повреждения или пробоя излучением с интенсивностями на несколько порядков выше, чем при использовании наносекундных импульсов эксимерных лазеров [5]. Кроме того, при использовании инфракрасного

излучения запись можно производить через оболочку светодиода.

Процесс многофотонного поглощения наглядно можно описать на следующем примере. Если инфракрасный лазерный импульс малой интенсивности фемтосекундной длительности (например, $\lambda = 800$ нм, $h\nu \approx 1.5$ эВ) проходит через такой материал как стекло, с шириной запрещенной зоны $E_g \geq 3.5$ эВ, то только лишь незначительная часть энергии лазерного импульса поглощается в стекле. Однако при высокой интенсивности излучения лазерных импульсов нелинейное поглощение становится основным механизмом инициирующем процесс фото-ионизации в стекле. Этот механизм соответствует одновременному поглощению двух и более фотонов лазерного излучения

одним электроном, что переводит его в зону проводимости. Коэффициент поглощения для данного механизма есть функция от плотности фотонов и, следовательно, от интенсивности лазерного излучения [6].

Таким образом, запись ВБР фемтосекундными лазерными импульсами — это очень привлекательный способ для модуляции показателя преломления, так как он устраняет необходимость относительно высокой фоточувствительности волноводного материала, требующей, например, легирование германием или дополнительную водородную обработку, а следовательно позволяет производить запись Брэгговских дифракционных структур в стандартных телекоммуникационных волокнах без дополнительных процедур.

Литература:

1. С.А. Кукушкин, А.В. Осипов, М.Г. Шлягин, Журнал технической физики, 76, № 8, 73 (2006).
2. С.А. Васильев, О.И. Медведков, И.Г. Королев, А.С. Божков, А.С. Курков, Е.М. Дианов, Квантовая электроника, 35, № 12, 1085 (2005).
3. L. Dong, J. Pinkstone, P. St. J. Russell, D. N. Payne, J. Opt. Soc. Am. B, 11, № 10, 2106 (1994).
4. F. Bilodeau, B. Malo, A. Albert, D.C. Johnson, K.O. Hill, Y. Hibino, M. Abe, M. Kawachi, Opt. Lett, 18, № 12, 953 (1993).
5. К.А. Загоруйко, П.Г. Крюков, Е.М. Дианов, А. Драгомир, Д.Н. Никогосян, Квантовая электроника, 33, № 8, 728 (2003).
6. K. Jamshidi-Ghaleh, N. Mansour, A. Namdar, Laser Physics, 15, № 12, 1714 (2005).

Обзор существующих методик испытания доильных аппаратов

Герасименко И.В., кандидат технических наук
Оренбургский государственный аграрный университет

Испытания доильных аппаратов начинаются в экспериментальных лабораториях, где создаются и изучаются опытные образцы нового оборудования. Такие испытания называются функциональными и проводятся для проверки работоспособности доильного аппарата. Для таких испытаний исследователи создают и применяют специальные методики и оборудование, с помощью которого осуществляется имитация необходимых форм тела и определенных функций животных.

При серийных испытаниях и производстве проводят заводские испытания всех частей доильной машины для проверки соответствия их чертежам и техническим условиям. Необходимо также периодически проводить контрольные испытания доильных аппаратов на молочных фермах с целью определения их пригодности к эксплуатации и для выявления тех недостатков, которые нельзя обнаружить при заводских испытаниях [1].

Проводят и сравнительные испытания различных доильных аппаратов, чтобы установить разницу между ними и выявить конструкцию, наиболее приемлемую для машинного доения, эти испытания более трудоемки и обходятся дороже.

Эффективность работы доильного аппарата можно оценить при помощи самых разнообразных показателей. Это — время доения, средняя скорость доения, молочная и жировая продуктивность, изменение внутривыменного давления, величина ручного дооя и др. Причем, одни из них можно получить в лабораторных условиях, другие в производственных. Лабораторные испытания проводятся с целью определения основных технико-эксплуатационных параметров: количества пульсов в минуту, соотношение тактов, расходных характеристик.

Для определения количества вытаскиваемого в вымя молока (обратного тока молока) в Оренбургском ГАУ используется искусственный сосок, имеющий специальное клапанное устройство для перепуска выдаиваемого из соска молока в мерную емкость. По объему вытесненного молока можно судить о степени совершенства доильного стакана [2].

В КазНИИ МЭСХе разработано устройство для имитации процесса молокоотдачи. Имитация достигается за счет включения в конструкцию искусственного вымени, управляемого клапана, регулирующего расход заменителя молока. При этом используются специальные шаб-

лоны для привода в действие регулятора расхода. Устройство позволяет проводить сравнительные испытания доильных аппаратов в лабораторных условиях.

Каждый из видов испытаний имеет свою методологию — теоретическое обоснование, определяющее направление проводимых исследований и соответствующие этому направлению методики, связанные с физиологической оценкой доильного оборудования. Так В.Ф. Королев предлагает в первую очередь проводить сравнительные испытания доильных машин двухтактного и трехтактного способов доения. При этих испытаниях решается вопрос о продолжительности доения каждой коровы и о влиянии различных способов доения на продуктивность коров [1, 3].

Влияние способов машинного доения на продуктивность животных имеет большое значение. Необходимо иметь такую доильную машину, которая в наибольшей степени способствовала бы повышению производительности труда, раздаиванию коров и не вызывала бы заболеваний вымени.

Доктор Петерсен (США) утверждает, что только скоростное доение увеличивает продуктивность животных и что доение продолжительностью более 7 мин снижает продуктивность коров. Скорость доения коров машиной зависит, прежде всего, от их способности быстро или медленно отдавать молоко и от степени открывания сфинктера соска под действием вакуума [4].

К.И. Кавешникова и Л.Г. Красноперова предложили для сравнения доильных аппаратов проводить анализ лактационных кривых коров аналогов по возрасту, сроку отела, продуктивности, типу стрессоустойчивости. Молоковыведение в своих опытах они регистрировали графически ежемесячно. Стимулирующий эффект доильного аппарата по данной методике связан с повышением длительности молоковыведения при максимальном внутривыменном давлении [5].

Мокри, Холл и др. утверждают, что передержки доильного аппарата на вымени при продолжительности доения, вдвое превышающей нормальную, увеличивают количество молока приведенной жирности (450 г на корову в сутки) и уменьшают продолжительность додаивания. Это позволяет предложить проведение сравнительных испытаний машин трехтактного и двухтактного способов доения на двух группах коров: в одной группе доение производить нормально за 3–6 мин, а в другой — с передержкой, при которой продолжительность доения превышает нормальную в 2 раза. Каждую группу коров делят на подгруппы для двухтактного и трехтактного способов доения [6].

Для определения оптимальных параметров усовершенствованных доильных машин К.И. Кавешникова предлагает методику сущность, которой состоит в следующем: только три соска коровы выдаивают машиной, а в четвертый вставляют катетер и вытекающее из него молоко учитывают отдельно для каждой фазы доения. Оценку машины производят по длительности латентного

периода, относительному количеству и качеству альвеолярной порции молока, величине додая и скорости доения. По этой методике можно значительно быстрее определить оптимальные параметры доильных машин и дать оценку тому или иному усовершенствованию доильной машины [7].

В. Д.-Х. Ли для оценки эффективности работы доильного оборудования предлагает применять динамику молоковыведения. Для этого отбирают группу коров в количестве 11 голов на 3–5 месяце лактации. Показатели динамики молоковыведения определяют с помощью прибора Н–321 в течение двух смежных суток сначала на одном оборудовании, затем на другом и через пять дней учитывают показатели молоковыведения так же, как и в первом случае. Кормление и условия содержания животных в оба периода одинаковы [8].

А.Н. Козлов, Н.Н. Викторова, Э.П. Кокорина для объективной оценки доильных аппаратов предлагают методику с учетом стрессоустойчивости животных. Для этого коров разделили на 4 группы: 1 — нетормозимые, 2 — слаботормозимые, 3 — среднетормозимые, 4 — тормозимые. Тормозным воздействием являлось проведение подготовительных операций и доение посторонним человеком. При доении измеряли скорость и время молоковыведения, машинный удой и степень относительной выдоенности. Сопоставляя результаты испытаний четырех групп, выяснили, что с целью более тонких различий при оценке доильных аппаратов необходимо использовать коров со средней стрессоустойчивостью, то есть среднетормозимых [9].

Г.П. Корж установил, что кривые интенсивности молокоотдачи, построенные методом графического дифференцирования, более точно отражают динамику выведения молока из вымени. Максимальная скорость молокоотдачи у коров красно-степной породы с различной продуктивностью находится в пределах 1,1...3,1 л/мин. Длительность проявления роста и спада максимальной скорости молокоотдачи составляет 4...32 % от длительности процесса выведения молока из вымени животного. Эти данные получены с помощью специального устройства предложенного автором методики для определения интенсивности молоковыведения [10].

И.В. Капустин и В.И. Гребенник разработали методику изучения влияния вакуумметрического давления на частоту пульсаций и соотношение тактов доильных аппаратов, а также изготовили лабораторную установку для этой цели. Согласно методике, лучшим является доильный аппарат, где частота пульсаций и соотношение тактов наименее подвержены изменению вакуумметрического давления в системе [11].

На наполнение доильного стакана обращали свое внимание такие ученые как Ларсен, Уиттлстоун, Петерсен, Ю.И. Белявский. Оно заключается в том, что в конечной фазе машинного доения, тургор стенки основания железистой цистерны, вследствие уменьшения напора поступающего молока, уменьшается и дряблые ткани втя-

гиваются в доильный стакан. В результате механически закупоривается отверстие между железистой цистерной и цистерной соска. Происходит сухое доение, что неблагоприятно влияет на здоровье животного, приводит к заболеванию вымени маститом, выбраковке из молочного стада [4, 12].

Оригинальный стенд для контроля молокоотдачи у коров при машинном доении предложил А.П. Дутов. Стенд состоит из комплексного доильного аппарата, измерительного регистрирующего блока и стабилизатора напряжения. Предлагаемый стенд с комплексным доильным аппаратом можно использовать для оценки доильных аппаратов и их составных частей по способности вызывать и поддерживать активный припуск молокоотдачи [13].

По мнению С.А. Соловьева, О.Л. Черновой, С.П. Суздалева для достоверной проверки адекватности работы доильного аппарата физиологическому состоянию организма наиболее целесообразно применять биологические тесты. Сущность таких тестов заключается в определении видового состава микрофлоры молока с характеристикой выделенных штаммов [14].

Е.И. Любимов предлагает получать на бумажной (магнитной) ленте одновременно все показатели доения: моторную функцию молочной железы (счетчик молока), параметры доильного аппарата (соотношение тактов, число пульсов, колебания вакуума), кардиограммы, энцефалограммы, нейрограммы. Это дает возможность проводить корреляционный анализ физиологических и технических параметров системы «корова — доильный аппарат» [15].

З.В. Макаровская считает возможным применение коэффициента (количественного показателя тугодойности — КПТ), достаточно точно отражающего особенности и состояние биологической подсистемы с точки зрения молокоотдачи. Этот коэффициент позволяет обойти сложности с подбором групп (аналогов) и учитывает специфическую направленность испытуемого оборудования [16].

Отличительной особенностью предлагаемой Е.М. Асманкиным и В.А. Шаховым методики сравнительных испытаний доильных аппаратов является то, что в качестве критериев конструктивного и технологического совершенства испытываемого оборудования используется степень пережатия молочного канала соска. Созданный для этой цели стенд состоит из искусственных сосков, имитирующих различные фазовые состояния естественного соска вымени — увеличения упругости, стабильного состояния и снижения упругости. По истечении испытания по прибору определяется степень пережатия молочного канала соска [17].

И.К. Винников, В.П. Бабкин, В.А. Дриго, Л.Ф. Розенберг и А.Ф. Гурихин создали прибор для настройки и проверки режима работы доильных аппаратов. Прибор состоит из основания, четырех искусственных сосков — датчиков с отверстиями для замера вакуумметрического давления под соском и присоске испытуемого доильного стакана, пневматических тумблеров, пневмоклапана, пневмосопротивлений и двух стрелочных вакуумметров.

Если частота пульсаций контрольного и проверяемого пульсатора разная, то колебания стрелок вакуумметра не совпадают. Для удовлетворительной работы доильного аппарата необходимо, чтобы колебания стрелки совпадали по частоте и амплитуде отклонений. В противном случае необходимо провести соответствующую регулировку [18].

А.А. Курочкин, П.И. Огородников, М.И. Базаров и Л.П. Карташов предлагают для выявления степени отрицательного воздействия доильного аппарата на сосок, определять количество оксигемоглобина в крови соска (степени наполненности гемоглобина кислородом). Проводились испытания доильных аппаратов ДА-2 и «Волга», имеющего ограничитель наползания стаканов со специальным устройством, которое позволяет создать в межстенном пространстве доильного стакана пульсирующий вакуум. В результате опытов было установлено, что доильный аппарат с ограничителем наползания доильных стаканов позволяет уменьшить наползание, а, следовательно, увеличить и улучшить процесс молоковыведения [19].

С целью совершенствования конструкции доильных аппаратов А.И. Фененко, С.П. Москаленко, С.П. Лещинский, А.М. Миропольский, Г.Г. Черног разработали методику исследования доильных аппаратов и экспериментальную установку. При исследовании доильных аппаратов на экспериментальной установке регистрация частоты пульсаций и соотношение тактов доильного аппарата осуществляется при помощи оборудования лаборатории с использованием прибора УДА и быстродействующих самопишущих приборов Н-327/5, Н-328/6, Н-3021/4. В качестве датчиков давления используют малогабаритные датчики МДД 0—1. По результатам испытаний дается заключение по улучшению технических параметров доильного аппарата [20].

Оригинальную методику оценки доильных аппаратов по характеристическим кривым молокоотдачи предлагает С.А. Соловьев. Общая методика оценки доильных аппаратов включает в себя две части, подбор групп — аналогов, снятие кривых молокоотдачи у коров, выявление характерных кривых для данной группы, испытание и оценка доильных аппаратов на стенде с заданием параметров по характеристическим кривым молокоотдачи. Создавая на стендах различные режимы доения, проводят испытания и оценку работы доильных аппаратов [21].

А.Е. Кузьмин предлагает оценивать доильные аппараты по величине коэффициента полезного действия [22].

Кроме описанных методик разработаны специальные способы для испытания отдельных деталей, узлов и механизмов доильных машин. Например, предлагаются различные способы для определения деформируемости сосковой резины или герметичности доильных стаканов и пр.

И все же описанные выше методики имеют определенный существенный недостаток, т.к. они проводятся непосредственно на животных. Например, различные коровы не одинаково реагируют на подготовительный

массаж, подмывание и вытирание вымени полотенцем. Чтобы добиться припуска молока, одной корове нужно сделать массаж, а другой достаточно только подмыть вымя. Некоторые коровы припускают молоко при стуке пульсатора или даже только при приближении доярки. Все это вызывает особые затруднения, так как подобрать хотя бы две одинаковые коровы по своей физиологии очень трудно, а это значительно влияет на результаты опыта, искажает действительную информацию о работе той или иной доильной машины.

Поэтому испытание новых машин на коровах — аналогах приводит к болезненным ощущениям у животных, либо аппарат совершенно выбраковывают, так как его работа наносит ущерб здоровью животным, заболеванию вымени маститом.

Так же одним из основных недостатков современных испытаний является то, что не отработана методика комплексных испытаний доильных аппаратов, нет взаимосвязи между лабораторными и производственными исследованиями. Это возможно только при разработке специальных испытательных стендов, так как существующее оборудование для лабораторных испытаний позволяет регистрировать в основном технические параметры, которые не дают общей характеристики доильного аппарата.

Таким образом, все существующие методики испытаний доильных аппаратов не позволяют учесть влияние отдельно взятого фактора в отрыве от других. Значит, на оценочные показатели накладывается суммарное влияние многих факторов, тем самым результаты опыта претерпевают серьезные изменения и не дают субъективной оценки работы доильного аппарата.

Функциональные испытания доильного оборудования, а также доработка его конструктивно — режимных параметров должны проводиться в лабораторных условиях. Для этого необходимо использовать испытательные стенды и контрольно-измерительное оборудование, с помощью которых осуществляется имитация необходимых морфологических, физиологических и анатомических параметров организма коровы.

При проведении испытания доильных аппаратов в лабораторных условиях не наносится ущерб здоровью животным, т.к. исключено воздействие на соски доильного аппарата. При этом на результаты опыта не влияют многие факторы такие как, тщательный подбор животных по продуктивности, стрессоустойчивости, условиям содержания, которые невозможно учесть при испытании на коровах-аналогах, что в свою очередь влияет на достоверность испытаний.

Литература:

1. Королев В.Ф. «Доильные машины» — М.: Машиностроение, 1969. — 279с.
2. А.С. № 940710 СССР; (А1) М. Кл. А 01 j 7/00 Сосок искусственного вымени. Курочкин А.А., Аверкиев А.А., Соловьев С.А.; Заявлено 04.08.80 г.; Опубликовано 07.07.1982 г. Бюл. №25.
3. Королев В.Ф., Мартюгин Д.Д., Соколов Д.С., Злотин А.П., Ларин В.П. Механическое доение коров. Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1950. — 151 с.
4. Petersen W.E. The Cow Udder. Agricultural Experiment Station University of Minnesota. Bull. 36, 1947.
5. Кавешникова К.И., Красноперова Л.Г. Физиологическая оценка доильных аппаратов. // Тез.докл. VII симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных. — Москва — Ленинград, 1988.
6. Mochrie R.D., Hall H.H., Eaton H.D., Elliot F.I. In J. Dairy Science. — 1953. — № 36.
7. Кавешникова К.И. Физиологическая методика испытания доильных машин: Сб.науч.тр. Саратовский СХИ. — Саратов, 1975. — Вып.43. — С. 226—232.
8. Ли В. Д-Х. Испытание комплектов оборудования для доения коров // Зоотехния. — 2000. — №2.
9. Козлов А.Н., Викторова Н.Н., Кокорина Э.П. Методика испытаний доильных аппаратов с учетом типа стрессоустойчивости коров. Труды ОСХИ. Сборник. — Оренбург, 1987. — С. 35—39.
10. Корж Г.П. Результаты исследования динамики выведения молока из вымени лакирующих животных: Сб.науч. тр./Кубанский СХИ. — Краснодар, 1984. — Вып.239 — С. 80—88.
11. Капустин Н.В., Гребенник В.И. Исследование влияния вакуумметрического давления в системе на частоту пульсаций и соотношение тактов доильного аппарата // Средства и методы для исследования машинного доения коров и его особенностей. Сборник. — Оренбург, 1987. — С. 5—8.
12. Уиттлстоун У.Г. Принципы машинного доения. — М.: Колос, 1964. — 197с.
13. Дутов А.П. Механизация сельскохозяйственного производства. — Ставрополь, 1972. — 117с.
14. Соловьев С.А., Чернова О.Л., Суздалев С.П. Методы оценки технических средств для машинного доения по биологическим тестам // Техника в сельском хозяйстве. — 2001. — №1.
15. Любимов Е.И. Электрофизиологическая методика оценки доильных машин: сб.науч.тр. / Тульская Госсельхозопытная станция. — Тула, 1972.
16. Макаровская З.В. Методика оценки доильного оборудования // Техника в сельском хозяйстве. — 2002. — № 3.
17. Асманкин Е.М., Шахов В.А. Совершенствование методики испытания доильных аппаратов // Техника в сельском хозяйстве. — 1997. — №4.
18. Винников И.К. Автолактограф. // Механизация и электрификация с/х. — 1988. — № 5.

19. Карташов Л.П. Машинное доение коров. — М.: Колос 1982.
20. Фененко А.И., Москаленко СП., Лищинский СП., Миропольский А.М., Черноног Г.Г. // Методика исследования доильных аппаратов. Труды ОСХИ. Сборник. Оренбург, 1987. — С. 57—66.
21. Соловьев С.А. Система испытаний технических средств для доения коров // Техника в сельском хозяйстве. — 1997. — № 5.
22. Кузьмин А.Е. Определение коэффициента полезного действия доильных аппаратов: Методические рекомендации. — Иркутск, 1987.

Изменение давления в предматричной зоне экструдера от влажности и частоты вращения рабочего органа

Оспанов А.А., доктор технических наук, профессор, академик НАЕН РК; Джумабекова Г.Б., соискатель;
Муслимов Н.Ж., кандидат технических наук
Алматинский технологический университет

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований, направленные на изучение изменения давления в предматричной зоне экструдера от влажности и частоты вращения рабочего органа. В результате установлено, что увеличение частоты вращения рабочего органа n с 80 до 250 мин⁻¹ приводит к увеличению значений давления в предматричной зоне до 25 мПа, такая обработка высоким давлением приводит к различным глубоким изменениям в полизлаковой смеси. Наблюдается сохранение белковых веществ наряду с превращением полисахаридов в более легкоусвояемые олигосахариды, изменяется питательная ценность готового продукта.

Осы жұмыста экструдердің предматрицалық аумағы қысымының өзгеруі, жұмыс мүшесінің дымқылдылық пен айналу жиілігінің өзгеруіне байланыстылығының эксперименталды зерттеулер нәтижелері келтірілген. N жұмыс мүшесінің айналу жиілігі 80-нен 250 минутқа дейін ұлғайғанда предматрицалық аумағының қысымы 25 мПа дейін ұлғайғаны анықталды. Мұндай жоғары қысымды пайдалану полидәнді қоспаны әр түрлі терең өзгерістерге әкелетіні анықталды. Ақуыз заттарының өзгергені байқалмағанменен, полисахаридтердің тез сінетін олигосахаридтерге айналатыны анықталды, дайын азықтың тағамдық құндылығы артады.

In this work there are results of experimental tests directed at study of pressure variations in pre- matrix zone of extruder from moisture and frequency of rotation of the working body. Finally it is defined that increase of frequency of rotation of the working body n from 80 to 250 min⁻¹ leads to increase of pressure in pre- matrix zone up to mPa, such treatment by high pressure causes different profound changes in poly-cereal mixtures. Protein substances are preserved along with transformation of polysaccharides into easy digestible oligosaccharides, nutritive value of a readymade product is being changed.

В настоящее время все большее распространение и признание в рационе человека получают пищевые продукты высокой степени готовности, полученные путем применения различных способов экструзионной обработки зернового сырья [1—3].

Основной технологической машиной для производства продуктов высокой степени готовности является экструдер. Общий вид экструдера приведен на рис. 1.

Основным рабочим органом экструдера является шнек усиленной конструкции, который компонуется из отдельных заменяемых элементов различной конфигурации. Конструктивные и кинематические параметры шнека определяют технологические режимы обработки сыпучих материалов, производительность установки и качество готового продукта.

Сущность процесс экструзии заключается в том, что в зоне плавления экструдера, под действием вращающе-

гося прессующего шнека с возрастанием давления P (горячая экструзия — до 25 мПа), происходит разрушение полимерной структуры основных компонентов крахмало-содержащего сырья, клейстеризация и последующая его желатинизация, вызванные высокой температурой t (до 120°-250°С), возникающей при переходе механической энергии (энергии трения материала о поверхность экструдера и внутреннего трения материала при его перемещении между рабочими поверхностями рабочего органа) в тепловую энергию, в результате чего происходит активная термомеханическая деструкция. После, при выходе массы из матрицы, происходит «взрывание» продукта и разрыхление его структуры в результате резкого падения давления и температуры [1—4].

Такая обработка приводит к различным по глубине изменениям в сырье. В результате экструзии наблюдается сохранение белковых веществ наряду с превраще-



Рис. 1. Общий вид пищевого экструдера РЗ-КЭД-88

нием полисахаридов в более легкоусвояемые олигосахариды.

Экструдеры могут функционировать в автономном (заданном) режиме. На рис. 2 приведена автоматизированная система задания и контроля технологических параметров давления и поддержания температурного режима процесса экструзии, а также других контрольно-измерительных и регулирующих устройств.

Автоматизированная система позволяет контролировать эффективность процесса экструдирования путем регистрации возрастающих значений частоты вращения шнека — n (мин⁻¹), переменные значения давления в предматричной зоне устройства P (мПа).

С целью определения оптимальных режимов механической обработки мучной полизлаковой смеси «Фитнес»

на основе муки из цельносмолотого зерна злаковых культур при производстве продуктов высокой степени готовности проведены экспериментальные исследования по изучению процесса экструдирования на промышленном двухшнековом экструдере. Рецепт полизлаковой смеси приведена в табл. 1.

Полученные результаты экспериментальных исследований заносили в таблицы текстового процессора *Microsoft Excel*, далее на основе полученных данных строили графики зависимости давления создаваемого в предматричной зоне (P , мПа) от переменных значений частоты вращения шнека экструдера n , (мин⁻¹) и влажности экструдированной полизлаковой смеси «Фитнес», W (%) (рис. 3).

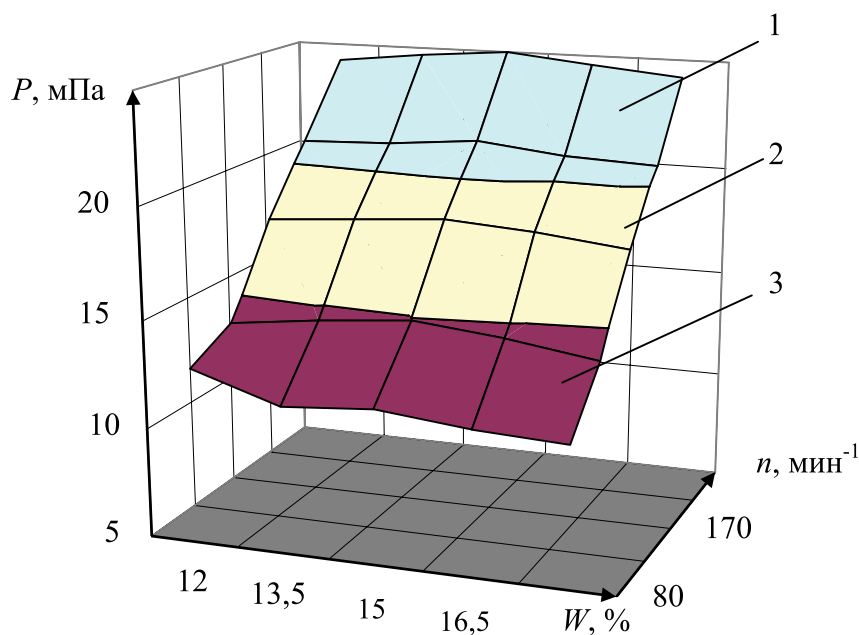
Анализ поведения трехмерной поверхности показал, что с увеличением частоты вращения рабочего органа n



Рис. 2. Контрольно-измерительная система экструдера

Таблица 1. Рецепт мучной полизлаковой смеси «Фитнес»

№	Наименование компонента	Содержание
1	Цельнозерновая ячменная мука	6,36%
2	Цельнозерновая кукурузная мука	42,75%
3	Цельнозерновая овсяная мука	20,0%
4	Цельнозерновая гречневая мука	24,54%
5	Цельнозерновая пшеничная мука	6,35%



$$P = 220,7012 - 26,6439 w - 0,1053 n + 0,0018 wn + 0,8829 w^2 + 0,0004 n^2$$

Рис. 3. Зависимость изменения давления в предматричной зоне экструдера (P , мПа) от влажности (W , %) и частоты вращения рабочего органа (n , об/мин)

1 – область, характеризующаяся давлением в предматричной зоне 20-25 мПа; 2 – область, характеризующаяся давлением в предматричной зоне 15-20 мПа; 3 – область, характеризующаяся давлением в предматричной зоне 10-15 мПа

с 80 до 250 мин⁻¹ приводит к увеличению значений давления в предматричной зоне. При этом влажность обрабатываемой мучной полизлаковой смеси снижают значений P в процессе экструдирования. Так, например, при влажности мучной полизлаковой смеси 12% и частоте вращения шнека 80 мин⁻¹ значение P составило 11,0 мПа. При $W=13,5\%$ и $n=80$ мин⁻¹ значение P составило 11,7 мПа. Увеличение влажности до 15% приводило к увеличению значений P до 12,0 мПа. Дальнейшее увели-

чение влажности до 18% снижало значения давления до 11,45 мПа.

Анализ трехмерных пространственных моделей показал, что необходимые значения критерия оптимизации P достигаются в рассматриваемой области поиска. На приведенных графиках существуют оптимальные области переменных значений величины W и n , при которых протекание процесса экструдирования осуществляется с оптимальным давлением в предматричной зоне экструдера.

Литература:

1. Платова Е.Ю. Разработка технологии экструзионных продуктов на основе комбинированного крупяного сырья: Дисс.... канд.техн.наук: 05.18.02, Москва, 1993.
2. Рудась П.Г. Разработка экструзионной технологии получения новых видов и специальных форм пищевых продуктов на основе зернового сырья. дисс.... канд.техн.наук: 05.18.01, Москва, 1998.
3. Курцева В.Г. Разработка новых мучных продуктов для диетического и детского питания из зернового сырья. Дисс.... канд.техн.наук: 05.18.01, Москва, 1997.
4. Мачихин Ю.А., Клаповский Ю.В. Современные способы формования конфетных масс. — М.: Пищевая промышленность, 1974. — 184с.

Эффективность почвоуглубления орошаемых почв

Данатаров А., кандидат технических наук, докторант
Туркменский сельскохозяйственный университет

Староорошаемые земли аридной зоны Туркменистана находятся в условиях близкого залегания ГВ и относятся к тяжелым почвам, которые имеют большую потенциальную опасность вторичного засоления. Рассоление таких почв обычными промывными поливами не дают положительного эффекта, т.к. подпахотная подошва грунта, образовавшаяся в результате многократной вспашки на глубине 30–35 см препятствует вымыву вредных солей в нижние грунты. Трудные в мелиоративном отношении грунтовые условия, характеризующиеся низкой естественной дренированностью и аэрацией, не позволяют получать стабильные урожаи с/х продукции. Установлено, что для оптимального роста и развития хлопчатника требуется определенная 2,6 МПа твердость почвы, обеспечение такого допустимого уровня уплотнения позволит избежать потерь урожая или свести минимуму [7].

Следовательно работы, проведенные в последние годы в странах СНГ и за рубежом, позволили раскрыть и выявить негативные явления относительно современного земледелия, увеличения плотности почвы в пахотном и подпахотном слоях, вызванное воздействием МТА, приводит к снижению потенциального и эффективного плодородия почв, появлению необратимых сдвигов в почвообразовательных процессах и значительному снижению урожайности схк.

И.П. Макаров и А.С. Кушнарв в своих работах установили, что в уплотненных почвах после полива запас влаги в активном слое почвы на 250–300 м³/га ниже, чем на уплотненных. Следовательно, снижение объема аккумуляции влаги обеспечивает растение влагой лишь в течение 10 дней. Культура хлопчатника весьма тепло- и влаголюбивая. Академик ВАСХНИЛ И.П. Макаров и его сотрудники на достаточно высоком уровне изучали уплотненные и суглинистые, и глинистые почвы и установили негативные последствия для роста и развития схк, которые сводятся к следующему: ухудшение проникновения воздуха и воды в почву; прекращение доступности минеральных удобрений; снижение процесса разложения растительных остатков; трехкратное увеличение плотности; слабое развитие корневой системы; а также высокая амплитуда колебаний температуры почвы, вследствие чего уменьшается биологическая активность почвы на всем протяжении вегетации схк. Следовательно, охрана почв от вредного избыточного уплотнения имеет прямое отношение к важнейшей экологической проблеме.

Аридной зоне расход ГВ на испарение при глубине их залегания 0,5–1,0 м достигает 1,5–2 тыс. мм в год. При 2 м уменьшается до 100 мм, а 3–4 м практически прекращается, потому что внутри почвенное испарения меньше, чем испарения поверхности, из-за эта засоления происходит значительно медленно. Орошаемое почвы Средней

Азии имеют высококарбонатный состав с преобладанием илистых фракций гидрослюдистых минералов. В более южных районах в составе почв встречаются смешанослойные монтмориллониты — гидрослюдистые образования. Естественно состав и строение почвенного профиля зависит и от давности орошения, которому характерно следующие строение [1] (табл.1).

В результате многократного прохождения ходовых колес тракторов в междурядьях накапливается остаточная деформация почвы, которая влияет на водный режим и условия питания корневой системы хлопчатника [11]. Эффективность мелиоративного состояния староорошаемых земель в настоящее время поддерживается проведением различных агро-мелиоративных приемов обработки почвы. Обработку почвы в условиях Туркменистана рекомендуется проводить двухъярусными плугами на легко- и среднесуглинистых почвах на глубине 30 см, в которой засоленность на 50–70% меньше, чем на полях с пахотной плугом с предплужником. Однако, отмечено, глубина вспашки на староорошаемых землях должна быть не менее 32–35 см, естественно, на тяжелых и средних по механическому составу почвах получены положительные результаты при глубине 40 см.

В отличие от природных пустынных и недавно орошаемых земель луговые почвы имеют повышенное содержание гумуса, питательных элементов и более оптимальные водно-физические и физико-химические свойства. Тем не менее, вопросы регулирования физических свойств верхнего слоя луговых почв, развитых на тяжелых агроирригационных наносах, приобретают особую важность. Сочетание глубокого рыхления с обычной вспашкой и внесением органических удобрений положительно влияет на физические свойства почвы, что в конечном итоге способствует повышению до 4,2 ц/га урожайности хлопчатника [2].

Двухъярусная пахота на глубину 30–35 см, мотыжение и внесение гербицидов не способствуют полному уничтожению сорняков. Вспашка с оборотом пласта на 30 см с одновременным рыхлением на глубину 60 см позволяет полностью очистить поле от таких сорняков, как гумай, тростник обыкновенный, верблюжья колючка, свиной, выюнок полевой и другие. Кроме того, глубокая обработка в течение двух лет исключает применение гербицидов. Ежегодный экономический эффект от рекомендуемого приема обработки не считая прибавки урожая хлопка-сырца — 40 руб/га [4].

Эффективность накопленных в почве запасов влаги особенно ярко проявляется в маловодные годы. Известно, что при обычной вспашке менее развитая корневая система хлопчатника использует влагу в основном из слоя 30–40 см, а при глубоком рыхлении благодаря развитию

Таблица 1. Строение почвенного профиля староорошаемых земель Средней Азии

Группа	Почвенное строение	Глубина, см	Причина образования	Мероприятия по устранению
I	Тонкая корка	1–3	Полив, высыхание	Боронование, дискование
II	Дифференциация	18–30	Полив, культивация и др.	Пахота
III	Уплотненный горизонт	43–60	Постоянное давление с/х машинами	Рыхление периодическое
IV	Древний горизонт	60–100	Давность (агроиригационная)	—
V	Горизонт грубая неоднородность	100–200	Давность (доиригационная)	—

мощной корневой системы растения способны доставать ее из слоя 100 см. Следовательно, рыхление плотного подпахотного горизонта благодаря снижению плотности приводит к увеличению общей порозности, водопроницаемости и влагоемкости, что положительно сказывается на росте и развитии главных и боковых корней, плодоношении хлопчатника, формировании большего числа полноценных корбочек [8].

Исследователями А.В. Кудратуллаев, Р. Абдуллаев и Д. Агакишиев в своих исследованиях на вновь осваиваемых землях Каракумского канала пришли к выводу, что пахота с глубиной на 30 см недостаточно отвечает мелиоративным условиям, мотивируя тем, что почва подвержена быстрому оплыванию и сильному уплотнению. Следовательно, плуг должен иметь почвоуглубитель на 10–12 см. В конечном итоге, урожайность хлопчатника повышается на 2 ц/га по сравнению с обычным плугом. При такой технологии пахоты прибавка урожая получается из-за медленного разложения органической массы, запаханной в почву, улучшения водно-воздушных и агротехнических свойств почвы [6]. Таким образом увеличивается плодородие почвы и естественно, обеспечение растений питательными элементами, что позволяет получать гарантированные урожаи с/х. Однако, во-первых, такая технология широкого внедрения не получила из-за незначительности влияния на плодородие почв; во-вторых, конструкции почвоуглубителей не в полной мере соответствовали агротехническим требованиям.

Наиболее распространенным мелиоративным приемом по улучшению водно-воздушного режима тяжелых почв в аридной зоне является рыхление. Обрабатывают преимущественно грунты на глубину 0,45–0,55 м, причем подвергают рыхлению на весь объем грунта в слое указанной глубины. Количественная характеристика процесса рыхления оценивается коэффициентом полноты рыхления, который рекомендуют выдерживать в пределах от 0,4 до 0,6. Установлено, что из-за различной фильтрации грунта по ширине междуренья минерализация ГВ неодинакова, что свидетельствует о наличии процессов вторичного засоления почв.

Изложенное выше свидетельствует о том, что на тяжелых почвах необходимо осуществление мероприятий по усилению фильтрации в верхних 0–0,6 м горизонтах почвы. Решить эту задачу можно путем устройства нематериального кротового дренажа (КД). Об эффектив-

ности КД в тяжелых минеральных грунтах свидетельствуют результаты исследований А.Н. Костякова [5], З.Ф. Туляковой [9], И.С. Жовтоного [3] и др. В первые исследования рассоления почв с помощью КД было проведено на Украине [3]. Особое значение имеют дальнейшие исследования КД З.Ф. Туляковой [10], А.И. Сергеева [9] и др. отмечено, что КД оказывает благоприятное воздействие на тепловой режим почвы, повышает аэрацию наддренной массы, что позволяет увеличить урожайность с/х. В процессе кротования отмечено, что наряду с функцией отвода поверхностных вод наблюдается аккумуляция воды в почве.

География применения КД весьма широка. Особое применение он получил в зоне осушения на тяжелых почвах. КД на тяжелых почвах позволяет перераспределить внутрипочвенный сток, что очень важно в предпосевной период для улучшения водно-воздушного режима почвы. КД часто применяется в сочетании с рыхлением почвы, закрытым дренажем, а также в качестве самостоятельного агрономелиоративного приема. Эффективность применения КД на засоленных землях отражено во многих исследованиях. [3,5,9,10]. Особое внимание заслуживает применение перекрестного кротования, эффективность которого отмечено в исследованиях ученых Англии [12].

Вопросы изучения эффективности использования КД на минеральных грунтах и торфяниках посвящены работы ученых УкрНИИГиМ, ЛатНИИГиМ, ВНИИГиМ, СевНИИГиМ [1]. Для нарезки КД были предложены и прошли испытания различные конструкции кротователей [9]: ДКН-2; ДКС-60; ДК-2; КДМ-4; М-2; ДКГ-55; МИ-1; ДКГ-100; КН-100; КН-700; КН-1200; Крот 3Р; Крот-9; Крот-5; Крот-А; ДКС-55; КН-2–140; Д-657; МД-6; КН-55; МН-2; КН-2; КЩ-2Б; КН-1; РК-1,2, РК-1,2М и др. Однако к широкому производственному выпуску в настоящее время допущен лишь кротователь марки Д-657 и КН-1. Первый торфяных почвах Белоруссии и Украины, второй на рисовых системах Краснодарского края. Следует отметить, что результаты исследований параметров КД весьма разноречивы. Так, на тяжелых почвах междуренное расстояние рекомендуется принимать в пределах от 1 до 3,0 м. По данным результата других исследователей междуренное расстояние принимается от 5 до 15 м. Весьма разноречивы рекомендации по глубине нарезки КД — мелкий КД 0,30–0,45 м, и дренаж глубиной более

Таблица 2.

Страна	Диаметр, см	Глубина, см	Расстояние, м	Вид засыпки материальных дрен
Австрия	10	60	3–5	Гравий (30 см)
Великобритания	6–10	50–70	3–5	Гравий, шлак (40 см)
Венгрия	5–10	70	2,5–5	—
Греция	12	50–60	15	—
Финляндия	5–10	50–60	3–4	Гравий
Германия	5–12	50–70	2–5	Гравий
Франция	5–8	70	4–10	Нет данных

0,5–0,6 м. Относительно диаметра КД по данным одних исследователей его принимать от 0,04 до 0,06 м, по другим от 0,07 до 0,1 м.

Для определения разработки параметров и технологии строительства аэрационного дренажа (АД) для аридной зоны учеными САНИИРИ (1952–1953 г.г.) Г.С. Чекулаевым и Е.Г.Царевой проведены исследования на хлопковом поле. Они установили за вертикальным ножом специальный нож, засыпающий щель, а для предотвращения разрушения полостей применяли цементный раствор. Однако щель не заполнялась до естественной структуры (монокита), из-за чего не был разрешен вопрос о защите дрен от заиливания, а применение цементного раствора не дало получить положительные результаты для обеспечения работоспособности дренажей в течение необходимого срока службы. Следовательно, в Туркменистане устройство АД практически не осуществляется из-за отсутствия рекомендаций и материалов исследований по разработке технологий его применения в аридной зоне [1]. Основные параметры КД приведены в таблице 2.

Практически КД во всех странах имеет одни и те же параметры, за исключением Греции и Франции, где расстояние между дренами принимаются в пределах 4–15 м. в остальных странах в КД междреннее расстояние колеблется в пределах 3–5 м при средней глубине заложения 60 см. Таким образом, анализируя результаты исследо-

ваний приходим к выводу, что нет единого мнения по выбору параметров КД, но при этом все исследователи без исключения подтверждают эффективность его применения для различных типов почв.

Теоретически более целесообразно принимать, те или иные параметры КД в зависимости от коэффициента фильтрации почвы. Однако, на практике сказывается более выгодно тратить дополнительные средства на совершенствование проекта, принимать расстояние между дренами меньше расчетного.

Таким образом, вопросам применения КД для тех или иных условий требуется проведение дополнительных исследований как по параметрам его выбора, так и по технологии. В частности для Туркменистана, где практически более 50% пахотных земель составляют тяжелые почвы, склонные по вторичному засолению улучшение мелиоративного состояния почв за счет проведения КД является неоспоримым. Выбор параметров КД и степень его воздействия водно-воздушный режим почвы на хлопковых системах будет значительно отличаться от тех, что получены на осушительных и оросительных системах: во-первых, по причине условий работы, т.е. выполняя функцию аккумулятора, обеспечивая тем самым экономию оросительной воды, а следовательно, и энергоресурсов; во-вторых, по обеспечению оптимальной аэрации тяжелых почв в комбинации с одновременно рыхлением.

Литература:

1. Данатаров А. Технология нарезки аэрационного дренажа и эффективность его работы в условиях аридной зоны. Дис. канд. тех. наук. Киев. — 1994. с.4–217.
2. Дуриков М., Ходжакулиев С. Глубина обработки луговых почв. Двухмесячный научно-производственный журнал. Хлопок. №1. 1992. — с.6–7.
3. Жовтоног И.С., Каленюк С.М. Дренажная сеть на рисовых оросительных системах. В кн.: Рис. — Киев: Урожай. 1943. — с.32–36.
4. Ирматов А., Катаев Б. Какая вспашка уменьшает засоренность. Двухмесячный научно-производственный журнал. Хлопок. №1. 1992. ВО Агропромиздат. — с.8–10.
5. Костяков А.Н. Основы мелиорации. 6-е изд., — М.: Сельхозгиз. 1960. — с.5–622.
6. Кудратуллаев А.В., Абдуллаев Р., Агакишиев Д. Система до посевной обработки, посев и уход за посевами. — Ашгабат: ЫлымГНИИ. 1990. — с.23–32.
7. Мурадов К.Н., Атаев А. Уплотнение почвы при возделывании хлопчатника. Проблемы развития АПК стран СНГ в современных условиях. 2009. Ашгабат. — с.134.
8. Муратов М.М., Байметов Р.И., Бибутов Н.С. Механико-технологические основы и параметры орудий для разуплотнения почвы. — Ташкент: 1988. — с. 3–99.

9. Сергеев А.И., Чеботарев М.И., Чумак П.К. Кротователь навесной КН-1. — Краснодар: ЦНТИ. 1981. — 13с.
10. Тулякова З.Ф., Штапкина И.К. Кротование и щелование как способы мелиорации солонцов при культуре риса. Новочеркасск. 1976. вып. XXI. — с. 146—152.
11. Халлыев А.Х., Халлыев С. А. Обработка опытных данных дисперсионного анализа по схеме двухфакторного эксперимента. ТСХИ. 1995. т.39. вып.4. — с. 70.
12. Trafford B.D. The application of synthetic materials to field drainage techniques and practices. Eight Congress on Irrigation and Drainage. — 1972. — Varna. — s. 27—30.

Кротование грунтов пассивными рабочими органами

Данатаров А., кандидат технических наук, докторант
Туркменский сельскохозяйственный университет

Хорошая аэрация является необходимым условием поддержания биологической активности почвы, кроме того, аэрация определяет корневое дыхание. Почвенный воздух, представляя собой газовую фазу почвы, принимает активное участие в почвенных процессах. Бесструктурной уплотненной почве антогонизм между водой и воздухом выражен особенно резко. Помимо структуры на содержание воздуха в почве влияет и плотность ее сложения, чем более уплотнена почва, тем меньше в ней воздуха; рыхление, естественно, усиливает аэрацию. Сельскохозяйственная культура (схк) рядом воздействий, ведущий к разрыхлению или уплотнению почвы, к созданию структуры сильно влияет на снабжение почвы воздухом. Важным моментом, влияющим на аэрацию почв является водопроницаемость слоев почвенного профиля [4].

Основное назначение аэрационного дренажа (АД) — улучшения водно-воздушного, солевого и теплового режимов тяжелых почвогрунтов с целью повышения плодородия и урожайности схк. Технология устройства АД должна призвана для обеспечения эффективности и долговечности его работы. Но до настоящего времени такой дренаж применялся и изучался лишь в зоне осушения в качестве кротового дренажа (КД), т.е. для отвода излишних вод. Влияние его на почвенные процессы в аридной зоне пока не исследовано, хотя важность проведения таких исследований диктуется насущными потребностями с/х производства. Кротование грунтов сопровождается рыхлением верхнего растительного слоя и формированием полости торпедоподобным пассивным рабочим органом. Основным типом рабочего оборудования для нарезки дрен является плоский нож с установленным в основании наконечником различной формы.

Применение КД обусловлено двумя причинами: отсутствие экономичного и удобного подвижного источника мощности, приводящего в движение плуг; ограниченная возможность контролирования плуга в работе. Принцип КД заключается в следующем. Тонкий лемех с имеющимся на его основании специальным устройством, формирует при движении лемеха устойчивый туннель. Это достигается за счет использования торпедообразного расширителя. Формирование кротовин происходит в процессе блокированного резания массива грунта. По теории Ю.А. Ветрова [3] процесс разрушения грунта возможно рассматривать как блокированное, полублокированное или свободное резание в зависимости от условий резания. При этом разрушение грунта рассматривается как сложный процесс, при котором происходит смещение частиц в сторону дневной поверхности — докритическая глубина резания и вдавливание частиц в стенки монолита грунта — критическая глубина резания.

Установлено, что резание грунта на глубине 30—40 см (докритической), т.е. с отделением стружки, энергетически более эффективно [8], чем при критической глубине резания. Характер разрушения грунта ножевыми рабочими органами определяется изменением параметров зоны пластической деформации перед лобовой поверхностью ножа [3]. Шемякин Е.И. [7] отмечает две зоны разрушения перед рабочим органом: первая зона примыкает к рабочей поверхности наконечника и характеризуется разрушением за счет раздавливания (снятие и переизмельчение грунта), вторая — зона трещинообразования (объем между первой зоной и цементом).

Буравцев В.Н. [5] и Томин Е.Д. [8] характеризуют два типа ядра уплотнения. Первое — ядро в виде нароста перемещается совместно с рабочим органом. Ядро вторичного типа перемещается по поверхности рабочего органа, уплотняя вытесняющий грунт вплоть до его разрушения. Ветров Ю.А. определил параметры прорези в зависимости от свойств грунта [3]. Установлено, что при блокированном резании прорезь имеет трапецеидальное сечение. Ровенский М.И. и Телушкин В.Л. установили зависимость параметров прорези от параметров рабочего органа [6]. Многочисленными исследованиями определен оптимальный угол резания рабочих органов пассивного действия, который находится в пределе от 30 до 35° [7].

С целью снижения сопротивления резанию рабочие органы рыхлителей и дренаукладчиков выполняют с траекторносмещенными элементами [8]. Выполнение режущих кромок зубьев смещенными относительно друг друга в направлении, обратном движению, позволяет по сравнению с традиционным сплошным ножом в 2 раза уменьшить уплотнение

грунта околошелевой зоны. При этом удельное сопротивление резанию составляет минимальное значение. Теоретический анализ работы рабочих органов со смещенными режущими элементами представлен в работах Баловнева В.И. [2] и Хмары Л.А. [6].

Для улучшения загрузки базовой машины в рыхлителях монтируют опережающие боковые зубья, максимальное заглубление которых меньше, чем среднего зуба (5). Однако, в силу того, что рабочие органы буксируются одновременно к существенному усилию тяги, расстановка режущих элементов по данной схеме не приводит. Весьма интересным является направление исследований по снижению тяговых условий на основе разработки новых способов формирования земляных дрен, что наряду с увеличением производительности позволяет значительно улучшить функционирование дрен по сравнению традиционными.

Снижение энергоемкости возможно достичь при образовании боковых борозд на 0,3 м глубины основного рыхления. Авторы не предложили аналитического решения, что затрудняет определить оптимальные параметры рабочего оборудования. Баладинским В.Л. установлено, что при рыхлении-кротовании влияние скорости резания при определении силы резания может не учитываться [1]. Основные положения теории резания грунтов изложены в работах Баловнева В.И., Ветрова Ю.А., Горячкина В.П., Долина А.Л., Домбровского Н.Г., Зеленина А.Н., Федорова Д.И., Турецкого Р.Л. и др. [2, 3, 5, 6, 9].

Рассмотрим аналитические и эмпирические решения данных положений на предмет исследования для разработки оборудования по устройству АД. При этом следует учитывать два основных подхода к выбору решения: во-первых, возможность максимального разрыхления почвы рабочим органом с целью возможности аккумуляции влаги в пахотном горизонте; во-вторых, обеспечение устойчивости работы КД без существенного снижения коэффициента фильтрации придренной части грунта с целью быстрого сброса излишка грунтовых и поверхностных сточных вод в период вегетации растений. Баловнев В.И. [2] взаимодействие рабочего органа со средой сопротивления представляет в виде суммы:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \quad (1)$$

где: P_1 — сопротивление, обусловленное проявлением массовых сил, величина которых пропорциональна кубу линейного размера системы; P_2 — сопротивление, обусловленное действием поверхностных сил, величина которых характеризуется предельными значениями сцепления, сдвига, отрыва и пропорциональна квадрату линейных размеров системы; P_3 — сопротивление, являющееся результатом действия сил пропорциональных единице длины и действующее в области лезвия и площадки износа; P_4 — силы, приложенные к системе сосредоточенно, например, сопротивление отдельных включений.

Определение сил сопротивления обусловлено разработкой эмпирических зависимостей на основе испытаний моделей разной величины в грунтах естественного залегания. На основе экспериментальных исследований получаем систему уравнений:

$$P_{1м} + P_{2м} + P_{3м} = P_m; P_{1м} k^3 l_1 + P_{2м} k^2 l_1 + P_{3м} k l_1 = P_{1м}'; P_{1м} k^3 l_2 + P_{2м} k^2 l_2 + P_{3м} k l_2 = P_{1м}'' \quad (2)$$

где: $k l_1 - k l_2$ — максимальные коэффициенты.

Рассчитав величины $P_{1м}$, $P_{2м}$, $P_{3м}$, можно определить сопротивление натурному образцу:

$$P_m = P_{1м} k^3 l + P_{2м} k^2 l + P_{3м} k l \quad (3)$$

Весьма эффективный способ расчета сил резания предложен Ветровым Ю.А. [3]. Метод Ветрова Ю.А. основан на процессе энергоемкости резания в центральной и боковой частях прорези. Среднемаксимальная сила резания определяется по зависимости:

$$P_m = P_{св} + P_{бок} + P_{бок.ср} \quad (4)$$

где: $P_{св} = p_{св} F_{св}$; $P_{бок} = p_{бок} F_{бок}$; $P_{бок.св} = p_{бок.св} h_{бок.св}$; P_m — среднемаксимальная сила резания; $p_{св}$, $p_{бок}$ — удельные силы разрушения грунта, соответственно, в лобовой части и боковых расширениях прорези, н/см²; $F_{св}$; $F_{бок}$ — площади лобовой и боковой части поперечного сечения прорези, см²; $p_{бок.св}$ — удельная сила среза грунта боковыми ребрами ножа, н/см²; $h_{бок.св}$ — суммарная длина бокового среза грунта, см.

$$F_{св} = BH \quad (5)$$

где: B — ширина среза, см; H — глубина среза, см.

Сила блокированного резания грунта простым острым ножом определяется по зависимости:

$$P_m = \mu m_{св} BH + 2m_{бок} H^2 + 2m_{бок.ср} H \quad (6)$$

где: $m_{св}$, $m_{бок}$, $m_{бок.ср}$ — опытные коэффициенты; φ — коэффициент, зависящий от угла резания.

При резании по полусвободной схеме, второй и третьей члены зависимости (6) уменьшаются вдвое, а при свободном резании остается только первая составляющая. Опытные коэффициенты определяются в результате испытаний, некоторые из которых приведены в таблице 1.

Расчет сил резания сложными ножами определяется по зависимости:

$$P_m = P_{св} \sum_{i=1}^n F_{свi} + P_{бок} \sum_{i=1}^n F_{бокi} + P_{бок.ср} \sum_{i=1}^n L_{боксрi} + \sum_{i=1}^n P_m L_{лизмi} \quad (7)$$

где: $F_{свi}$, $F_{бокi}$, $L_{боксрi}$, $L_{лизмi}$ — частные площади и длины линий среза.

Таблица. 1. Значение коэффициентов для различных типов грунтов

Тип грунта	$m_{св}$	φ	k_3
Суглинок коричневый	9,7	0,78	0,82
Тяжелый суглинок коричневый, влажный	5,4	0,66	0,8
Глина коричневая, влажная	3,1	0,66	0,90–0,94
Серо-зеленая мергелистая глина	17,4	0,78	0,82
Аргелит	6,4	0,78	—

Предложенные зависимости по данным Баловнева В.И. [2] дают большую сходимость с экспериментальными данными. Среднее значение силы резания определяется по формуле:

$$P_{cp} = k_3 P_m \quad (8)$$

где: $k_3 = P_{cp} / P_m$ — коэффициент энергоёмкости.

Для определения численных значений силы резания Зеленин А.Н. [5] предложил использовать следующую зависимость:

$$P = Ch^{1,35} (1 + 0,1B) \left(1 - \frac{90^\circ - \alpha}{180^\circ}\right) \beta \quad (9)$$

где: C — коэффициент, численно равный количеству ударов плотномера ДорНИИ для данного грунта; h — глубина резания; α — угол резания; B — ширина профиля; β — коэффициент, учитывающий угол заострения профиля.

Структура этой формулы соответствует увеличению силы резания с увеличением глубины [5]. Многими учеными предпринимаются попытки разработки аналитической теории резания грунта. Одно из основных направлений основывается на положениях теории предельного равновесия грунтов, связанных с определением пассивного давления грунта на подпорные стенки. Критерием равновесия в этой теории служит известный закон Кулона-Мора:

$$\tau_n = \sigma_n \operatorname{tg} \rho + C_w \quad (10)$$

где: τ_n — касательное напряжение в рассматриваемой точке сыпучей среды; σ_n — нормальное напряжение; ρ — угол внутреннего трения; C_w — коэффициент сцепления.

Однако, применение аналитических зависимостей в практических расчетах весьма ограничено. Они используются либо для ориентировочных расчетов [3], либо для оценки перспективных моделей рабочих органов машин. Использование аналитических зависимостей затруднено в первую очередь сложностью определения характеристик грунта и громоздкостью расчетов [2].

Таким образом, разработка методов инженерных расчетов может базироваться на интегральных показателях свойств. При этом наиболее приемлемым способом определения сил резания является метод физического моделирования [6].

Литература:

1. Баладинский В.Л. Динамическое разрушение грунтов. — К.: КГУ, 1971. — 146с.
2. Баловнев В.И. и др. Эффективное рыхлительное оборудование. //Механизация строительства. — 1982. — №5. — с. — 20–21.
3. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. — М.: Машиностр. 1971. — 360 с.
4. Возбуждая А.Е. Химия почвы. Издательство. Высшая школа. Москва. 1968. 289с.
5. Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Керов Н.П. Машины для земляных работ. — М.: Машиностроение. 1975. — с.72–98
6. Данатаров А. Технология нарезки аэрационного дренажа и эффективность его работы в условиях аридной зоны. Дис. к.т.н. Киев. — 1994. с.4–217.
7. Шемякин Е.И. К изучению механики разрушения прочных горных пород ударными нагрузками. //Вопросы механизма разрушения горных пород. — Новосибирск: 1976. с.3–14.
8. Томин Е.Д. Бестраншейное строительство закрытого дренажа. — М.: Колос. 1981. — 118 с.
9. Турецкий Р.Л. Резание мелиорируемых грунтов и интенсификация рабочих процессов машин для осушения и освоения земель Нечерноземной зоны: А/р.дис.д.т.н. Минск. — 1981.

Агротехнические требования рыхлителя-кротователя

Данатаров А., кандидат технических наук, докторант
Туркменский сельскохозяйственный университет

Великий русский ученый академик Д.Н. Прянишников считал, что «всякая культура земледелия возможно лишь на основе использования результатов, по крайней мере, трех смежных наук: учения об удобрениях; физиологии растений и селекции и науки об обработке почвы. Грамотное применение удобрений возможно лишь при правильно выбранных приемах и системы обработки почвы. Приемами механической обработки почвы создаются благоприятные физические, физико-химические и биологические условия в почве. При помощи этих приемов обеспечивается эффективная борьба сорняками и усвоение растениями питательных веществ» [2].

Обработка почвы — один из важнейших факторов в системе мероприятий по обеспечению высокой культуры земледелия и получению гарантированных урожаев с/х. Качество обработки почвы, в свою очередь, зависит от технологии ее проведения и средств механизации ее осуществления с агротехническими требованиями данной культуры. Так как орошаемое земледелие Средней Азии в основном специализировано на производстве хлопко-сырца, то для хозяйств среднеазиатской аридной зоны задача удовлетворения агротехнических требований, обусловленных возделыванием хлопчатника, является одной из наиболее важных.

Многими исследователями были изучены физико-механические свойства пахотного слоя в зоне хлопко-сеяния, в их числе С.Н. Рыжов, И.В. Ревут, А.К. Кошкарёв, Г.М. Рудаков, Р.И. Байметов, А. Джураев, М.В. Мухаммеджанов, С. Сулейманов, М.М. Муратов, Н.С. Бибутов, А. Закиров, В.П. Кондратюк, К.М. Мансуров, В.А. Сергиенко и др. [2,3,4,5,6]. Подпахотный горизонт в период его обработки изучали М.М. Миркасимов и А.С. Шох [10]. Эти авторы установили, что физико-механические свойства подпахотного горизонта значительно отличаются от свойств пахотного слоя по влажности, плотности и коэффициенту фильтрации.

При глубокой обработке корневая система хлопчатника развивается в благоприятных условиях, мало деформируется, не сдавливается, меньше изгибается. Так по данному М.В. Мухаммеджанова и С. Сулейманова [4] при вспашке на глубину 30 см и рыхление почвы до 55 см количество стержневых корней направленных вертикально вниз почти без деформаций было 4 раза больше чем при вспашке на глубину 30 см без рыхления. Опыты А. Джураева [3] подтвердили, что рыхление подпахотного горизонта до 50 см дало возможность корням хлопчатника проникать в глубину до 190 см, что привело к увеличению урожаев хлопка-сырца. К такому выводу пришел и А.К. Камилова [6], в его опытах рыхления до 50 см в сочетании с вспашкой на 30 см способствовало выходу корней хлопчатника за пределы подпахотного горизонта, в толще до

120 см накопилось корней на 27–36% больше. Развитие корней способствовало накоплению корбочек и повышению урожайности хлопчатника.

Глубокое рыхление почвы снижает плотность и обеспечивает повышение общей скважности за счет порозности. Так А. Закирова [5] установил, что общая порозность в слое 30–60 см до рыхления была равна 45,8%, после рыхления 50,3% и это повысило водопроницаемость почвы по сравнению с обычной вспашкой при рыхлении на 40 см на 3,5%, на 55 см 15,2%. После разрушения подпахотного горизонта запасы влаги на незасоленных сероземах возрастали на 300–350 м³/га, в условиях луговых почв — до 185 м³/га. Увеличение запаса влаги в почве в начале вегетации, во-первых, позволило не применять подпитывающий полив, во-вторых, оттянуть начало первого вегетационного полива на 6–12 дней. К этому времени при достигнутой высоте хлопчатника можно нарезать поливные борозды на предельную глубину [6].

Марыйский велаят — одним из крупнейших хлопководческих районов Туркменистана с благоприятными условиями. Однако возделывание монокультуры, уплотняющее воздействие на грунт МТА отрицательно сказывается на водно-воздушном, тепловом и солевом режиме почвы, условиях минерального питания растений, что ведет к уменьшению корнеобитаемой зоны и снижению урожайности хлопчатника. Снижается эффект удобрений, уменьшается коэффициент фильтрации, затруднено рассоление почв, увеличивается расход промывных и поливных воды, эрозия почв, возрастает затраты на обработку почвы.

Для проведения исследований в качестве базовых объектов нами подобраны совхозы имени Магтымгулы, «Ак-Алтын», «Целинный» Каракумского этрапа [2]. Почвы этих хозяйств характеризуются низким уровнем залегания ГВ, засоление и средnezасоленные, имеют тяжелый механический состав, в сыром состоянии они вязки, в сухом — плотны. Верхний слой почвы глубиной залегания до 0,39 м в основном легкий и средний суглинок, а в горизонте от 0,3–0,6 м содержится преимущественно тяжелый суглинок и глины, в основном однородные, содержание физической глины в пределах от 38,99 до 75,06 %. Плотность скелета грунта от 1,81 до 2,28 г/см³, влажность от 7 до 13%, коэффициент фильтрации — 0,01 м/сут.

Исследования, проведенные в 1990–1994 г.г. в совхозах имени Магтымгулы, «Ак-Алтын», «Целинный» Каракумского этрапа, позволили более основательно установить грунтовые условия участков. Механический анализ почвы устанавливали отбором образцов на глубине 80 см через каждые 10 см с четырехкратной повторностью. Результаты анализов по определению грунтовых условий участков представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты анализов по определению грунтовых условий исследуемых участков

По пашне			По не вспаханной почве		
глубина отбора образцов от поверхности земли, см	влажность, %	объемная масса, г/см ³	глубина отбора образцов от поверхности земли, см	влажность, %	объемная масса, г/см ³
10	0,9	1,81	10	7,0	2,19
20	10,8	1,94	20	9,8	2,22
30	11,8	2,05	30	12,1	2,28
40	11,0	2,08	40	12,5	2,23
50	11,6	2,05	50	13,0	2,26
60	11,4	2,18	60	12,1	2,27
70	12,1	2,09	70	13,7	2,19
80	13,2	2,01	80	14,1	2,17

Таблица 2. Гранулометрический состав морфологических слоев почвы

Глубина отбора образцов, см	Фракции в мм							
	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	0,001	0,001	физ. глины 0,01
0–10	0,15	2,60	23,12	15,14	8,17	18,25	32,57	38,99
10–20	0,14	2,63	21,23	15,64	8,32	18,88	33,16	60,36
20–30	0,15	2,11	11,92	12,75	7,54	24,55	40,98	73,07
30–40	0,13	1,12	11,23	12,70	7,52	26,12	41,14	74,78
40–50	0,12	0,82	6,88	17,15	7,54	26,18	41,34	75,06
50–60	0,12	0,81	6,47	18,21	7,58	24,68	32,13	74,39
60–70	0,14	0,83	8,20	18,15	7,78	23,17	41,73	72,68
70–80	0,15	0,85	10,26	17,75	7,14	21,23	42,62	70,99

Содержание частиц от 1 до 0,001 мм в почвогрунтах на участках приведены в таблице 2.

Как видно из материалов таблиц 1 и 2 ниже пахотного слоя находятся уплотненный горизонт, который отрицательно воздействует на рост хлопчатника и формирование корневой системы, т.к. сильно затрудняется просачивание проливной и поливной воды и атмосферных осадков в подпахотные слои, из-за чего значительно уменьшается запасы влаги, ухудшается воздухообмен в корнеобитаемых зонах, а стержни главных и боковых корней хлопчатника, доходя до уплотненного горизонта, вынуждены изменять направление роста в сторону менее уплотненных слоев. В таких условиях корни хлопчатника развиваются, главным образом, в пахотном слое и подвергаются частому иссушению в знойный летний период. А.С. Кушнарев остановился на исследованиях последствия переуплотнения пахотных и подпахотных почв и пришел к выводу, что процесс разуплотнения важное значение оказывает на повышение плодородия почв, увеличение в них гумуса, создание глубокого окультуренного пахотного слоя и увеличение основных свойств почвы.

При исследованиях опытных участков было установлено, что в связи с уплотнением подпочвенных слоев разрушается естественная структура почв. Если при естес-

твенной структуре почвы наряду с влагой, заполняющей капилляры внутри агрегатов, остается пространство для аккумуляции воздуха в крупный порок между агрегатами, то с уплотненным слое содержание воздуха в почве значительно снижено и счет практической ликвидации между агрегатной пористости, чем сильнее уплотнена почва, тем меньше в ней аккумулируется воздуха и воды.

Как известно, насыщение воздухом происходит за счет поступления его под воздействием атмосферного и гидравлического давления воды в грунте. Из-за образования уплотненного подпахотного горизонта воздух не насыщает почву, т.к. очень затруднено проникновение его на требуемую глубину через сильно уплотненный подпахотный слой. Это приостанавливает жизнь всего живого, в частности, растений и микроорганизмов, т.к. в почвенном воздухе создается дефицит кислорода, необходимого для обеспечения нормального развития корневой системы растений и интенсивного протекания аэробных и микробиологических, окислительных процессов. Рыхление почвы усиливает аэрацию. При возделывании хлопчатника почва подвергается ряду воздействий, ведущих к ее разрыхлению, т.е. к созданию структуры, способствующей повышению воздухонасыщения. Пути и способы борьбы с уплотнением почвогрунтов следует свести к

трем направлениям: снижение уплотнения почвы; предотвращение; разуплотнение.

По первому направлению проводится исследования в области совершенствования ходовой системы энергетических и транспортных агрегатов, снижение их массы, применяя широкозахватные и комбинированные способы обработки почвы, использование технологической колеи для возделывания с/х. По второму направлению — предотвращение уплотнения почвы, до настоящего времени мало разработок, если не считать технологию нулевой обработки и мостовое земледелие. За рубежом данному вопросу придается большое практическое значение. По третьему направлению разуплотнения проводятся работы естественным путем и механическое рыхление.

Результаты исследований И.С. Рабочева [8] свидетельствуют о том, что уплотненный слой почвы затрудняет вымыв из нее солей, поэтому рекомендовал проводить глубокую вспашку. Д.Ш. Шерипов и В.К. Гафуров подчеркивали [9], что в аридных условиях необходима разработка системы мероприятий, направленных на улучшение водно-физических свойств почв, что позволит повысить урожайность с/х и коэффициент использования оросительной воды.

Таким образом, с целью недопущения указанных последствий, необходимо строго соблюдать агротехнические требования к проведению аэрационного дренажа (АД). Еще А.Н. Костяков [7] подчеркивал, что соблюдение агротехнических мероприятий при проведении нарезки АД дает возможность обеспечить комковатую структуру почв, водно-воздушный и тепловой режим, уменьшить содержание солей в верхних слоях и испарение влаги, усиливает корневую систему. Исследованиями установлено, что водообеспеченность хлопчатника значительно увеличивает транспирацию, фотосинтез, дыхание и рост. Глубокий окультуренный пахотный слой позволяет корневой системы растений глубже проникать в почву и лучше усваивать запасы воды и необходимые элементы питания.

На современном этапе интенсификации земледелия наиболее перспективны в мелиоративном улучшении земель посредством проведения кротования и глубокого рыхления. Данные агротехнические мероприятия следует применять как дополнение к закрытому дренажу, что позволяет также увеличить расстояние между материальными дренами в 1,5–2 раза. По мере окультуривания дреназированной тяжелой почвы необходимость усиливающих действий дренажа и агротехнических мероприятий постепенно уменьшается, однако его проведение должно периодически повторяться.

Одним из таких перспективных мероприятий, позволяющих коренным образом изменить состояние почв в хлопководческих хозяйствах среднеазиатской аридной зоны, является АД, аэрационная полость которого, кротовина, расположена ниже уплотненного подпахотного слоя. Как известно, прокладка кротовин сопровождается созда-

нием зоны рыхления на глубину 35–40 см от поверхности грунта. Обычно зона рыхления соединяется с кротовиной щелью шириной 20–30 см, составленной ножом кротователя. Кротовины, проложенные на определенном расстоянии друг от друга, обеспечивают необходимую аэрацию корнеобитаемой зоны. Однако, в зонах орошаемого земледелия АД практически не нашел применения из-за несовершенства его конструкции и эксплуатационной устойчивости кротовин.

Вместе с этим в последние годы преимущественное распространение получило кротование пассивными ножами рабочими органами благодаря их простоте и надежности в конструкции. Разработка конструкции кротователей шла, в основном, по пути исследования базовых машин с большой силой тяги. Следует отметить, что увеличение силы тяги базовых машин не в полной мере соответствует повышению их эффективности по сравнению со стоимостью. При этом наличие тракторов большого класса тяги в мелиоративных организациях весьма ограничено, а увеличение их не оправдывает себя, т.к. они не могут быть задействованы на других видах работ из-за отсутствия набора соответствующего навесного оборудования. В тоже время в хозяйствах имеется резерв тракторов меньшего класса тяги, которые можно задействовать на выполнении работ по мелиоративному улучшению земель. Поэтому было высказана гипотеза о возможности улучшения мелиоративного состояния земель за счет нарезки АД с использованием тракторов меньшего класса тяги и специализированных кротователей.

Как известно из эксплуатационной практики и отмечено в трудах многих исследователей, технология устройства АД должна обеспечивать эффективность и долговечность его работы. Но до настоящего времени такой дренаж применялся и изучался в работе лишь в зоне осушения в качестве КД, т.е. для отвода излишних вод. Влияние его на почвенные процессы в аридной зоне пока не исследовано ни агрохимическом, ни в техническом плане, хотя проведение таких исследований диктуется насущными потребностями с/х производства, необходимостью успешного развития хлопководства в Туркменистане и странах Средней Азии, что представляет значительный научный и практический интерес.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что на хлопководческих староорошаемых уплотненных почвах необходимо проводить комплекс агротехнических мероприятий, направленных на улучшение мелиоративного состояния грунтов. Одним из основных является АД, требования к конструкции и технологии нарезки которого не в полной мере изучены и обоснованы для условий аридной зоны.

Анализ современного состояния АД в аридной зоне показывает, что существующие способы его поведения, применяемое специализированное оборудование, рабочие органы весьма разнообразны и не нашли широкого применения в сельском хозяйстве, т.к. нуждаются в существенном усовершенствовании. Нарезка дренажных по-

лостей сопровождается нарушением естественной структуры и фильтрационной устойчивости окружающей среды из-за ее уплотнения дренами, при этом полости быстро разрушаются и смыкаются. Наддренная щель, оставаемая вертикальным ножом рыхлителя, остается незаделанной, и поступающая по ней вода приводит к быстрому заиливанию кротовин. Эти отрицательные явления наиболее полно проявляются при строительстве и эксплуатации АД в хлопководческих зонах орошаемого земледелия. Практическая работа по устранению указанных недостатков осложнена отсутствием достаточного полного научного обоснования по выбору оптимальных параметров дренажа и рабочих органов технических средств для его нарезки. Влияние АД на почвенные процессы в аридной зоне в условиях искусственного орошения пока не изучено. Нет достаточного обоснования основных параметров АД, а также технологии его устройства на полях хлопководства с искусственным орошением в аридной зоне.

Для решения поставленной цели необходимо решение следующих задач: разработка методик исследования и обоснования конструкции АД, технических средств для его нарезки; экспериментальные исследования АД, выбор

и обоснование основных параметров; разработка методики определения устойчивости кротовых полостей и остаточной разрыхленной толщи грунта; определение аккумулирующей способности АД и эффективности использования промывной и поливной воды в зависимости от конструкции и технологии его устройства; выбор рациональных схем и конструкции кротодренажных машин для реализации результатов исследований; оптимизация технологии нарезки АД, обеспечивающего качественное улучшение мелиоративного состояния староорошаемых земель и фенологические наблюдения на фоне АД.

Исходя вышеизложенного, агротехнические требования к разрабатываемой конструкции АД и технологии его прокладки в условиях аридной зоны должны учитывать: формирование рабочих полостей /дрен/ с неуплотненными стенками, без разрушения монолитной структуры грунта; достаточно полную и надежную заделку щели, оставаемую ножом кротователя; создание кротователя, способного эффективно нарезать АД с использованием в качестве базовых тракторов наиболее широко распространенных в хлопководческих хозяйствах Туркменистана [1,2].

Литература:

1. Данатаров А., Сапаров К.Б. Устройство аэрационного дренажа в аридной зоне. Мелиорация и водное хозяйство. Межд. научный журнал №2. Москва. 1994. — с. 24–25.
2. Данатаров А. Технология нарезки аэрационного дренажа и эффективность его работы в условиях аридной зоны. Дис. канд. тех. наук. Киев. — 1994. с. 4–217.
3. Джураев А. Глубокое рыхление почвы как средство борьбы с плужной подошвой на хлопковом поле. А/р. дис. канд. сельхоз. Наук. Ташкент. — 1966. 20 с.
4. Мухаммеджанов М.В., Сулейманов С. Корневая система и урожайность хлопчатника. Ташкент. Узбекистан. 1978. — с. 328.
5. Закиров А. Рост, развитие и продуктивность хлопчатника в зависимости от глубокого рыхления и послойного внесения удобрений. А/р. дис.д.с/х.н. Т. — 1974. 52 с.
6. Муратов М.М., Байметов Р.И., Бибутов Н.С. Механико-технологические основы и параметры орудий для разуплотнения почвы. — Т: изд. Фан. 1988. — с 3–99.
7. Костяков А.Н. Основы мелиорации. 6-е изд., — М.:Сельхозгиз. 1960. — с.5–622.
8. Рабочев И.С. Мелиорация засоленных почв. — Ашгабат: Туркмениздат. 1964. — с. 8–25.
9. Шерипов Д.Ш., Гафуров В.К. Мелиоративный режим почв аридной зоны. — Ашгабат: Ылым. 1983. — с.8–102.
10. Шох А.С. Физико-механические свойства почвы как среды для работы каналакапателя: Труды САИМЭ. — Вып.9. — 1972. с.54–62.

Анализ исследований по надежности работы аэрационного дренажа

Данатаров А., кандидат технических наук, докторант
Туркменский сельскохозяйственный университет

Мы провели многолетние теоретические и экспериментальные исследования, чтобы обосновать параметры технических средств обеспечивающих разрыхление уплотненного пахотного и подпахотного горизонта почвогрунтов в условиях аридной зоны или в зоне орошаемого земледелия [6]. Выбор способа, глубины и периодич-

ности глубокой обработки должен вестись с учетом конкретных условий данного поля.

Исследования проводились ими в различных почвенно-климатических зонах хлопкосеяния. Л. П. Белякова и др. пришли к выводу о том, что под влиянием обработки подпахотного горизонта создается более мощный

корнеобитаемый слой почвы, что обуславливает повышение урожая возделываемых культур [6]. Агрометриативные мероприятия обеспечивают отвод избыточных вод, способствуют улучшению аэрации и накоплению в почве полезной для растений влаги [7].

Надежность работы аэрационного дренажа (АД) во многом определяется устойчивостью кротовых дрен (КД) [5,6]. По устойчивости КД есть много разноречивых сведений. При этом они касаются категории грунта, в котором закладываются дренажи, влажности почвы, условиям работы КД, уклона дрен и т.д.

Так, в зоне осушения на суглинистых почвах КД подвержены заиливанию на первый год после его прокладки [6]. Весьма иные показатели долговечности КД на низинных болотах, где срок их действия оценивается 8–10 годами. Аналогичные результаты исследований долговечности КД получили Л.В. Чеханович, Н.С. Игнатович, А.И. Ивицкий. В части минеральных грунтов по данным Д.С. Ласточкина и А.А. Махарадзе кротовины поддерживают свою работоспособность в течение 3–5 лет. По данным Г. Хоуп на почвах тяжелого механического состава КД может служить от 20 до 50 лет. Однако, эти сроки работы дрен были под сомнением, о чем свидетельствуют дополнительные исследования автора.

В Австрии, Германии, Англии, Японии КД функционируют в течение 4–20 лет. Установлено, что на устойчивость работы КД влияют различные факторы: почвы; влажность почвы; время устройства КД; процентное содержание глинистых частиц в почве; тип рабочего органа – формователя и уклон дрен. По данным одних ученых, КД следует нарезать осенью до наступления затяжных дождей, однако, другие исследователи считают, что КД обладает наибольшей эффективностью при нарезке весной.

В Англии КД рекомендует проводить в почвах с содержанием глинистых частиц свыше 25%. При этом КД наиболее устойчив при заложении его в однородной глине. Отмечено, что при содержании в почве прослоек песка, гравия, гальки КД малоустойчив и срок службы его весьма ограничен. Большое значение для устойчивости КД имеет влажность грунта в момент закладки дрен. Относительно влажности грунта, при которой следует проводить кротование имеются весьма разноречивые мнения. Так, по результатам исследований Соколовская Л.Н. [8] на тяжелых грунтах и среднесуглинистых почвах, при влажности грунта 20–25% от относительно сухой массы, которые дренажи обладают наибольшей устойчивостью и водопрочностью.

По данным Глотова М.Н. [4] КД наиболее устойчив при влажности почвы в пределах скатывания. Однако, Кривосов И.М. [7] утверждает, что грунт должен находиться в пластичном состоянии. Весьма неоднозначны результаты исследований Сакович Ф.И. и Бальчюнас А.И. [2] о закладке КД. Бальчюнас А.И. рекомендует нарезать КД при пониженной влажности и уровне ГВ ниже уровня дрен, что позволяет получить качественные дренажи, т.к. при этом кротователь хорошо формирует полость кротовины. В за-

рубежной практике отмечено, что во влажных пластичных почвах боковое действие взрыхления отсутствует, и КД формируется безупречно. На сухих почвах действие плуга иное, преобладает взрыхление и дренаж формируется некачественно.

Для повышения устойчивости кротовин многими учеными предлагается вводить в стенки дрен структурообразующие вяжущие вещества. Однако, высокая стоимость вяжущих веществ затрудняет повсеместное внедрение данного способа крепления кротовин. Известен опыт устройства КД термическим методом. В качестве источника тепла применяются кислородно-керосиновая смесь, сгорающая в горелках ракетного типа и оплавливающая стенки кротовин. Данный способ крепления кротовин весьма энергоемкий.

Устойчивость КД определяется уклоном заложения [6]. По данным исследований в Польше уклон КД принимается порядке 0,0015, за счет чего повышается их долговечность. При нулевом или обратном уклонах дренажи заиливаются практически на 80%. Ученые СНГ закладку КД рекомендуют проводить с уклонами от 0,0015 до 0,006. В Австрии и Англии КД нарезают с уклоном в пределах от 0,003 до 0,006. По данным многих ученых качество формирования КД во многом определяется системой навески рабочего оборудования, скоростью перемещения тракторного агрегата, расположением КД оборудования относительно базовой машины.

Эффективность работы КД определяется и положением кротовин относительно материального дренажа. КД нарезают таким образом, чтобы они пересекали дренирующий слой, что дает возможность ускоренного стока и быстрого опорожнения кротовин. При выходе кротовин в открытый коллектор их закрепляют гончарной трубкой. Длину укрепленного устья делают от 1,0 до 1,5 м. Установлено, что подпор или закрытие устья грунтовым откосом открытого коллектора оказывает отрицательное воздействие на устойчивость кротовин из-за переувлажнения.

Астапов С.В. [2], Глов М.Н. [4] и Бесков Н.Х. [3] считают, что заиливание КД обусловлено вследствие эрозии грунта через ножевую щель, в период паводка и дождей, которая по сравнению с монолитом грунта имеет на несколько порядков выше коэффициент фильтрации. О влиянии КД на водопроницаемость почвы и увеличение коэффициента фильтрации отмечено в работах Бальчюнаса А.И., Брусиловского Ш.И., Изергина А.Л., Кривосова Н.М. [8] и др.

Повреждение профиля КД происходит также вследствие местного оплывания. Аналогичные результаты получены и исследователями Англии, где отмечено, что при впадении осадков почва быстро пропитывается влагой, и стенки дрен основательно оплывают, вследствие чего кротовины выходят со строя. В разрушении КД особое место занимают периоды замерзания и оттаивания почвы. Соколовская Л.Н. [8] в ходе исследования установила, что промерзание грунта не оказывает основной роли на разрушение КД.

Особое значение по надежности и эффективности работы КД имеет способ их нарезки. Так известен способ изготовления земляных дрен с помощью закрепленного на ноже дренажной машины комбинированного режуще-выдавливающего устройства путем вырезания на высоте изготавливаемой дрены земляного тела и помещения его в пустом пространстве, выдавленном под земляным телом, рядом с ним или над ним.

Так как КД по своим свойствам близка к теоретически идеальной дрене, то ясно, что усилия многих ученых направлены на изыскание средств и способов повышения долговечности КД. В этом направлении предложены способы повышения устойчивости стенок КД различного рода химмелиорантами, обжиг стенок кротовин, ввод в полость кротовин полиэтиленовых труб и т.д. Однако, все эти способы не получили широкого распространения из-за высокой стоимости как вводимых химмелиорантов, труб, а также высокой энергоемкости термических или иных методов крепления стенок кротовин. Однако, идея «безтрубных» дрен остается и до настоящего времени одним из прогрессивных направлений в совершенствовании строительства закрытых дренажных систем.

Староорошаемые земли аридной зоны Туркменистана находятся в условиях близкого залегания ГВ и относятся к тяжелым почвам, которые имеют большую потенциальную опасность вторичного засоления. Рассоления таких почв обычными поливами не дают положительного эффекта, так как подпахотная подошва грунта, образовавшаяся в результате многократной вспашки на глубине 30–35 см препятствует вымыву солей в нижние грунты. Трудные в мелиоративном отношении грунтовые условия, характеризующиеся низкой естественной дренированностью и аэрацией, не позволяют получать стабильные урожаи с/х продукции. Весьма наглядно это предусматривается на мелиоративной обстановке земель аридной зоны.

Создание новых и совершенствование существующих почвообрабатывающих рабочих органов невозможно без учета физико-механических свойств почвы. Поскольку физико-механические свойства почвы подпахотного слоя отличаются от свойств пахотного слоя, мы решили изучить такие физико-механические свойства подпахотного слоя, как влажность, твердость, коэффициент трения

почвы о сталь и почвы о почву, удельное сопротивление почвы сдвигу и др.

Содержание влаги в почве в значительной степени влияет на ее механическую прочность и, следовательно, на качество ее обработки. Почвы с малым содержанием влаги имеют большую механическую прочность, поэтому при их обработке образуется множество глыб, крупных комков, тяговые сопротивление почвообрабатывающего орудия растет. Влажная почва из-за значительной пластичности крошится плохо, залипает на поверхность рабочих органов.

Анализ современного состояния АД в аридной зоне показывает, что существующие способы его проведения, применяемое специализированное оборудование, рабочие органы весьма разнообразны и не нашли широкого применения в сельском хозяйстве, так как нуждаются в существенном усовершенствовании. Нарезка дренажных полостей сопровождается нарушением естественной структуры и фильтрационной устойчивости окружающей почвы из-за ее уплотнения дреном, при этом полости быстро разрушаются и смыкаются. Наддренная щель, оставаемая вертикальным ножом рыхлителя, остается не заделанной, и поступающая по ней вода приводит к быстрому заилению кротовин. Эти отрицательные явления наиболее полно проявляются при строительстве и эксплуатации АД в хлопководческих зонах орошаемого земледелия. Практическая работа по устранению указанных недостатков осложнена отсутствием достаточно полного научного обоснования по выбору оптимальных параметров АД и рабочих органов технических средств для его нарезки. Влияние АД на почвенные процессы в аридной зоне в условиях искусственного орошения пока не изучено. Нет достаточного обоснования основных параметров АД, а также технологии его устройства на полях хлопководства с искусственным орошением в аридной зоне.

Таким образом, основным направлением повышения надежности работы АД является повышение устойчивости полостей кротовин в процессе их формирования, так и обеспечение безградиентного фильтрационного потока наддренной щели. В этой части необходимо разработка новой конструкции дрены и рабочего оборудования для ее прокладки.

Литература:

1. Астапов С.В. Устойчивость кротовых дрен при закладке кротового дренажа. — В кн.: Кротовый дренаж. — М.: 1943. — с.79–97.
2. Бальчюнас А.И. Кротование минеральных тяжелых почв. — Обзорная информация ЦБНТИ Минводхоза СССР. 1979. — №14. с. 3–76.
3. Бесков И.Х. Кротование почв и центрально-черноземной полосе. — Вестник сельскохозяйственной науки. 1957. — №5. — с. 96–102.
4. Глотов М.Н. Кротовый дренаж и его применение. В. кн. Кротовый дренаж. — М.: 1943. — с.8–71.
5. Данатаров А. Оптимизация параметров и эффективность рыхлителя-кротователя в условиях аридной зоны. Международный научно-практический журнал №2. Проблемы освоения пустынь. Ашгабат. 2001. с.91–94.
6. Данатаров А. Технология нарезки аэрационного дренажа и эффективность его работы в условиях аридной зоны. Дис. канд. тех. наук. Киев. — 1994. с. 4–217.

7. Кривоносов И.М. Особенности дренирования слабопроницаемых почв. —Труды СевНИИГиМ. Л.: 1957. — вып.12. — с. 307—324.
8. Соколовская Л.Н. Осушение земель комбинированным дренажем. — М.: Колос 1966. с.81.

Методика лабораторных исследований разрушения грунта в процессе рыхления-кротования

Данатаров А., кандидат технических наук, докторант
Туркменский сельскохозяйственный университет

Для проведения исследований процесса резания грунта был использован грунтовый канал (ГК) рис.1, состоящий из железобетонной емкости 1 прямоугольного сечения, заполненный грунтом 7. Вдоль ГК на консольных опорах установлена рельсовая колея 2. ГК оснащен оборудованием системы верхнего и нижнего увлажнения в условиях, близких к полевым. На рельсовый колее установлена передвижная тележка 3, на который крепится кротователь-рыхлитель. Тележка перемещается с многоскоростной лебедкой тросом 6. Лебедка 5 состоит из трехскоростного двигателя 9, коробки скоростей 10 автомобиля ЗИЛ-130, редуктора 11, барабана 12. Лебедка может обеспечивать реверсивное передвижение тележки (18 положений).

При подготовке ГК грунт доводят до однородного состояния, производя разравнивание грунта, увлажнение и уплотнение. До однородного состояния грунт доводится при помощи его предварительного разрыхления на всю ширину ГК одновременно. Для этого зубья рыхлителя опускают на

максимальную глубину, а в последующем осуществляют последовательные проходы тележки с опущенным рыхлителем до получения однородной массы грунта без комков. В процессе разрыхления проводят необходимое увлажнение грунта, подводя воду через систему увлажнения при движении тележки с постоянной скоростью.

По шаблону в трех точках по ширине ГК и через 3 м по его длине отбираются пробы для уточнения влажности. Следовательно, при последовательных проходах тележки грунт необходимо разравнивать отвалом. Далее грунт уплотняют механическим способом и измеряют плотность с помощью стандартного ударника ДорНИИ. После подготовки грунта на тележке закрепляют лабораторную установку с рыхлителями дренажами и соответствующую измерительную аппаратуру.

Для проведения исследования процесса разрушения почвогрунта в ГК рабочими органами рыхлителя-кротователя были использованы различные конструктивные

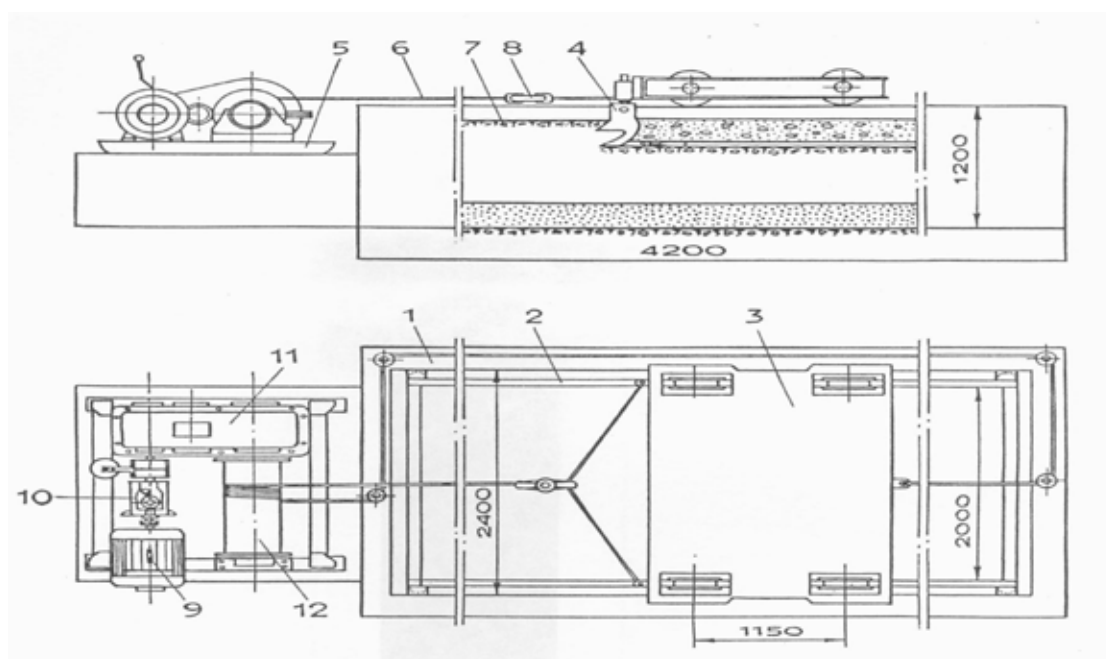


Рис. 1. Конструктивная схема ГК и кротовательной установки

1-железобетонная емкость; 2-рельсовая колея; 3-передвижная тележка; 4-кротователь-рыхлитель;
5-тяговая лебедка; 6-трос; 7-глинистый почвогрунт; 8-динамометр; 9-двигатель тяговой лебедки;
10-коробка скоростей; 11-редуктор; 12-барабан.

Таблица 1. Техническая характеристика ГК

Название параметров	Ед. изм.	Параметры
Длина	м	42
Ширина (в свету)	м	2,4
Глубина	м	1,2
Ширина колеи рельсового пути	м	2,0
Длина хода рабочей тележки	м	37
Скорость рабочей тележки	м/мин	6–24
Максимальное тяговое усилие тележки	Н	37500
Максимальное усилие лебедки	Н	37500
Скорость каната	м/мин	24–30
Мощность двигателя	кВт	15
Масса передвижной тележки	кг	2500

решения, которые предполагаются наиболее технологическими и эффективными. Основным технологическим процессом, связанным с прокладкой аэрационного дренажа (АД), является резание рабочими органами кротователя, т.е. нож-стойкой и дреномером. Нож разрезает почвогрунт на определенно установленную глубину и одновременно протаскивает за собой дреномер, который при своем движении формирует полость АД. Следовательно, процесс разрушения почвогрунта зависит от конструкции нож-стойки кротователя и его параметров.

Как известно, движение кротователя сопровождается скалыванием грунта в сторону наименьшего сопротивления. На величину скалывания значительное влияние оказывает параметры клинообразного кротователя: угол заточки; длина цилиндрической части; диаметр и задний угол. Усилие резания грунта состоит из вертикальной и горизонтальной составляющих, действующих на дреномер. Дреномер динамометрировался в ГК по всей длине экспериментальной дрены, при котором значение действующих сил определялось как среднее арифметическое.

Подготовка и проведение опытов по исследованию процесса разрушения почвогрунтов на эксперимен-

тальном стенде выполнялись в следующей последовательности. Тележка стенда устанавливалась в крайнее левое положение ГК, следовательно, через каждые 2 метра прохода тележки по оси канала отрывалась траншея шириной $b_1 = 0,65$ м; $b_2 = 0,75$ м; $b_3 = 0,85$ м и длиной $L = 0,9$ м. Модель устройства АД было выполнена в масштабе 1 : 1. Глубина прокладки дрен регулируется в пределах от 44 до 68 см и составляет 80, 160, 240 мм. Следовательно, в процессе исследований сила резания вычислялась как разность между общим тяговым усилием — $P_{\text{общ}}$, регистрируемым в ходе опыта динамометром, и усилием — P_T , необходимым для перекачивания тележки, определенным предварительно:

$$P_{\text{рез}} = P_{\text{общ}} - P_T \quad (1)$$

В качестве основного критерия оценки прочностных свойств почвогрунта принят — $C_{\text{уд}}$ — число ударов динамического плотномера ДорНИИ. В процессе исследования разрушения почвогрунта прочность грунта менялась в пределах от 5 до 6 ударов плотномера.

Динамометрическая тележка /1/ включает вертикальные направляющие, в которых перемещается суппорт /3/. На суппорте закреплены горизонтальная /4/

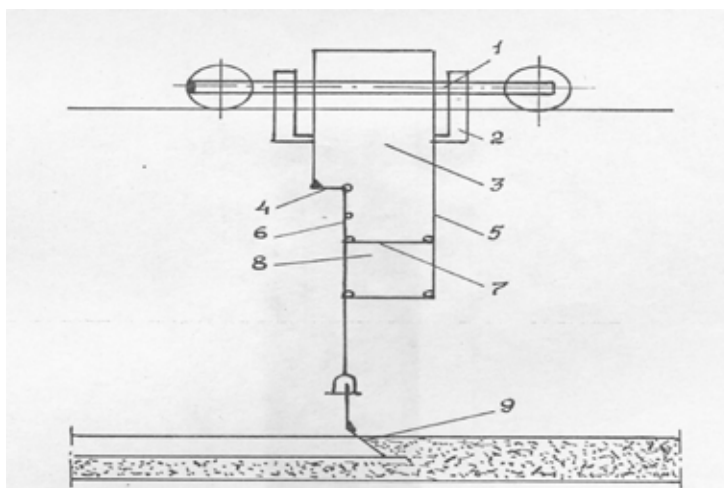


Рис. 2. Кинематическая схема динамометрического стенда

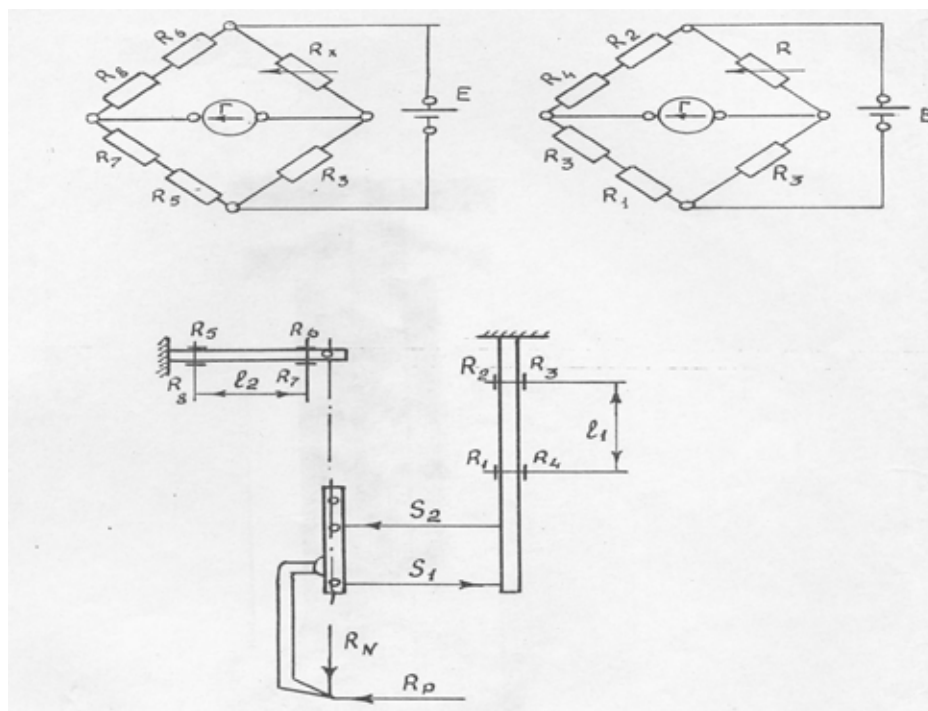


Рис. 3. Схема наклейки и соединения тензометрических датчиков в измерительные мосты

и вертикальная /5/ тензометрические балки, к которым посредством серьги /6/ и хомутов /7/ подвешен узел крепления ножей /8/, на котором установлен нож /9/. Силы резания определяются по деформациям двух тензометрических балок. На каждую тензометрическую балку было наклеено по четыре датчика, выполняющих функции рабочих и компенсационных датчиков /рис. 3/. Это позволило регистрировать только разность напряжений на базовом участке балочки — l_1 , заключенном между датчиками.

Исходя вышеизложенного или принимая оптимальных параметров, определение сопротивления движению дренаера определяем на основе динамометрирования. Однако, для аридной зоны в качестве рабочих органов были применены усеченные дренаеры на шарнирной тяге с ножом со ступенчато установленными ножами. Дренаеры имели заточки $\gamma = 30^\circ$, длину цилиндрической части 200 мм и диаметр 30, 40, 50, 60 мм. Опыты с дренаерами были проведены на трех глубинах: 50; 60; 70 мм.

Из анализа осциллограмм и данных исследований В.В. Власова [2] установлено, что хотя лучшим приближением закона распределения максимумов силы резания является Γ — распределение Пирсона III — ряда, однако, возможно использовать и нормальное распределение. Целесообразность использования нормального закона распределения максимумов силы резания подтверждается и в других работах [4]. Для оценки параметров такого распределения при заданном количестве опытов — n целесообразно использовать их выборочное среднее — P и выборочную — S^2 [3].

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (P_i - P)^2 \quad (3)$$

где: P_i — выборочное значение экстремумов силы резания.

При значении $n > 40$ величину S^2 — можно принять равной дисперсии генеральной совокупности $[n \rightarrow \infty]$. Для оценки точности полученных результатов использовали зависимость, полученную на основе распределения Стьюдента для выборочной дисперсии.

$$P - \frac{S}{\sqrt{n}} t_1 - \frac{P}{2} < P_r < P + \frac{S}{\sqrt{n}} t_1 - \frac{P}{2} \quad (4)$$

где: P — выборочное среднемаксимальное значение силы резания; P_r — генеральное среднее (среднемаксимальное) значение силы резания; S — выборочная дисперсия случайной величины; n — количество значений случайной величины; $1-p$ — доверительная вероятность (в процессе работы принималось значение $p = 0,95$);

$t_1 - \frac{P}{2}$ — квантиль t_1 — распределения Стьюдента. Величину средней силы резания определяли по формуле:

$$P_{cp} = 0,5 (P_{max} + P_{min}) \quad (5)$$

$$S_3^2 = \frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \approx \frac{S_1^2 + S_2^2}{2} \quad (6)$$

где: S_3^2, S_1^2, S_2^2 – соответственно дисперсии средней, среднemaxимальной и среднeminимальной силы резания.

При проведении повторных поперечных проходов резания среднюю суммарную силу двух проходов определяли по зависимости:

$$P_{\text{сум}} = 0,5 (P_{1\text{ср}} + P_{2\text{ср}}) \quad (7)$$

$$S_{\text{сум}}^2 = 0,5 (S_{13}^2 + S_{23}^2) \quad (8)$$

где: $S_{\text{сум}}^2, S_{13}^2, S_{23}^2$ – соответственно дисперсии суммарной средней силы резания и средних сил начального и повторного проходов.

Оценку прочности грунта в процессе экспериментальных исследований проводили протативным прибором, основные конструктивные данные которого изложены в работе Ю.А. Ветрова [1]. Протативный прибор позволяет проводить экспериментальные исследования в полевых условиях, что обеспечивает качественно более высокий уровень оценки параметра развития пластических деформаций грунта в процессе резания. Протативный прибор включает раму, на которой перемещается тележка. При помощи ручной лебедки и троса тележка двигается вперед, а тросом возвращается в исходное положение.

Тележка состоит из рамы, ходовых колес. К ходовым

осям посредством двух серьги подвешена лента, на которой жестко закреплен ножодержатель. Нож может перемещаться по направляющим ножодержателя, фиксируется на определенной глубине. Упругий элемент крепится к держателю, выполненному за одно целое с рамой тележки. Прогибомер закреплен неподвижно в держателе относительно упругого элемента. В процессе работы нормальная составляющая силы резания воспринимается серьгами, а касательная посредством рычага передается на упругий элемент и фиксируется вибрографом. Для проведения испытаний были изготовлены рабочие органы, представляющие собой вертикальную стойку со ступенчато расположенными ножами. Скорость перемещения рабочего органа колебалась в пределах 0,25 м/с.

Для исследования были выбраны массивы грунта с высокой степенью однородности: прочность $C = 18 \pm 1$ ударов ударника ДорНИИ; влажность по массе $\omega = 21,1\%$ (аргиллит); прочность $C = 4 \pm 1$; влажность $\omega = 25,9\%$ (лесовидная глина).

Данные исследования позволили выявить физику процесса резания грунта рабочими органами. Количественные результаты исследований легли в основу выбора параметров нож-стойки кротователя, дренаров, а также формы и конструктивного исполнения оборудования.

Литература:

1. Ветров Ю., Уткин А.И., Рыкуло В.И. Оценка прочности грунтов протативным прибором // Горные, строитель. и дор. машины. – 1970. – Вып. №10 – с. 12–16.
2. Власов В.В. О законе распределения мгновенных значений силы резания грунтов и пород // Горные, строитель. и дорожные машины. – 1970. – Вып.10. – с.16–21.
3. Деденко Л.Г., Керженцев В.В. Математическая обработка и оформление результатов эксперимента. – М.: Издательство МГУ. 1977. – с. 11.
4. Неплотник Г.Я. Анализ процесса экскавации роторным рабочим органом с учетом статических характеристик сопротивления копания. // Гор, стр. дор. маш. 1967. – 5. с. 16.

Методика проведения полевых работ аэрационного дренажа

Данатаров А., кандидат технических наук, докторант

Туркменский сельскохозяйственный университет

Методика проведения исследований процесса разрушения почвогрунта дренажом основана на установлении: физико-механических свойств грунта опытных участков; определения влияния междренного состояния кротовых полостей на аккумулярующие свойства грунта; скорости формирования кротовых полостей; показания прочностных свойства грунта на основе динамического плотномера по глубине массива и в плане; влажности грунта, обеспечивающей устойчивость кротовых дрен (КД или АД) в процессе их нарезки.

В грунтовом канале уплотнение производилось послойным способом при помощи катка. Плотность грунта получалась практически однородной, т.к. показание ди-

намического плотномера было постоянным. Засчет этого удалось получить в лабораторных исследованиях значительно небольшую рассеянность точек уже при десятикратном повторении опытов. Таким образом, лабораторные исследования дают возможность сравнительно с достаточной точностью установить характер изменения действующих сил при значительно малом количестве повторений опытов.

Каждая серия опытов повторялась не менее 5 раз. Определение плотности, влажности грунта, коэффициента трения грунта о сталь и коэффициента внутреннего трения производилось, в основном, только на горизонте прокладки АД, так как влиянием физико-механических

свойств вышележащих слоев на процесс формирования кротовин можно пренебречь.

При проведении полевых исследований особое внимание было уделено определению оптимального значения междренного расстояния. Для этой цели были изготовлены три конструкции рыхлителя-кротователя с соответствующим расстоянием между нож-стойками. Условия проведения опыта заключались в следующем. На грунтовом лотке 10-метровой длины выделены четыре участка, грунтовые условия которых одинаковы, т.е. грунт глинистый с плотностью скелета $\gamma = 1,9-2,0$ г/см³ и влажностью 21–25%. Отбор образцов до и после опытов производился режущим кольцом по известной методике. С переходом от пахотного к подпахотному горизонту твердость почвы увеличивалась.

В настоящее время общепринятыми критериями оценки уплотняющего воздействия двигателей МСХА являются среднее и максимальное давление, а также характеристики почвы: ее плотность; влажность и твердость [5].

Влажность почвогрунта определялась весовым методом, а коэффициентом трения грунта о сталь — путем протаскивания стальной пластинки по поверхности грунта. Определение коэффициента внутреннего трения и сцепления грунта — при помощи прибора сдвига, т.е. быстрым протаскивания с замером силы сдвига пружинным динамометром.

Изменение скорости нарезки АД выполнено коробкой передач ЗИЛ-130, с помощью которой можно регулировать скорость от 0,1 до 0,4 м/с. АД нарезали

дренерами 30, 40, 50 и 60 мм с расстоянием между ними 60, 70, 80, 90, 100 мм.

Главной задачей опытно-полевых исследований при этом являлось установление изменения сил, действующих на дренер, при различных скоростях, а также междренных расстояниях. Нарезка АД осуществлялась в полевых условиях динамометрической установкой — кротователем, навешенным на трактор класса 4 т.

Динамометрическая установка (рис. 1) включает раму 1, на которой смонтирована промежуточная рама 2 с возможностью предельного перемещения. На раме 2 жестко закреплен рабочий орган 3 с кротователем 7. Вертикальное перемещение рамы 2 относительно рамы 1 ограничивается упорами 4. Перемещение рамы 2 внутри рамы 1 ограничено упором 5 и тензометрическими кольцами 6. Расстояние между упорами 4 составляло 1,5 м. Исходя из этого, дополнительное сопротивление от качения подшипников при глубине резания до 0,6 м не превышает 1,5%. В кабине трактора было смонтирована тензометрическая аппаратура (усилитель ТОПАЗ и осциллограф К-12–22). Трактор был оснащен датчиком пройденного пути и датчиком числа оборотов ведущих звездочек. Показатели данных датчиков записывались синхронно на осциллограмму. Величину буксования трактора определяли по зависимости:

$$\delta = \frac{S_T - S_\Phi}{S_T} 100\% \quad (1)$$

где: S_T — теоретический путь трактора, определенный по числу оборотов звездочек; S_Φ — фактический путь трактора, определенный по датчику пути.

Таблица 1.

Горизонт	Влажность, %	Коэффициент трения	
		сталь шлифования	сталь не шлифования
5	10,9	0,590	0,555
	15,2	0,620	0,596
25	10,9	0,620	0,615
	15,2	0,560	0,581
35	13,1	0,840	0,820
	18,4	0,585	0,580
45	13,1	0,780	0,737
	18,4	0,730	0,674
60	6,6	0,889	0,75
	8,2	0,848	0,827

Таблица 2.

Горизонт	Влажность, %	Коэффициент трения почвы о почву	Удельное сопротивление почвы сдвигу, кПа
0–30	11,1	0,932	25,2
30	14,2	1,017	19,9
45	16,8	1,136	19,4
50–60	6,6	0,951	33,7
	7,9	1,105	32,8
	8,2	1,165	31,5

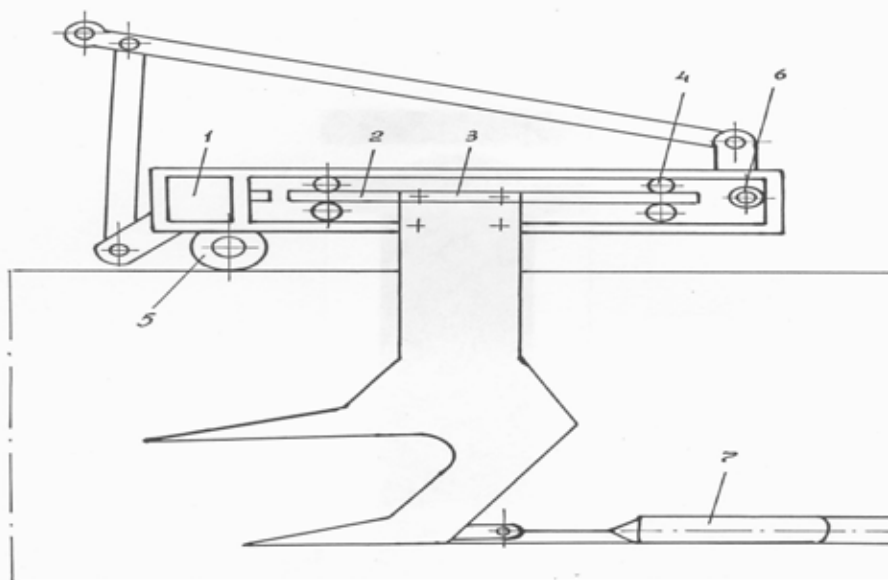


Рис. 1. Динамометрическая установка испытаний АД

В соответствии с лабораторно-стендовыми исследованиями нами были проведены испытания рабочих органов: нож ступенчатый с толщиной стоек 20, 30, 40 мм и углом резания верхнего и нижнего зубьев $\alpha = 30^\circ$; дренаеры с углом заострения $\beta = 30^\circ$, длиной 300 мм, диаметром 40, 50 мм. Глубина кротования принимали 0,5 и 0,6 м.

При проведении постановочных опытов исследовались два типа ножевых рабочих органов: ступенчатый нож (зубья установлены с опережением один относительно другого); сплошной нож. Угол подъема (резания) для ступенчатого ножа принимали в диапазоне от 20 до 35°. Аналогично изменяли угол подъема сплошного ножа.

Было установлено, что резание грунта сплошным рабочим органом по сравнению со ступенчатым на 15–20% больше. При этом наблюдается значительно больший износ лезвия сплошных ножей. Дополнительно исследовали рабочие органы с жестко и шарнирно закрепленными дренаерами.

Глубина кротования принимали 0,4, 0,5 и 0,6 м. Опытно-производственные исследования проводили в тяжелых почвах совхоза «Ак-Алтын» Каракумского этрапа Марыйского велаята. Грунты этрапа представлены тяжелыми глинами, влажностью $\omega = 10 \pm 0,5\%$, числом ударов ударника ДорНИИ С = 5 ± 1 . Длину исследуемого участка приняли 350 м с показателями плотноты через каждые 15 м. причем были выбраны участки с относительным постоянством этих параметров по глубине.

Каждая серия опытов, включающих предварительные и последовательные резания, проводилась как правило, в течение одного дня, что позволило достичь постоянства основных показателей грунта. Средняя величина силы резания определялась по зависимости:

$$P_{cp} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

где: P_i – текущие значения силы резания.

Например, при рыхлении-кротовании тяжелых глин $\omega = 16\%$, дренаер диаметром 50 мм, толщина нож-стойки $B = 20-30$ мм, глубине рыхления – кротования 0,60 м для ступенчатого ножа кротователя было получено:

$$P_{max} = 18640H, S_1 = 451H; P_{min} = 14220H, S_2 = 677H; P_{cp} = 16430H, S_3 = 597H$$

При доверительной вероятности $1-p = 0,95$ значение полученных величин дает оценки, определяемые по формуле:

$$P - \frac{S}{\sqrt{n}} t_1 - \frac{P}{2} < P_r < P + \frac{S}{\sqrt{n}} t_1 - \frac{P}{2} \quad (4)$$

где: P – выборочное среднеемаксимальное значение силы резания; P_r – генеральное среднее (среднемаксимальное) значение силы резания; S – выборочная дисперсия случайной величины; n – количество значений случайной величины; $1-p$ – доверительная вероятность (в процессе работы принималось значение $p = 0,95$); $t_1 - \frac{P}{2}$ – квантиль t_1 – распределения Стьюдента.

$$17400H < P_{max} < 20640H; 13650H < P_{min} < 15380H; 15500 < P_{cp} < 17100H$$

Таким образом, доверительный интервал соответствует 10% точности получаемых средних значений, что допустимо для данного числа наблюдений. Данная методика обработки результатов опытов соответствует процессу резания как стационарной функции пути [1]. При анализе силы перекрестного резания в процессе кротования, как стационарного процесса, средняя сила резания определяется по формуле:

$$P_{cp} = \frac{P_{min} + P_{max}}{l} \quad (5)$$

При проведении экспериментов по резанию грунта были использованы основы тензометрии [4,6]. Обработку результатов исследований проводили в соответствии с общей методикой обработки данных [2,3].

Литература:

1. Бендат Дж., Пирсол А. Применение корреляционного и спектрального анализа. — М.: Мир. 1983. 312 — с.
2. Василенко П.И. Элементы методики математической обработки результатов экспериментальных исследований. — Киев: УСХН. — 1959. 61 с.
3. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. — М.: Колос. 1967. — 158 с.
4. Зажигаев Л.С., Кишьян А.А., Романиков Ю.И. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента. — М.: Атомиздат. 1978. 230 с.
5. Мамедкулиев К.М., Таганов Ч.К. Устройство для оперативной оценки состояния почвы. В сб. научных трудов ТСХИ. Ашгабат. 1995. т.39. вып. 4. — с.64.
6. Тензометрия в машиностроении. — Москва:Машиностроение. 1975. — 286 с.

Методика исследований устойчивости азрационного дренажа

Данатаров А., кандидат технических наук, докторант

Туркменский сельскохозяйственный университет

Устойчивость почвогрунтов систем кротового дренажа (КД) определялись тремя методами: лабораторным — С.Ф. Астапова; полевым — М.Н. Глотова; лабораторно-полевым (экспресс-методом) — Ф.Р. Зайдельмана [1,2,3,4]. Определение устойчивости КД в лабораторных условиях исследовалось на специальном грунтовом лотке размером 60х70х100 см (рис.).

Лоток заполнялся характерным для аридных зон грунтом с плотностью скелета $P_{ск} = 1,87 \text{ г/см}^3$. В нижней зоне лотка на глубине $h = 50 \text{ см}$ прокладывалась кротовина диаметром $d = 40 \text{ мм}$. При этом прокладка кротовины осуществлялась механическим (трамбовкой) и гидравлическим (замочкой) способом уплотнения. Механическое уплотнение обеспечивает плотность почвы, однако, при этом структурные связи между частицами очень слабые. Уплотнение при помощи гидравлического способа достигается практически до естественного состояния и в последующем обеспечивает достаточную плотность, а также достаточно крепкие структурные связи между частицами. Для формирования дренажных кротовых полостей в грунтовом лотке был использован металлический стержень диаметром $d = 40 \text{ мм}$, длиной 1200 мм, который располагали вдоль оси лотка. В последующем после уплотнения металлический стержень вытаскивался постепенным вращением в массиве грунта. Использование предлагаемого способа обеспечивало в грунтовом лотке образование двух сквозных параллельных дренажных полостей, обеспечивающих ведение визуальных наблюдений при проведении и после замочки наддренной зоны. Количество подаваемой воды для каждого полива устанавливалось из расчета промывной нормы тяжелой почвы. Средняя плотность почвы вокруг дрены определялась средней арифметической величиной из взятых точек отбора образцов.

В полевых условиях устойчивость КД проверяли путем раскопок действующих дрен. В течение 1990—1993г.г. было раскопано 140 дрен, обследовано 420 поперечных сечений, проведено анализ грунта околдренного пространства. Данная методика позволяет установить состояние КД, выявить причины и характер разрушений. Устойчивость дрен определяли при различной глубине их залегания в пределах от 0,45 до 0,60 м, а также изменением диаметра кротовин от 40 до 50 мм при различных уклонах его заложения (0,001; 0,002; 0,003). Влажность почвы околдренной зоны определяли через каждые 0,1 м по глубине заложения дрен. Повторность определения параметров устойчивости принималась пяти — шестикратная. Оценка пригодности грунтов к прокладке КД может быть дана на основе лабораторных и полевых опытов [5]. Среди лабораторных методов известен метод С.В. Астапова, основанный на сопоставлении данных анализа микроагрегатного состава образца почвогрунта и данных анализа механического состава:

$$A = \frac{\delta_1}{\delta_2} \quad (1)$$

где: A — условие устойчивости грунта; δ_1 — процентное содержание фракций диаметром 0,05—0,005 мм по микроагрегатному анализу; δ_2 — процентное содержание фракций диаметром 0,05—0,005 мм по механическому составу. При значениях: $A < 0,3$ грунт устойчивый; $A = 0,3$ — 0,7 грунт малоустойчивый; $A > 0,7$ грунт неустойчивый.

Метод Ф.Р. Зайдельмана основан на оценке интенсивности размокания воздушно сухих почвенных агрегатов размером 3—5 мм. В качестве показателя устойчивости КД принят вес агрегатных остатков образца стандартной навески после его размокания, просеивания в воде

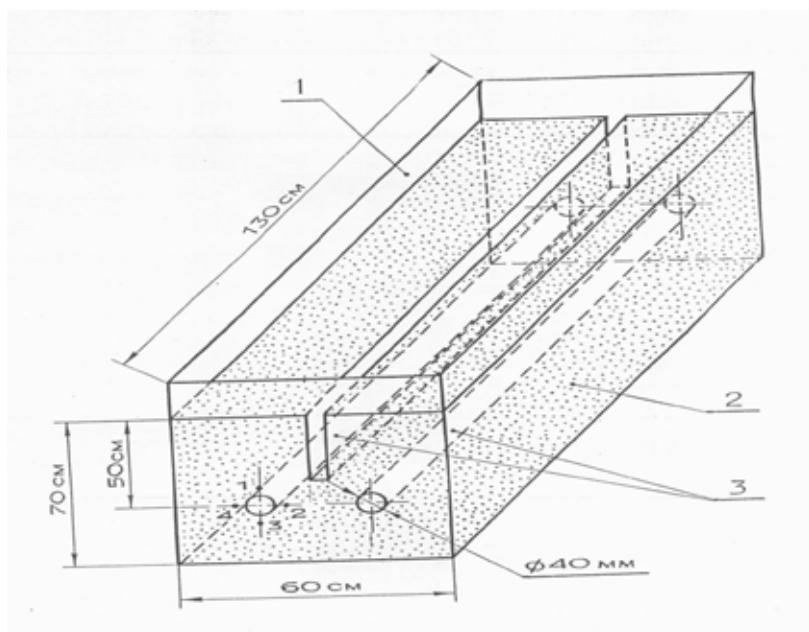


Рис. 1. Схема грунтового лотка для проверки устойчивости КД: 1 – лоток; 2 – грунт; 3 – дренажные полости.

и сушки. Показатели устойчивости и ориентировочных сроков службы КД приведены в таблице 1.

Среди полевых методов наиболее широко применяется метод шурфов М.Н.Глотова. Суть метода заключается в предварительной оценке устойчивости КД по устойчивости стенок шурфов или скважин диаметром 20 см, в которых поддерживается постоянный уровень воды на горизонте закладки КД. Разрушение стенок шурфа или скважины в течение 30 минут свидетельствует о непригодности грунта к закладке КД. Метод агротехнической оценки включая следующие направления: требования к условиям испытаний; характеристики условиям испытаний; оценка качества выполнения технологического процесса.

Агротехническую оценку кротователей проводили на типичных для зоны объектах. Данные объекты должны иметь проекты или планы на производство КД работ. Участок опытной проверки должен удовлетворять следующим требованиям: рельеф и микрорельеф по всей длине трассы дрен должен быть одинаковым; грунт должен быть однородным по составу и соответствовать определенному типу; влажность почвы на минеральных грунтах до 35%. Условия испытаний включают: тип грунта, категорию, микрорельеф трассы КД, влажность грунта; твердость

грунта; плотность грунтов; состояние поверхностного слоя грунта трасс. Основные данные по объектам должны включать: местоположение объекта; название мелиоративной системы; время строительства; описание по горизонтам и механический состав минеральных грунтов на максимальную глубину работы машины.

Исследование работы КД проводилось согласно нормативных документов /ГОСТ 70. 12.1–85 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины мелиоративные осушительные и оросительные. Программы и методы испытаний». М. 1975г./, что предусматривало номенклатуру показателей качества выполнения технологического процесса машин. Кротователи подвергаются следующим видам испытаний: скорость движения, м/с; размеры дрен, м; выдерживание продольного проектного уклона дна, см, %; прямолинейность оси продолженной дрены, см; сток воды, л/ч. Скорость движения машины измеряли при установленном нормальном тепловом режиме двигателя трактора без перегрузки с трехкратной повторностью на учетном проходе длины трассы не менее 100 м. Скорость движения машины определяли по формуле:

$$V = \frac{S}{t} \quad (2)$$

Таблица 1. Показатели устойчивости и ориентировочных сроков службы КД по методу Ф.Р.Зайдельмана

Вес агрегатного остатка после просеивания в воде	Устойчивость КД и срок их действия
10–20	Дрены устойчивы. Действуют в течение 3–4 года и более
4–10	Дрены устойчивы. Действуют в течение 2–3 года
1–4	Дрены малоустойчивы. Действуют в течение 1 год
<1	Дрены неустойчивы. Действуют в течение менее 3 месяцев

где: V — скорость движения машины, м/с; S — пройденный путь, м; t — время прохождения пути, 1с.

Размеры КД определяли путем измерения в трехкратном повторении по длине трассы. На каждой учетной делянке производили вскрытие траншеи на глубину закладки дрен. Вскрывали три отрезка длиной 2–3 м. В пределах участков делянки производили 30 измерений. Погрешность измерений составляло ± 1 см. Проверку выдержания проектного уклона необходимо проводить на трех уклонах КД / $i_1 = 0,002$; $i_2 = 0,005$; $i_3 = 0,01$ /. Перед началом прокладки КД проводили продольную нивелировку оси трассы через 10 см. уклон КД определяли нивелированием с помощью щупа. Щуп устанавливали на дрены. Нивелирование проводили через 5 м с погрешностью ± 1 см. Общее и местное отклонения определяли на основании статическую оценку выполненного уклона дрены производим, определяя начало и масштабы ортогональной системы координат. Началом координат выбираем точку, определяющую устье дрены, длину дрены располагаем на оси ординат с масштабом 0,1 м. Определение теоретического уравнения уклона дрены в зависимости от заданного уклона производим по формуле:

$$h_n = i_n \times l \quad (3)$$

где: h_n — проектная глубина КД, м; i_n — длина КД, м; l — проектный уклон КД.

По методу наименьших квадратов определяем уравнение фактического уклона КД:

$$h_\phi = i_\phi \times l \quad (4)$$

где: h_ϕ — фактическая глубина КД, м; i_ϕ — фактический уклон КД; l — длина КД, м.

Если $(i_\phi - i_n) \leq \Delta i$, то полученный уклон КД нахо-

дится в допустимых пределах. Δi — нормативное значение отклонения уклона по агротехническим требованиям. Если $(i_\phi - i_n) \leq \Delta i$, то выполненный уклон не соответствует допустимым нормативам. Дренажный сток из отдельных дрен определяем измерением объема воды, вытекаемой из устья в единицу времени, в пятикратной повторности по формуле:

$$Q = \frac{V_v}{t} \quad (5)$$

где: V_v — объем воды; t — продолжительность опыта, с.

Наблюдения за характером дренажного стока проводим ежедневно в одно и то же время суток в период наивысшего стояния уровня ГВ на опытном участке. Одновременно контролируем динамику уровней ГВ по системе смотровых колодцев. Результаты агротехнической оценки обрабатываем, согласно показателей, приведенных в рабочих ведомостях. Местные отклонения от проектной глубины КД определяем как разность между расчетными и фактическими ординатами по формуле:

$$\Delta j = h_n j - h_\phi j \quad (6)$$

где: Δj — местное отклонение КД, м; $h_n j$ — проектная глубина КД, м; $h_\phi j$ — фактическая глубина КД, м.

По местным отклонениям определяем следующие статистические характеристики: среднее значение местного отклонения; среднее квадратичное отклонение; коэффициент вариации; максимальное местное отклонение; количественная доля местных отклонений, превышающих допустимое значения по агротехническим требованиям.

Литература:

1. Астапов С.В. Устойчивость кротовых дрен при закладке кротового дренажа. — В кн.: Кротовый дренаж. — М.: 1943. — с.79–97.
2. Глотов М.Н. Кротовый дренаж и его применение. Кротовый дренаж. М: 1943. — с. 8
3. Евдокимова В.И., Розин В.А. Устойчивость кротовых дрен без крепления стенок. В кн.: Кротовый дренаж. — М.: 1943. — с.13–167.
4. Зайдельман Ф.Р. Режим и условия мелиорации заболоченных почв. 2-е изд., — М.: Колос. 1975. 308 с.
5. Соколовская Л.Н. Осушение земель комбинированным дренажем. — М. 1966. с. 81.

Методика исследований эффективности аэрационного дренажа

Данатаров А., кандидат технических наук, докторант
Туркменский сельскохозяйственный университет

В отечественной и зарубежной практике общепринятой стандартной методики для изучения эффективности кротового (КД) или аэрационного дренажа (АД) не имеется. Исходя из этого, исследования производились по общеизвестным методикам гидромелиоративных [4], агрометеорологических [3] наблюдений, при этом использовались весьма разнообразные методики, связанные с при-

менением АД на различных посевах с/х, а также методика Б.А. Доспехова [2] для размещения полевого опыта. Исследования работы АД производились определению следующих показателей: режима работы АД (скорости при различных глубинах нарезки АД); качества выполненного АД; наработки машин за период испытаний; производительности за 1 час чистого времени; расхода топлива; ко-

эффективности надежности и использования рабочего времени.

Было испытано 3 конструкции кротователей: РК-1,2; ГРХ-2–50 и НАД-2–60. Последний был заявлен ТуркменНИИГиМом в качестве рационализаторского предложения №4818216 от 15.03.1990г. при испытании этих кротователей с целью определения возможности применения на хлопковых полях проводился хронометраж, т.е. изучался процесс работы агрегатов путем наблюдений и измерений с точностью до 1 сек. При этом из хронометража исключались случаи, когда выполнение технологической операции нарушалось по техническим или организационным причинам.

Исследования эффективности АД проводились на тяжелосуглинистых и глинистых почвогрунтах на хлопковых полях Мургабского оазиса Каракумского этрапа, причинами ухудшения мелиоративного состояния которых является низкий коэффициент фильтрации из-за уплотнения подпахотных слоев. Для проведения опытов выбраны хлопковые поля с низкой урожайностью в пределах 10–15 ц/га с 20–50 — летней давностью орошения.

Выбор оптимальных параметров дренажа и оборудования для его осуществления базировался на следующих положениях: площади почвогрунтов, на которых АД дает положительный эффект в значительной степени превышает реальные возможности его проведения; уменьшения средств на проведение этих работ, а также на развитие машиностроительной базы. Мы считали наиболее актуальным исследование параметров АД и определение их оптимальных значений, а также создание прогрессивной технологии его устройства для повышения качества работ при строительстве дренажных систем и их надежности в процессе эксплуатации.

Учет выполненной АД работы проводился в конце смены путем обмера дренированной площади с точностью до $\pm 1\%$. Расход горючего определяли методом долива с

точностью $\pm 3\%$. Фотохронометраж рабочего дня при выполнении АД проводили непрерывно в течение всей смены с начала работы обслуживающего персонала АД. Все операции и ее элементы отмечались в наблюдательных листах в хронологической последовательности. Затем эти листы подвергались статистической обработке. Повторность хронометражных наблюдений шести — восьмикратная.

Установлено, что при нарезка АД в аридной зоне позволяет улучшить водно — воздушный режим почвы за счет перераспределения влаги нижележащие подпахотные горизонты и ее аккумуляции в грунтовом массиве 0–60 см по глубине. Грунтовые условия испытания представлены в таблице 1.

В результате проведения кротования-рыхления почвы, рыхление почвы происходит на всю глубину V-образной формы, ширина которой по верху составляет 65–70 см. При этом средняя комковатость почвы составляет 30–60 мм. АД сформованы в монолите грунта с плотностью скелета 1,5–1,9 г/см³, влажность 7–13%. Гранулометрический состав характеризуется показателями, представленными в таблице 2.

Использование влияния АД на мелиоративное состояние почвы проведено на землях совхоза «Ак Алтын» Каракумского этрапа Марыйского велаята. Опытный участок площадью типичным для данного региона. Размещение вариантов по делянкам и определение параметров выполнено по методике Б.А. Доспехова [2].

Для исследования эффективности АД были выбраны хлопковые поля характерных аридных зон, расположенных в совхозе «Ак-Алтын», «Целинный» и имени Магтымгулы Каракумского этрапа. В совхозе «Ак-Алтын» и «Целинный» по 10 га, в совхозе имени Магтымгулы 2га. Изучение технологии и эффективности АД проводилось, в основном, исходя из влияния физико-механических свойств и солесодержания почвы. Размещение вариантов производили систематическое для

Таблица 1.

Глубина отбора образца, см	Влажность почв, %	Плотность скелета грунта, г/см ³
10	7,0	1,84
20	9,5	1,87
30	12,1	1,89
40	12,8	1,87
50	13,0	1,89
60	13,1	1,88

Таблица 2.

Глубина отбора образца, см	Фракции в мм							
	1–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	0,001	физ. глины 0,01
20	0,15	2,60	21,25	15,64	8,32	18,88	33,16	60,36
40	0,11	1,05	11,53	12,70	7,52	26,10	40,98	74,60
60	0,15	0,82	7,23	18,20	7,68	24,68	41,34	73,60

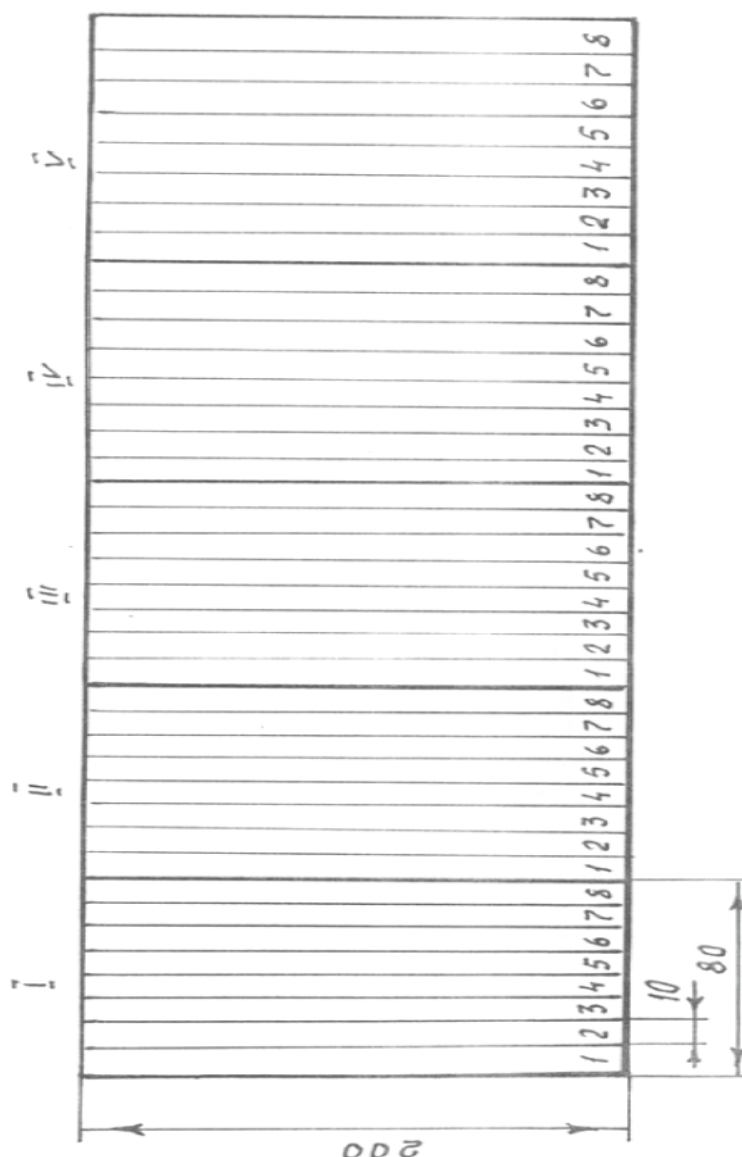


Рис. 1. Размещение вариантов опытов по делянкам.

Варианты опыта: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Повторность опыта: I, II, III, IV, V. 1 – контроль (без рыхления и аэрации);

2 – аэрация с междурядным расстоянием – 0,6 м; 3 – аэрация с междурядным расстоянием – 0,9 м;

4 – аэрация с междурядным расстоянием – 1,2 м; 5 – аэрация с междурядным расстоянием – 1,5 м;

6 – аэрация с междурядным расстоянием – 3,0 м; 7 – рыхление полосное; 8 – рыхление сплошное.

простоты, удобства обработки почвы, внесение удобрений, посева, ухода, а также уборки урожая по методике Б.А.Доспехова [2].

Следовательно, размещение вариантов производилось по систематическому методу, т.е. восемь вариантов с четырехкратной повторностью находятся в одном ярусе. В шести вариантах исследовалась аэрация почвы с междурядным расстоянием 0,6; 0,9; 1,2 и 1,5 м, 3,0 м с глубиной закладки 60 см, а в других вариантах – кротование сплошное и полосное. Закладка опытных делянок осуществлялась после вспашки и в последующем по существующей агротехнике осуществлялся посев хлопчатника. Урожайность хлопчатника устанавливали по биологичес-

кому методу: сбор и взвешивание хлопка по всей учетной делянке; приведение к 8% влажности и 100% чистоты; определение урожайности в ц/га:

$$Y_p = Y_k \times \Pi_k \times \Gamma_p / 10^5$$

где: Y_p – урожайность хлопчатника, ц/га; Y_k – средний вес одной коробочки, г; Π_k – число коробочек на одном расстоянии по последним вычислениям; Γ_p – частота стояния растений перед сбором хлопка-сырца.

Изучения влияния проводимых мероприятий осуществлялось в следующем порядке: до проведения промывных поливов с 25.02.1991 г. по 02.03.1991 г. на делянках по заложенным шурфом и после промывных поливов с 22.04.1991 г. по 30.04.1991 г. отбирались образцы почвы

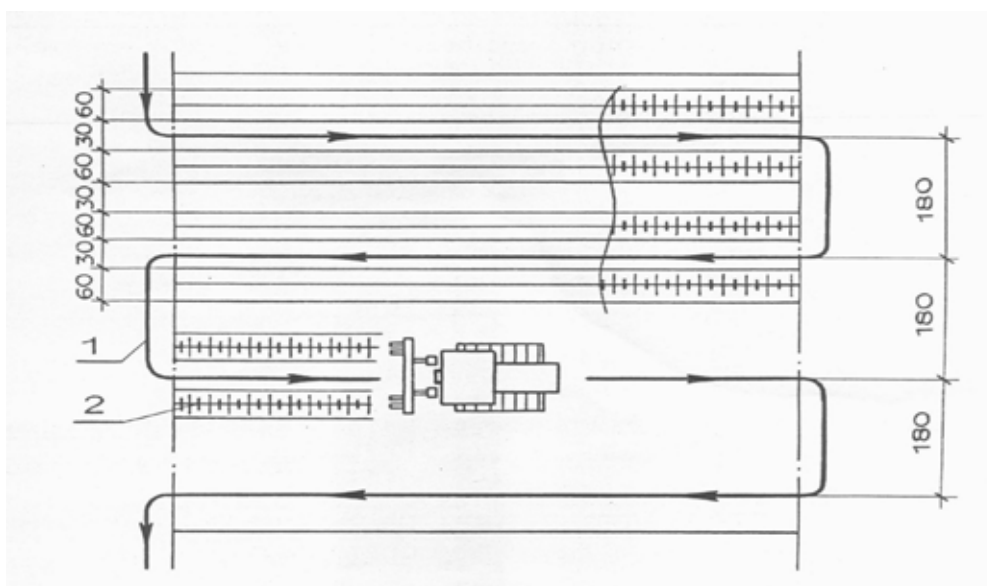


Рис. 2. Технологическая схема работы нарезчика АД.

Для улучшения качества прокладки и эффективности АД рекомендуется производить по направлению вспашки, т.е. по линии поливных борозд. Анализ образцов почвогрунтов на плотность, влажность, питательный режим и солевой производился Байрам-Алийской почвенно-химической станцией, а также в Аналитической лабора-

Технологическая схема работы нарезчика АД представлено рис. 2.

При этом определялись статистические характеристики данных опытов, проводился дисперсионный и корреляционно-регрессивный анализы [2,5]. Результаты математической обработки опытных данных исследований приведены в тексте диссертации [1].

Литература:

1. Данатаров А. Технология нарезки аэрационного дренажа и эффективность его работы в условиях аридной зоны. Дис. канд. тех. наук. Киев. — 1994, с. 4—217.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. — М.: Агропромиздат. 1979. — с. 411.
3. Методика агрометеорологических наблюдений на рисовых полях. М: Гидрометизд. 1978. 31 с.
4. Методика гидрометеорологических исследований при орошении риса. — Краснодар: Кн. Издательство. 1977. 106 с.
5. Перегудов В.Н. Математическая обработка данных полевого опыта. В кн.: Полевой опыт.: М. Колос. 1968. — с.153—241.

Оптимизация параметров аэрационного дренажа

Данатаров А., кандидат технических наук, докторант
Туркменский сельскохозяйственный университет (г. Ашгабад)

Байджанов Г., ведущий инженер «Туркменсувылымтаслама» МВХТ

Предметом нашего исследования явилась разработка новой технологии эффективного аэрационного дренажа (АД), как одного из основных и доминирующих агромелиоративных приемов улучшения состояния тяжелых почв на хлопковых полях Туркменистана. Успешность использования этого вида дренажа для повышения продуктивности растениеводства подтверждена в практике сельскохозяйственного производства в бывшем СССР и за рубежом. Однако, исследования возможностей регулирования водно-воздушного, теплового и солевого режимов тяжелых почв на хлопковых системах проводились не в полной мере, что и обусловило направление наших исследований.

Объектом исследований служили малопродуктивные земли хлопкосеяния систем, на которых были отмечены процессы уплотнения подпахотных горизонтов, образование так называемой «плужной подошвы» и засоление почвы. Урожайность хлопчатника на этих полях не превышала 13–15 ц/га. Мы считали наиболее актуальным исследование параметров АД и определение их оптимальных значений, а также создание прогрессивной технологии его устройства для повышения качества работ при строительстве дренажных систем и их надежности в процессе эксплуатации.

Выбор оптимальных параметров дренажа и оборудования для его осуществления базируется на следующих предположениях: площади почвогрунтов, на которых АД дает положительный эффект в значительной степени превышает реальные возможности его проведения; ограничение средств, которые возможно выделить в настоящее время на проведение этих работ, а также на развитие машиностроительной базы.

Исходя из этого рациональным вариантом достижения цели является достижение максимального экономического эффекта за счет дополнительной прибыли от повышения урожайности хлопчатника на почвогрунтах, подверженных проведению АД с учетом приведенных затрат и предельных ассигнований на его выполнение.

Целевая функция оптимизации параметров АД, учитывающая экономический эффект за счет повышения урожайности, выражается следующей зависимостью (цены 1991 года, в рублях):

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m \Delta Y_{ij} (C_{ij} - \Delta C_{ij}) - Z_i \right) S_i \rightarrow \max, \quad (1.1)$$

\mathcal{E} — экономическая эффективность нарезки АД, руб;

ΔY_{ij} — прирост урожая хлопчатника на i — м участке в результате проведения АД на j — й год после нарезки;

C_{ij} — закупочные цены на хлопок, на i -м участке в j -й год после нарезки, руб./ц;

ΔC_{ij} — дополнительные расходы, связанные с увеличением производства хлопка за счет нарезки АД на i -м типе участка в j -й год после нарезки, руб./ц;

Z_i — приведенные затраты на проведение нарезки АД участка i -го типа (с учетом затрат на перебазировку), руб./га;

S_i — площадь i -го типа участков, характеризующихся определенными агропреобразованиями к нарезке АД и величиной дополнительного урожая хлопка, га;

n — общее число рассматриваемых севооборотов;

m — срок действия АД, лет.

Составление целевой функции (1.1) основано на использовании принципов оптимизации парка машин (5). Раскрытие функции (1.1) основано на выявлении связи между параметрами АД и повышением урожайности хлопка.

Критерием выбора параметров АД на отдельных участках служат локальные оптимумы функции (1.1). Получение локальных оптимумов сопровождается значительными затратами на единицу площади. Кроме того, нарезка АД с локальными параметрами является практически невозможной и малорентабельной.

Выбор рационального критерия оптимизации получим сопоставляя изменение прироста урожайности при различных параметрах аэрационного дренажа:

$$\Delta Y_{ij} = J_{1j}(H_i, K_{ni})$$

Затрат на нарезку аэрационного дренажа:

$$Z_{ij} = J_{2j}(H_i, K_{ni})$$

В первом приближении допускаем, что затраты независимы от класса трактора и технологии проведения работ (при условии достижения заданных параметров АД — глубины нарезки H_i и частоты нарезки K_{ni}).

В связи с тем, что прирост урожайности ΔY_{ij} плавно возрастет, асимптотически приближаясь к максимуму (когда дальнейшее увеличение глубины и частоты нарезки АД практически не влияет на урожайность хлопка), а затраты Z_i ускоренно возрастают в связи с переходом к тракторам большого класса тяги или введением дополнительных проходов, их отношение должно иметь экстремум (учитывая, что $Z_i(H_i \rightarrow 0, K_n \rightarrow 0) > 0$).

Поэтому при общих фиксированных затратах нарезки АД на каждом севообороте целесообразно принять критерием оптимизации максимальный эффект, приходящийся на единицу затрат при нарезке АД:

$$\mathcal{E}_y = \sum_{j=1}^m \frac{\Delta Y_{ij} (C_{ij} - \Delta C_{ij}) - Z_i}{Z_i} \rightarrow \max. \quad (1.2)$$

Таким образом, \mathcal{E}_y позволяет получить максимум целевой функции (1.1).

Для проверки данного предположения рассмотрим результаты нарезки АД в зоне выращивания хлопка.

По опытам, проведенным в ТуркменНИИГиМ, нарезка АД на глубину 0,6 м кротователем НАД-2-60 дает прибавку урожая хлопка в среднем 7,7 ц/га при расстоянии между проходами 0,9 м. Дальнейшее увеличение глубины и уменьшение расстояние между дренами практически мало влияет на урожайность. Известно, что при выращивании хлопка прибавка стоимости дополнительной продукции в последующие годы не превышает 5–7% прибавки урожайности в первый год, поэтому в первом приближении можем принять $m = 1$.

На основании исходных материалов, приведенных в работе (5), нами были определены значения составляющей ΔC_{ij} ,

так, для хлопка $\Delta C = 3,5$ руб./ц. Закупочная цена на хлопок $Ц_{ij} = 171,4$ руб./ц. (4). Фактическая стоимость АД в условиях опытов составляла при расстоянии нарезки 60 см — от 35 до 36 руб./га, при расстоянии 90 см — от 30 до 31 руб./га.

По этим данным строим графики, отражающие стоимость дополнительной продукции, затрат на проведение АД и функции 1.2, которые приведены на рис.1.

Их анализ показывает, что оптимальные параметры АД (расстояние между дренами) в условиях опыта составляют 90 см. Полученные данные могут быть получены и для других типов почв и различных сельскохозяйственных культур.

Определенным параметрам АД соответствуют определенные затраты на его проведение. При совершенствовании кротователей эти затраты будут снижаться.

Общие затраты на выполнение работ кротователями k — типоразмеров на i -х участках выражаются зависимостью:

$$Z = f(a_k, t_{ki}, W_{ki}, b_{ki}, T_k, Ц_k, l_k) \quad (1.3)$$

При ограничениях:

$$\sum_{k=1}^x \sum_{i=1}^m t_{ki} W_{ki} \leq S \quad (1.4)$$

Формула /1.4/ показывает выполнение работ в пределах севооборота, нуждающемся в кротовании:

$$\sum_{k=1}^x a_k Ц_k = K \quad (1.5)$$

Формула /1.5/ показывает сумма выделенных капиталовложений.

$$t_k \leq t_{св.i} \quad (1.6)$$

Формула /1.6/ для эксплуатационного кротования — наличие севооборотов, свободных от посевов сельскохозяйственных культур.

$$\sum_{i=1}^d t_{ki} + \sum_{i=1}^{d-1} t_{\Pi ki} = \sum_{k=1}^x a_k t_{ok} \quad (1.7)$$

Формула /1.7/ показывает суммарное время работы агрегата k -того типоразмера.

Z — затраты на проведение кротования при севообороте S , руб.;

a_k — количество кротователей k -го типоразмера, шт.;

t_{ki} — время обработки i -того участка кротователем k -того типоразмера, час;

$t_{св.i}$ — возможное время обработки поля, занятого определенной сельскохозяйственной, культурой, и зависящее от длительности чистого поля перед посевом, час;

t_{ok} — время использования кротователя k -го типоразмера в течение года, час;

W_{ki} — эксплуатационная производительность кротователя k -го типоразмера при определенных для участка i — глубине и ширине нарезки кротовин, га/час;

b_{ki} — прямые затраты на обработку одного гектара кротователем k -го типа с оптимальными для i -го участка параметрами, руб./га;

T_k — характеристический параметр кротователя k -го типоразмера;

$Ц_k$ — балансовая стоимость кротователя k -го типа (с учетом использования трактора-тягача на других работах, руб.;

K — общий размер капиталовложений, выделенных на приобретение оборудования и обеспеченных соответствующими фондами, руб.;

k — шифр типоразмера кротователя;

x — общее число типоразмеров кротователей;

$t_{\Pi ki}$ — время переналадки и перебазировки кротователя при обработке севооборотов i и $i+1$.

Исходя из агротехнических требований, предъявляемых к рыхлению-кротованию функцию 1.1 представим в виде:

$$\Theta = \sum_{k=1}^x a_k \left[\sum_{i=1}^d (\Theta_i^{onm} \cdot \frac{3_k^{м.ч.}}{W_{ik}^{onm.}}) W_{ik}^{onm} \cdot t_{ik} \cdot 3_k^{неп} \cdot N_k \right] \rightarrow \max \quad (1.8)$$

где:

$$\Theta_i^{onm.} = \sum_{i=1}^m \Delta Y_{ij}^{onm.} (Ц_{ij} - \Delta C_{ij}) \quad (1.9)$$

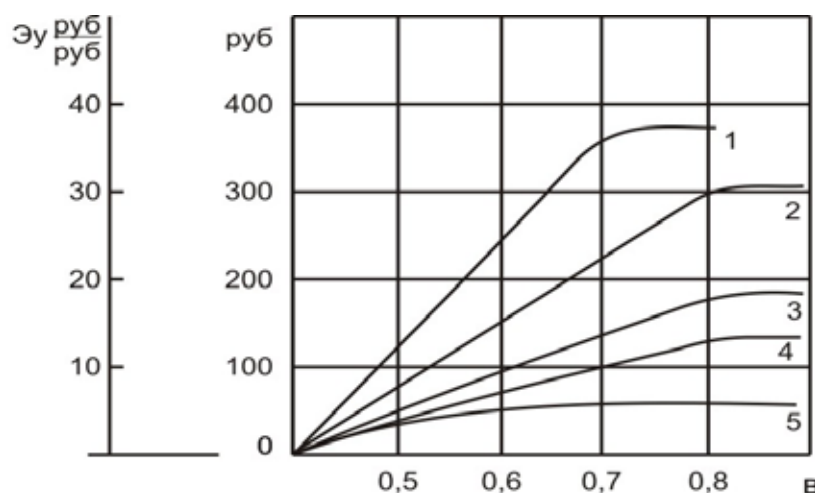


Рис. 1. Стоимость устройства аэрационного дренажа и дополнительного урожая хлопчатника при различном интервале нарезки кротовых дрен.

1 – стоимость прибавочного урожая хлопчатника; 2 – то же с учетом дополнительных затрат на уборку, транспортировку и хранение; 3 – то же с учетом затрат на кротование; 4 – рентабельность кротования; 5 – затраты на кротование 1 га.

$\mathcal{E}_i^{onm.}$ — стоимость дополнительного урожая хлопка за вычетом затрат на уборку и транспортировку, руб./га;

$\mathcal{Z}_k^{м.ч.}$ — стоимость машино-часа эксплуатации рыхлителя-кротователя k -го типоразмера, руб./час;

$W_{ik}^{onm.}$ — производительность кротователя k -го типоразмера при оптимальных для i -го участка параметрах обработки, га-час;

$\mathcal{Z}_k^{пер.}$ — среднее затраты на перебазировку кротователя k -го типоразмера, руб.;

N_k — среднее количество перебазировок кротователя k -го типоразмера.

Ввиду зависимости объема исходных параметров выполнения АД для каждого из регионов расчетов по подбору типов кротователей, базовых машин и технологии нарезки кротовин следует производить с использованием ЭВМ.

Частично анализ зависимости (1.8) позволяет наметить пути повышения эффективности работы специализированных кротователей:

- обеспечение изменения параметров нарезки для достижения оптимального аэрационного состояния в различных почвогрунтах соответствующего региона;
- повышение производительности кротователей при условии оптимальных параметров АД;
- сокращение времени на переналадку и перебазировку, позволяет увеличить время работы кротователей;
- задействование в работу тракторов, которые имеются в хозяйствах;
- оптимизация выбора тракторов различных классов тяги, обеспечивающая наиболее полную загрузку и снижение энергозатрат.

Для выбора и обоснования ряда кротователей оптимизации подлежит величина X по критерию (1.8) и компоновочные схемы кротователей.

Главным параметрам по выбору типоразмерного ряда кротователей принят класс тяги трактора, с которым агрегируются кротователи. Основными параметрами принимаем — диапазон изменения количества одновременно работающих стоек и максимальное их заглубление.

Необходимо отметить, что выбор трактора определенного класса тяги на каждом севообороте обосновывается глубиной нарезки кротовых дрен. Поэтому в каждом конкретном случае следует обосновать оптимальную схему кротования, исходя из аналитических зависимостей (1.1 – 1.8).

Предполагаем, что для каждой схемы проведения кротования, состояния грунтов, севооборота и других факторов, влияющих на повышение урожая хлопка, определены и задаются оптимальные параметры производства работ — глубина и частота нарезки дрен, определяемые по максимуму функции (1.2).

В соответствии со схемой разработки блок — схемы оптимизации выбора типов кротователей и режимов их работы. Программа предназначена для расчета на ЭВМ ЕС-1035 приведенных затрат на кротование при различных условиях выполнения работ. Программа учитывает технико-экономические показатели и технологические параметры новых кротователей, что позволяет определить рациональные области применения кротователей каждого типа в зависимости от силы тяги трактора, площади севооборота, технологии нарезки АД.

Реализация рассмотренных предложений по выбору параметров кротователей предлагается на основе анализа схемы (рис. 2).

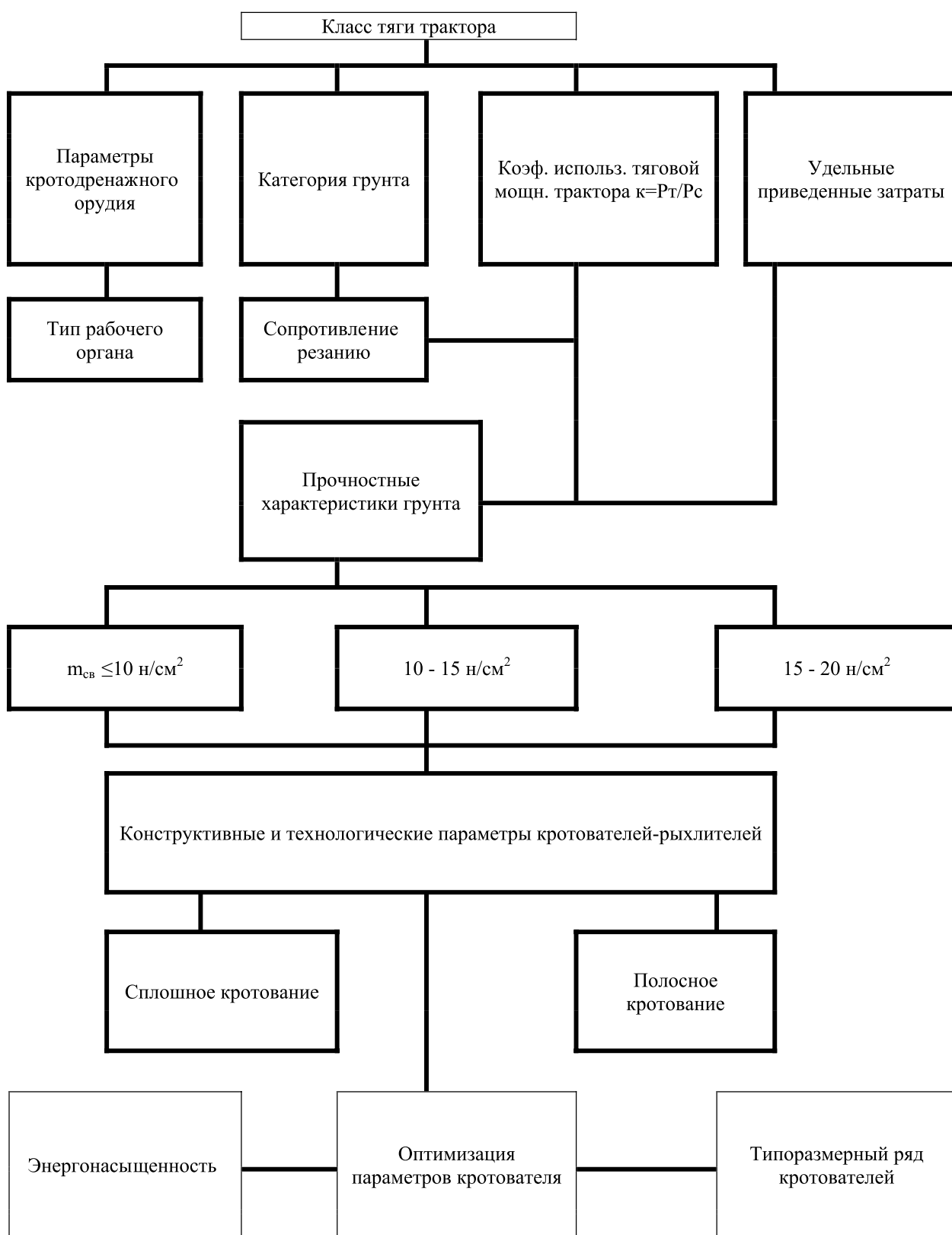


Рис. 2. Схема рационального выбора и комплектования тракторных агрегатов различного класса тяги с рыхлителями-кротователями

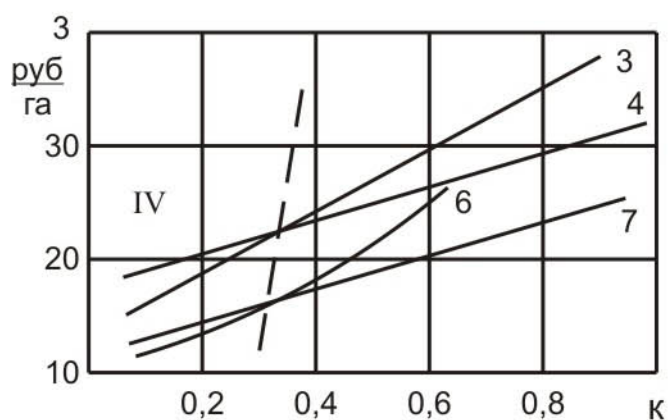
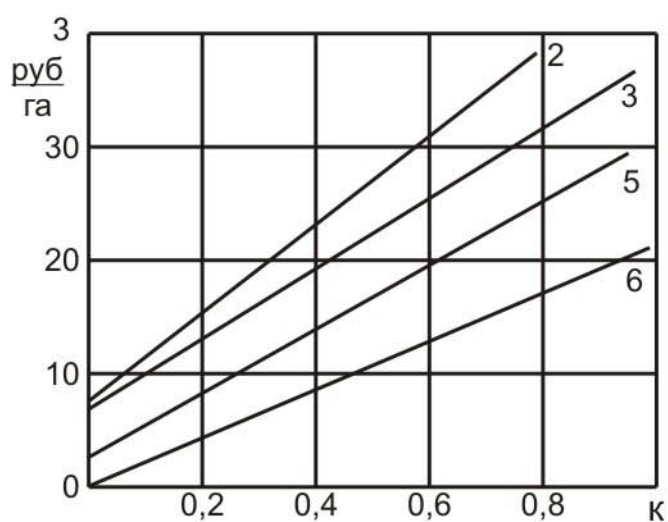
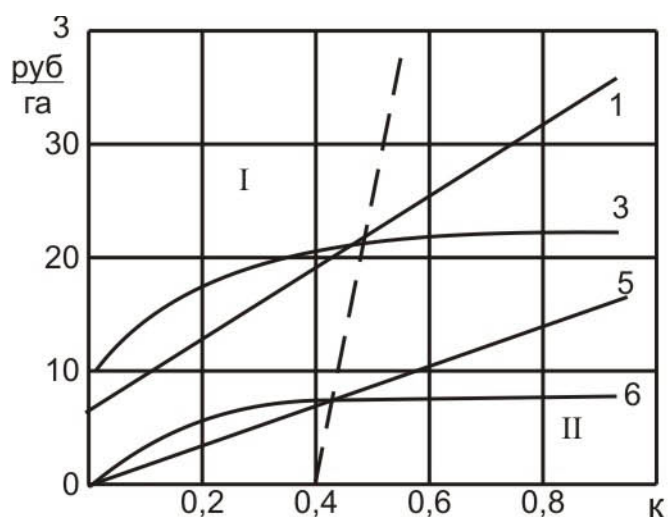


Рис. 3. Удельные приведенные затраты на кротование

В процессе работы были определены расчетные параметры приведенных затрат при нарезке АД на участках различной площади ($S = 50; 100; 150$ га), при длине прохода ($L_{\text{гон}} = 100; 500$ м) и дальностью перебазирования с участка на участок ($L_{\text{д.транс.}} = 10; 20; 30$ км).

Удельные приведенные затраты на кротование и результаты расчетов приведены на графиках (рис. 3).

Анализ расчетов свидетельствует о том, что кротователи на базе тракторов класса 4 т.с. рационально использовать при нарезке АД на среднеуплотненных грунтах $m < 10$ Н/см², при интервале между проходами 0,9 м. При повышении длины прохода от 100 до 150 м средняя стоимость нарезки дрен на 1 га уменьшается на 5%.

На умеренно уплотненных грунтах ($m = 15$ Н/см²) кротование следует проводить одностойчными кротователями, агрегатируемыми тракторами класса 4 т.с.

На сильно уплотненных почвах ($m = 20$ Н/см²) кротование следует проводить кротователями, агрегатируемыми тракторами класса 4 т.с. с предварительным проведением вспашки. Техничко-экономические расчеты свидетельствуют о том, что нарезка кротовых дрен на расстоянии 0,9 м наиболее целесообразно проводится двухстоечными кротователями.

Расчеты выполнены для нарезки АД на глубину 0,5 – 0,6 м, которая характерна для основного объема грунтов.

Следует отметить, что выбор компоновочной схемы кротователей рекомендуется производить в зависимости от отношения — ϵ номинальной силы тяги трактора $P_{\text{тр.}}$ и сопротивления резанию одной стойкой на максимальную глубину в данном диапазоне (P_c). Параметры рабочего органа определены из условия резания на критический глубине и обеспечивают минимальную энергоемкость процесса кротования. Расчетные нагрузки на рабочий орган кротователей при блокированном резании определен и рекомендован (1,2,3).

Установлено, что при нарезке АД в аридной зоне позволяет улучшить водно — воздушный режим почвы за счет перераспределения влаги нижележащие подпахотные горизонты и ее аккумуляции в грунтовом массиве 0-60 см по глубине. При этом значительно улучшается экологическая обстановка, сокращается поливная и промывная норма до 15%, предотвращаются повышения уровня грунтовых вод и процесс засоления. Для осуществлений нарезки АД разработана конструкции рабочего оборудования НАД-2-60, которая в 1990 году прошли ведомственный приемочный испытания и рекомендована к широкому внедрению в хозяйствах республики. Новизна технического решения рабочего оборудования защищена авторским свидетельством (1).

Техничко-экономические расчеты показали, что нарезка АД позволяет снизить эксплуатационные расходы до 30%, сократить поливную норму на 15%, обеспечить оптимальной водно-воздушной режим почвы в аридной зоне и повышает урожайность хлопчатника до 7,7 ц/га.

Выводы

1. Сформированы основные требования к конструкции и технологии устройства АД на тяжелых грунтах аридной зоны.
2. Установлена закономерность изменения плотности влагоемкости и фильтрационных свойств почвогрунтов в процессе нарезки АД.
3. Разработана технология устройства АД с применением принципиально нового способа и конструкции нарезки кротовин, основанного на протаскивании ступенчатого пассивного ножа с двумя параллельно установленными остроусеченными дренами, размещенными скосами друг к другу и жестко соединенными между собой.
4. Предложены зависимости и получены экспериментальные подтверждения расчета новой конструкции кротового дренажа, позволяющие повысить эффективность и срок службы кротовин до 4 лет.
5. Установлены зависимости расчета тяговых сопротивлений кротователей, учитывающие конструктивно новые решения нож-стойки и дренов, позволяющие снизить энергоемкость процесса разрушения грунта до 25 %.
6. Разработана методика выбора рациональной области использования АД и оптимизации основных параметров кротователей.

Литература:

1. А.с. 1751263 /СССР/. Устройство для нарезки кротовин / Хоммадов К., Данатаров А. — Москва. 1992. Бюл. №28.
2. Данатаров А. Об экологической напряженности в аридной зоне. // Тезисы докладов Международной конференции. 16—17 сентября 1993 г. Экологические проблемы при орошении и осушении: часть I. — Киев. — с.7—8.
3. Данатаров А., Сапаров К.Б. Устройство аэрационного дренажа в аридной зоне. Мелиорация и водное хозяйства. Международный научный журнал — Москва. 1994 г. №2. с. 34—36.
4. Методические указания по состоянию производственно-финансового плана сельскохозяйственного предприятия. Часть II. ВГО «Союз учет издат». М., 1987 г. — 32 с.
5. Киртбая Ю.К. Элементы теории оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных агрегатов // Тракторы и сельхозмашины. — 1969 г. №10. — с. 23—25.

Мелиоративная и экономическая эффективность аэрационного дренажа

Данатаров А., кандидат технических наук, докторант
Туркменский сельскохозяйственный университет (г. Ашгабад)

Байджанов Г., ведущий инженер «Туркменсувылымтаслама» МВХТ

Глубина распространения уплотнения подпахотного горизонта по сравнению с целиной после 20, 40 и 80-летней обработки составляет соответственно 60, 80 и 125 см. Данные многих исследователей показывают, что увеличение или уменьшение объемной массы почвы от оптимальной на 0,1-0,3 г/см³ приводит к снижению урожая на 20-40% (11).

В ходе 13-летних исследований А.В. Снигирева и Ю.С. Алексеевой было доказано, что глубокие обработки дренированных тяжелосуглинистых почв приводят к существенным положительным изменениям подпахотного слоя почвы. Так, объемная масса уменьшилась на 4%, коэффициент фильтрации возрос в 10 раз. Даже на 8-й год после рыхления отмечено последствие — кислотность почвы и максимальная молекулярная влагоемкость были ниже, чем на контроль, запасы продуктивной влаги выше, содержание питательных веществ в подпахотном слое в 2 раза выше (12). Увеличилась биологическая активность почвы; интенсивность работы дренажа возросла в 1,7-2 раза, максимальные модули стока достигали 1,9-2,2 л/с х га (1).

Моделирование работы дренажа свидетельствует о том, что интенсивность поступления воды в дренаж определяется коэффициентом фильтрации и водоотдачи наддренного слоя грунта, из которого происходит сброс гравитационной воды. Кроме того, рабочие органы, применяемые для нарезки дренажа, имеют большие тяговые усилия, в результате образования пластично-упругих деформаций грунта в нижней части ножа, о чем свидетельствуют также результаты исследований А.Н. Зеленина (10). В этой зоне грунт, вытесняемый рабочим органом, выдавливается в боковые стенки щели, не разрушая его к дневной поверхности. Критическая глубина резания рабочими органами данного типа определяет значительные тяговые усилия базовых машин. Поэтому нарезка АД в зоне орошаемого земледелия не нашла широкого применения.

Это дало возможность предложить новую конструкцию АД. Предлагаемая конструкция АД включает две параллельные дренажные полости, сформированные в монолите грунта естественной структуры. Сохранение естественной структуры грунта вокруг дренажа обеспечивает достаточную водозахватную способность и эксплуатационную надежность.

Для удовлетворения изложенных требований нами были разработаны специальные, универсальные рыхлители-кратователи новой конструкции, защищенные авторским свидетельством №1751263 (2).

Технология нарезки аэрационного дренажа (АД) разработана с учетом грунтовых условий и биологических

требований к развитию корневой системы хлопчатника, которая основана на разрыхлении подпахотных слоев и нарезке в монолите грунта перпендикулярно основному дренажу водоаккумулирующих кратовых спаренных дренажей на глубину 600 мм и на расстояния 900 мм (4).

Устройство АД регламентируется агротехническими требованиями к его проведению. Согласно данным требований глубина кратования тяжелых почв должна составлять не менее 0,6 м для обеспечения оптимального водно-воздушного режима почвы. Для этой цели использует различные агро-мелиоративные приемы: глубокая вспашка, рыхление, кратование. Однако, глубокая вспашка и рыхление не в полной мере отвечают предъявляемым требованиям, т.к. не в полной мере удовлетворяют интенсивности и эффективности проведения режимов вследствие слабой гидравлической связи с материальным дренажом.

Расположение таких почв обычными промывными нормами не дает положительного результата, а также приводит к значительным перерасходом воды. Наиболее приемлемым в решении данного вопроса является крато-дренаж. Однако, технология и конструкции для его проведения недостаточной степени эффективны и надежны по устойчивости и прочности.

Отечественные конструкции кратовых дренажей представляют собой полость с наддренной щелью. Щель и уплотненная стенка кратовины являются основным недостатком данной конструкции, т.к. происходит разрушение структуры грунта околодренной зоны. При водонасыщении грунт начинает набухать, препятствуя притоку воды к дренажу, а вода, поступающая через щель, приводит к размыву и разрушению свода дренажа.

Указанные конструкции прошли ведомственные приемочные испытания в совхозе «50 лет Туркменистана» Каракумского этрапа Марыйского велаята.

Влияние конструкции АД на устойчивость и эффективность работы, для опыты, проведенные на опытных участках совхозов «Ак-Алтын», «Целинный», имени Магтымгулы Каракумского этрапа показали, что на хлопковых полях оптимальная глубина нарезки АД составляет 0,6 м.

Устройство для нарезки АД состоит из вертикального ножа-дренера. Дренер включает два жестко соединенных между собой и параллельно установленных со скосами друг к другу усеченных цилиндра. Вертикальный нож выполнен в виде ступенчато установленных разрыхляющего и щелеобразующего зубьев к последнему шарнирно прикреплен дренер (рис. 5). Кратователь НАД-2-60 (рис. 1). Состоит из рамы 1 с опорными колесами 2 и рабочего органа 3, включающего вертикальную нож-стойку 4, шар-

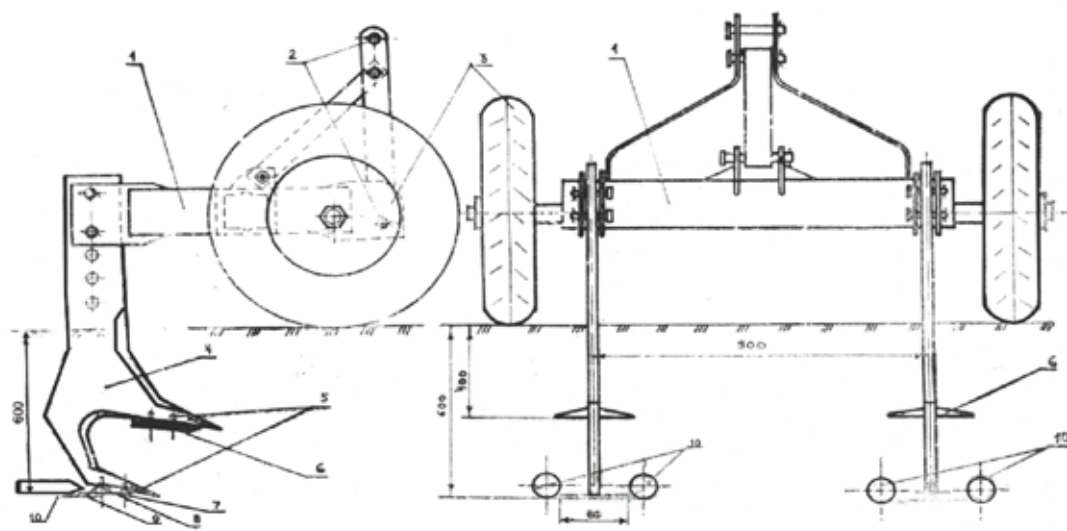


Рис. 1. 1 – рама; 2 – навеска; 3 – опорное колесо; 4 – вертикальный нож; 5 – зубы ножа; 6 – долота; 7 – проушина; 8 – вертикальный шарнир; 9 – поводка; 10 – кротователи.

нирно закрепленные открывки-рыхлители 5, долота 6, поводка 9, и кротователи 10. Режущая кромка нож-стойки включает разрыхляющий зуб 5, проушина 8. Данная конструкция кротователя-рыхлителя позволяет выполнить процесс разрушения грунта на докритической глубине, что значительно снижает сопротивление резанию.

Влияние АД на водно-воздушный режим почвы проявляется прежде всего в подпахотном горизонте, где влагоемкость почвы по результатам опытов повышалась на 30% (глубина 30–50 см).

Анализ образцов грунта на плотность, влажность, питательный режим и солевой состав проводился Байрамалийской почвенно-химической станцией, а также в аналитической лаборатории ИМиВП АСХНТ. Влагоемкость в пахотном слое (глубина 0–35 см) увеличивалась лишь на 6% (табл. 1.)

Механический состав грунта опытных участков характеризуется высоким содержанием глинистых частиц от 38% в пахотном слое (средний и легкий суглинок) до 75% в подпахотном слое (таблица 2.).

Положительно сказалось рыхление-кротование на водопроницаемость почвы. Установлено, что воздействие АД снижалось с течением времени, т.е. практически на 4-м году эксплуатации коэффициент фильтрации стабилизировался, незначительно превышая контрольный вариант (рис.2).

Установлено, что связи с увеличением междурядного расстояния коэффициент фильтрации грунта уменьшается и приближается по величине к водопроницаемости пахотного горизонта. Однако, при уменьшении расстояния между кротовинами до 0,6-0,9 м действие АД стабилизируется, в чем можно убедиться, анализируя кривые

Таблица 1. Влагоемкость на опытном участке по методу Б.А. Доспехова

Глубина, см	Контрольный участок			Влияние нарезки АД на влажность ППВ, %			Ср. значение	
	запас влаги в слое, мм	порозность	плотность	через день	через 3 дня	через 5 дней	вар.	контр.
0-10	245	42,9	1,28	19,85	19,81	19,16	19,60	18,34
10-20	247	42,1	1,29	22,22	21,33	19,15	20,00	18,40
20-30	258	41,8	1,32	22,90	21,15	21,11	21,72	15,11
30-40	239	39,8	1,44	23,81	22,12	21,18	22,38	14,77
40-50	238	39,1	1,55	23,92	21,22	21,11	22,76	12,18
50-60	238	39,0	1,57	24,22	22,33	22,09	22,38	12,11
60-70	249	42,8	1,39	23,83	22,13	19,04	21,67	17,18
70-80	251	43,1	1,39	22,17	20,14	19,94	20,45	18,25
80-90	253	43,2	1,38	22,13	20,11	19,89	20,72	18,98
90-100	259	43,2	1,38	22,11	20,10	19,77	20,66	19,30

Таблица 2. Механический состав почвогрунтов на опытном участке КОМС, 1990 г.

Глубина, см	Фракции, в мм								Мех. состав	Уд. вес
	1–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	0,001	физ. глины, 0,01		
0–10	0,04	1,96	37,50	22,40	3,02	14,85	22,92	38,10	ср. суг.	1,51
10–20	0,03	0,56	16,81	21,34	17,36	14,02	29,88	61,26	лег.суг.	1,50
20–30	0,13	1,02	16,50	27,02	7,32	21,20	26,72	55,24	тяж.суг.	1,53
30–40	0,08	1,01	16,53	26,70	8,84	19,38	27,46	55,66	тяж.суг.	1,52
40–50	0,03	1,21	12,06	31,88	6,00	21,00	27,82	54,82	тяж.суг.	1,74
50–60	0,03	1,25	12,16	29,54	9,02	21,46	26,64	57,12	тяж.суг.	1,57
60–70	0,02	0,9	9,76	34,44	7,48	21,04	26,36	54,88	тяж.суг.	1,54
70–80	0,03	1,24	12,17	29,54	9,01	21,47	26,68	57,16	тяж.суг.	1,55

зависимости изменения коэффициента фильтрации (рис.2).

Практически изменение расстояния между кротовыми дренами менее 0,6 м не приводит к увеличению коэффициента фильтрации, т.е. данное расстояние является оптимальным для испытываемого участка. В подтверждение полученных результатов зафиксировано изменение объемного веса почвы при различных расстояниях между дренами (табл.3.).

Объемный вес почвогрунтов уменьшается на 10–12% по сравнению с монолитом. При расстоянии между дренами 0,6–0,9 м объемный вес практически не изменяется и составляет в результатах опыта 1,33–1,35 г/см³.

Нарезка АД существенно отразилась на основных фазах развития хлопчатника. Фенологические наблюдения показали, что на участках АД и сплошным рыхлением всходы хлопчатника, начало бутонизации, цветение, плодообразование и созревание опережают на 1–4

дня данные показатели по контрольному варианту, что в конечном итоге отражается на росте растений, их урожайности. АД способствовал перераспределению количественного состава солей по вертикали массива грунта. Значительное содержание солей в пахотном горизонте наблюдается при соблюдении промывного режима засоленных почвогрунтов. Плодородие почвы хлопковых систем при нарезке АД улучшается, чем свидетельствует материалы наблюдений.

Как показала математическая обработка данных урожайности АД через 0,6–0,9 м существенных различий в вариантах нет, хотя энергетическая затраты намного выше, поэтому более эффективным, исходя из последних ограничений, является разреженность АД на расстоянии 0,9 м.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что воздействие АД на водно-воздушный, солевой и тепловой режимы почвы проявляется в повышении водопроницаемости

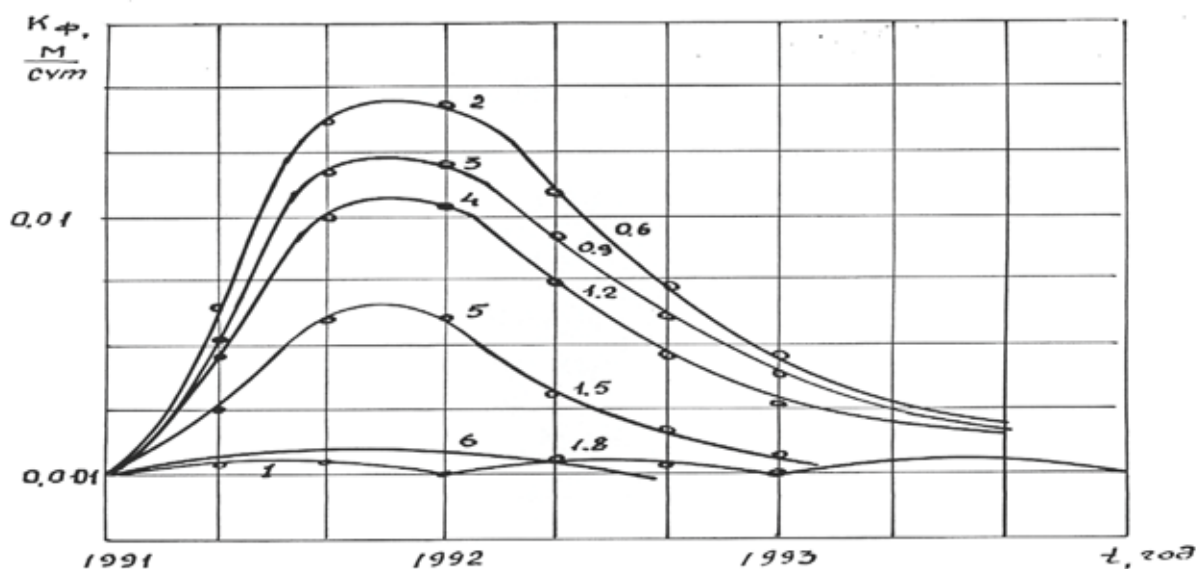


Рис.2. Изменение коэффициента фильтрации грунта при проведении АД

Таблица 3. Изменение объемного веса почвы в процессе нарезки аэрационного дренажа

Расстояния между дренами, в м	Горизонт, в см	Средний летний объемный вес почвы, г/см ³			
		1991	1992	1993	1994
0,6	10-20	1,44/1,30	1,47/1,32	1,49/1,34	1,51/1,35
	30-40	1,47/1,31	1,48/1,33	1,49/1,35	1,50/1,36
	50-60	1,54/1,28	1,49/1,29	1,49/1,30	1,53/1,33
0,9	10-20	1,48/1,31	1,47/1,32	1,49/1,34	1,49/1,37
	30-40	1,48/1,32	1,49/1,34	1,50/1,36	1,50/1,38
	50-60	1,49/1,28	1,59/1,30	1,50/1,32	1,50/1,35
1,2	10-20	1,44/1,32	1,49/1,32	1,49/1,35	1,49/1,37
	30-40	1,49/1,33	1,49/1,33	1,48/1,34	1,48/1,38
	50-60	1,54/1,33	1,60/1,35	1,60/1,33	1,60/1,37
1,5	10-20	1,48/1,34	1,49/1,30	1,48/1,35	1,48/1,39
	30-40	1,49/1,35	1,53/1,34	1,49/1,36	1,49/1,39
	50-60	1,54/1,28	1,49/1,29	1,49/1,30	1,49/1,39
1,8	10-20	1,44/1,30	1,47/1,32	1,49/1,34	1,49/1,41
	30-40	1,47/1,31	1,48/1,33	1,49/1,35	1,49/1,42
	50-60	1,54/1,28	1,49/1,29	1,49/1,30	1,49/1,41

почвенного и особенно подпахотного горизонта, что обеспечивает эффективное перераспределение массы грунта на всю его глубину. Активное регулирование влаги, солей и тепла в почве с наличием АД оказывает эффективное воздействие на урожайность хлопчатника и особенно на староорошаемых тяжелых почвах аридной зоны. Результаты экспериментальной проверки подтвердили аналитические предположения об эффективности применения АД на хлопковых системах.

При более мелком заложении (до 0,5 м) происходила значительная деформация кротовых дрен. При увеличении глубины нарезки до 0,9 м возрастали тяговые усилия. На участках с заложением АД по сравнению с чисто рыхлением наблюдалось более сильное воздействие на водно-воздушный и солевой режим почвы, особенно в период проведения промывки. Эффективным диаметром кротовых дрен, как показали опыты на хлопковых полях, оказался диаметр 0,04 м двух спаренных дрен, расположенных на расстоянии 0,08 м. Смежные стенки дрен при формировании их дренами диаметром 0,04 м были достаточно плотными (1,6-1,7 г/см³), а наружные имели плотность монолита грунта. При этом щель, образования ножом-стойкой кротователя было заполнена вытесненным грунтом, который смещался к центру дренами. При увеличении диаметра дренами наблюдалось снижение на 20-30% производительности кротователей, а также сильное уплотнение междреннего пространства, а также образование ядра уплотнения грунта (1,7-1,9 г/см³).

Исследования влияния междренних расстояний АД на его устойчивость показали, что густота нарезки дрен в основном влияет на урожайность хлопка и практически не отражается на устойчивости дрен. Лучшее мелиоративное состояние было получено при густоте нарезки АД 0,6-0,9 м. В данном случае наблюдалось существенное снижение

расхода промывной воды и оптимальный режим расселения. Следует отметить, что полученные результаты полевых исследований параметров АД хорошо согласуются с теоретическими. Как показали исследования, важным условием нормальной продолжительности работы АД являлась глубина нарезки дрен.

Оптимальная глубина нарезки АД на хлопковых полях 0,5-0,6 м. при более мелком заложении до 0,4 м происходила деформация кротовин в период промывки, из-за слабой устойчивости вода кротовин, т.к. они формировались практически в зоне объемного рыхления грунта, при заложении АД на глубине 0,7-0,9 м более сильного влияния на водно-воздушный и солевой режимы практически не наблюдалось. Кроме того, эффективность АД в данном случае сильно снизилась из-за увеличения удельных энергетических затрат.

Для предупреждения суффозионных явлений и повышения срока службы дрен было разработано техническое решение конструкции кротователя, которое позволило исключить прямой приток воды к дрене через ножевую щель. Кротователи представляют собой усеченные спаренные цилиндры, установленные в плане на расстоянии 0,08 м друг от друга и жестко закрепленные на коромысле.

Характер разрушения кротовин, как показали раскопки, наблюдается в первую очередь в верхнем своде, ослабленном вследствие прохода нож-стойки. Кротователь новой конструкции позволил нарезать скошенные дренами смещенными относительно нож-стойки. При этом стенки кротовин имели плотное сложение (1,5-1,74 г/см³), т.к. разрушение и смежные грунта в процессе формирования кротовин происходит к центру проходки. Практически наружные стенки кротовин имели плотность грунта равную монолиту, а внутренние стенки были уплотнены от 1,6 — до 1,75 г/см³.

Раскопки дрен позволили прийти к выводу, что в почвах с тяжелым механическим составом (70-90% глины), основной приток к дренам происходил через наружные стенки, т.к. коэффициент фильтрации грунта в междренном пространстве был менее чем в монолите. Однако, благодаря наличию двух спаренных кротовин, интенсивность поступления воды в дрена была значительно больше чем в одиночные дрена. Следует отметить, что при данной конструкции АД количество воды, отводимой дренажем по сравнению с притоком воды непосредственно через щель в дрена, уменьшилась (до 0,08–0,27 м/сут.) и практически определялось фильтрационными способностями грунта. Благодаря такой конструкции АД, схема притока воды к дренам значительно изменилась, что позволило снизить градиент напора, а следовательно, и предотвратить суффозионный вынос частиц грунта. Оценку прочности грунта проводили протативными прибором, основные конструктивные данные которого приведены в работе Ю.А.Ветрова (4).

В работе применялись разные методы лабораторных и полевых исследований. Установление оптимальных параметров рабочего оборудования и конструкции дрен производились в грунтовом канале, оснащенном оборудованием для исследования процессов резания грунта кротодренажными рабочими органами. Оборудование включает динамометрический стенд, установленный на передвижной тележке. Силы резания определялись по деформациям двух тензометрических балок. На каждую тензометрическую балку было наклеено по четыре датчика, выполняющих функции рабочих и компенсационных датчиков, что позволило регистрировать только разность напряжений на базовом участке балочки, заключенной между собой датчиками (5).

Эффективность АД по водопроницаемости почвы, исходя из кривых, наблюдается при нарезке дрен на расстоянии в пределах от 0,6-0,9 м. Под воздействием АД почва более активно аэрировалась. Температура почвы на глубине 0,2 м при междренном расстоянии 0,9 м в среднем меньше было на 2,4% по сравнению с контрольным вариантом. Одновременно густота нарезки дрен оказывает сильное воздействие на урожайность хлопчатника. По сравнению к контрольным вариантом урожайность хлопчатника возросла до 7,7 ц/га.

Скорость перемещения рабочего органа принимались в пределах 0,25 м/с.

Устойчивость кротовых дрен определялась с помощью лабораторно-полевых методов: лабораторным (Р.Ф. Астапова); полевым (М.Н. Глотова); лабораторно-полевым (Ф.Р. Зайдельмана) (3,5,9). При соблюдении технологии нарезки АД, эффективность и продолжительность действия его на тяжелых почвах аридной зоны составила 4 года.

Краткая техническая характеристика кротователя-рыхлителя НАД-2-60 приведена в таблице 4.

Для исследования были выбраны массивы грунта с высокой степенью однородности, прочность $C=18\pm 1$ ударов

ударника ДорНИИ; влажность по массе $\omega = 21,1\%$ (аргелит); прочность $C = 4\pm 1$; влажность $\omega = 25,9\%$ (лессовидная глина). Данные исследования позволили выявить физику процесса резания грунта рабочими органами.

Исследования показали, что в процессе нарезки кротовин плотность грунта околосредней зоны по величине практически не отличалась от плотности монолита грунта. Полости дрен были весьма устойчивы. Качество рыхления проверялось раскрытием зоны разрушения поверхности грунта за проходом рабочего органа. Установлено, что за проходом сплошного ножа, разрушение грунта происходит в виде комьев до критической глубины резания, в данном случае до 0,4 м, а в нижней части происходит трещинообразование. При работе ступенчатого рыхлителя грунта происходит на всю глубину резания. Однако, следует отметить, что при этом ширина разрушаемой полосы меньше на 10 см по сравнению со сплошным ножом.

Работа рыхлителя и нарезчика АД представляется на рис. 3.

Для улучшения качества прокладки и эффективности работы аэрационного дренажа рекомендуется производить по направлению вспашки, т.е. по линии поливных борозд. Установлено, что при нарезка АД в аридной зоне позволяет улучшить водно — воздушный режим почвы за счет перераспределения влаги нижележащие подпахотные горизонты и ее аккумуляции в грунтовом массиве 0-60 см по глубине (6,7). Грунтовые условия испытания представлены в таблице 5.

В результате проведения кротования-рыхления почвы, рыхление почвы происходит на всю глубину V-образной формы, ширина которой по верху составляет 65-70 см. при этом средняя комковатость почвы составляет 30-60 мм. Кротование дрена сформованы в монолите грунта с плотностью скелета 1,5-1,7 г/см³, влажность 8-12%. Гранулометрический состав характеризуется показателями, представленными в таблице 6.

Использование влияния АД на мелиоративное состояние почвы проведено на землях совхоза «Ак Алтын» Каракумского этрапа Марыйского велаята. Опытный участок площадью типичным для данного региона.

Размещение вариантов по делянкам и определение параметров выполнено по методике Б.А. Доспехова (8).

Расположение опытных делянок производили по систематическому методу, т.е. восемь вариантов с четырехкратной повторностью находятся в одном ярусе. В шести вариантах использована аэрация почвы с междренним расстоянием 0,6; 0,9; 1,2; 1,8; 3,0 и глубиной нарезки 0,6 м, а в двух вариантах — рыхление сплошное и полосное. Закладка опытных делянок осуществлялась после вспашки, а в последующем по существующей агротехнике был выполнен посев хлопчатника.

Изучения влияния проводимых мероприятий осуществлялось в следующем порядке: до проведения промывных поливов с 25.02.1991г. по 02.03.1991г. на делянках по заложенным шурфом и после промывных поливов с 22.04.1991г. по 30.04.1991г. отбирались образцы почвы

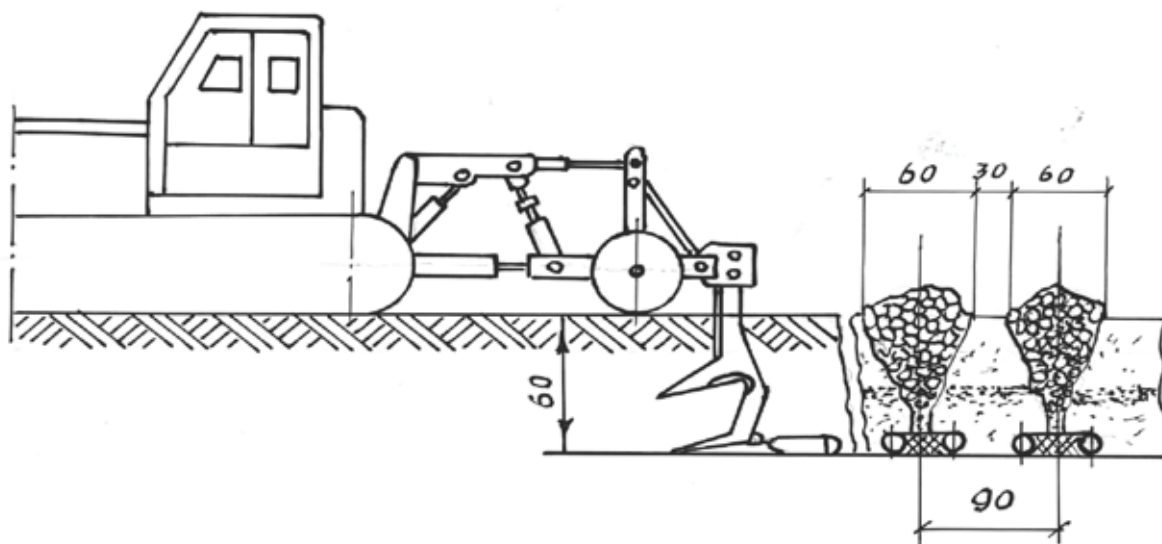


Рис. 3. Схема нарезчика аэрационного дренажа

Таблица 4.

п/п	Показатель	Ед. измерения	Величина
1.	Класс тяги базового трактора	т.с.	4
2.	Глубина рыхления	м	0,6
3.	Ширина захвата	м	1,8
4.	Количества стоек ножей	шт.	2
5.	Количество дренажных полостей за один проход	шт.	4
6.	Масса	кг.	600

Таблица 5.

п/п	Глубина отбора образца, см	Влажность почвы, %	Плотностьскелета грунта, г/см ³
1	2	3	4
1.	10	7,0	1,84
2.	20	9,5	1,87
3.	30	12,1	1,89
4.	40	12,8	1,87
5.	50	13,0	1,89
6.	60	13,1	1,88

Таблица 6.

п/п	Глубина отбора образцов, см	Фракции, мм							
		1-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	0,001	физ. глины 0,01
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	20	0,15	2,60	21,25	15,64	8,32	18,88	33,16	60,36
2.	40	0,11	1,05	11,53	12,70	7,52	26,10	40,98	74,60
3.	60	0,15	0,82	7,23	18,20	7,68	24,68	41,34	73,60

Таблица 7. Плотность почвы и содержание солей до и после проведение агрономических приемов

Параметры	Номера вариантов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Плотность, г/см ³								
-до проведения	1,65	1,65	1,66	1,65	1,64	1,66	1,65	1,66
-после проведения	1,55	1,30	1,33	1,37	1,38	1,39	1,44	1,49
Солесодержание (C _в и плотный остаток)								
-до проведения	0,021	0,020	0,020	0,021	0,020	0,021	0,021	0,021
-после проведения	0,020	0,013	0,014	0,017	0,018	0,018	0,017	0,019

Таблица 8. Результаты фенологические наблюдений на опытном участке

п/п	Фазы роста и развития хлопчатника	Дата		
		Опытные делянки		
		контроль	АД, L=0,9 м	сплошное рыхление
1.	Появление всходов	26.04	26.04	26.04
2.	Всходы на 30%	28.04	28.04	28.04
3.	Всходы на 60%	30.04	29.04	29.04
4.	Всходы на 90%	2.05	1.05	1.05
5.	Появление первых листьев	7.05	3.05	3.05
6.	Начало бутонизации	28.05	24.05	25.05
7.	Начало цветения	20.06	16.06	17.06
8.	Начало плодообразования	3.07	28.06	29.06
9.	Начало созревания	8.08	2.08	4.08

Таблица 9. Урожайность хлопка-сырца

Наименование параметров	Номера вариантов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
У _к	2,33	2,71	2,70	2,66	2,64	2,64	2,66	2,60
П _к	15,0	16,2	16,2	16,1	16,1	16,0	16,1	16,1
Г _р	78398	80057	79700	78959	78907	78900	78860	78850
У _р	27,4	35,1	34,8	33,8	33,5	33,3	33,7	33,0

Таблица 10. Основные технические характеристики кротователей-рыхлителей

п/п	Наименование показателей	РК-1,2	ГРХ-2-50	НАД-2-60
1.	Базовый трактор	Т-130	Т-4А	Т-4А
2.	Тип машины	навесная	навесная	навесная
3.	Глубина рыхления-кротования	60	30-50	60
4.	Глубина захвата, см	180	180	180
5.	Рабочая скорость, км/ч	2	5-8	3
6.	Число стоек-ножей, шт	2	2	2
7.	Масса оборудования, кг	1150	900	600

по горизонтали: дневная поверхность; 0-20 см; 20-40 см; 40-60 см. результаты анализов приведены в таблице 7.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что проведение промывного режима на землях подверженных АД почвы позволяет снизить содержание солей на 35%, сплошному рыхлению 19%, а при полосном 10%.

Проведение АД позволяет уменьшить плотность более 22% при расстоянии между дренами 0,6 м, а при расстоянии между дренами 0,9 м 20%, и на 17% при расстоянии 1,2 м. Соответственно снизились содержание солей в почве на 35%, 19% и 10%. На опытных участках проведены выборочные фенологические наблюдения.

Результаты фенологического наблюдения показывают, что проведение агрономелиоративных приемов (АД, рыхление) позволяют значительно ускорить процесс развития и созревания хлопчатника, что дает возможность получать более высокие урожаи, т.е. урожайность хлопчатника увеличивается до 7,7 ц/га (табл.9).

Урожайность хлопчатника устанавливали по биологическому методу: сбор и взвешивание хлопка по всей учетной деланок; приведение к 8% влажности и 100% чистоты; определение урожайности в ц/га:

$$Y_p = Y_k \times P_k \times \Gamma_p / 10^5$$

Y_p — урожайность хлопчатника, ц/га;

Y_k — средний вес одной коробочки, г;

P_k — число коробочек на одном расстоянии по последним вычислениям;

Γ_p — частота стояния растений перед сбором хлопка-сырца.

Результаты расчеты приведены в таблице 9.

Таким образом, новая конструкция АД, технология и средства его нарезки позволили обеспечить оптимальный водно-воздушный режим почвы, снизить расход промывной воды и значительно улучшить мелиоративное состояние тяжелых грунтов аридной зоны.

Экономическая эффективность АД может быть определена по трем основным составляющим: экономическая эффективность от применения новой конструкции и технологии его нарезки; экономическая эффективность от прибавки урожая сельскохозяйственных культур; экономия промывной и поливной воды.

Нами определены материальные и трудовые затраты для следующих технологических схем нарезки АД.

Первая технологическая схема включает следующий набор средств механизации: трактор Т-130; нарезчик АД РК-1,2.

Второй вариант технологии включает две операции: первоначально проводим вспашку, а затем рыхление. Состав механизмов: трактор ДТ-75 с пахотным агрегатом; трактор Т-4А с рыхлителем ГРХ-2-50.

Новая технология нарезки АД включает следующий набор механизмов: трактор Т-4А; нарезчик АД НАД-2-60.

По данным трем вариантам был выполнен технико-экономический расчет устройства АД.

Расчет экономических показателей выполнен на персональной ЭВМ по методике, разработанной в институте гидротехники и мелиорации Украинской академии аграрных наук.

Исходя из результатов расчетов приходим к выводу, что себестоимость машино-часов работы в году при нарезке АД кротователем НАД-2-60 составляет 12592 руб., что по сравнению с первым и вторым вариантом меньше на 27% и 6,0 процентов. При этом планово-расчетная стоимость нарезки АД с применением НАД-2-60 составляет 1,12 руб., что по сравнению с другим вариантом менее на 6 и 27%.

Технико-экономические показатели по процессу в целом также свидетельствуют об эффективности новой конструкции оборудования для нарезки АД. Экономический эффект от внедрения данной конструкции в совхозе «Ак Алтын» Каракумского этрапа Марыйского велаята подтвердили наши работы. Так, только по себестоимости внедряемого мероприятия и удельным капитальным вложениям, фактический годовой экономический эффект составляет 128 руб./га (как рыхлитель — 70 руб./га; АД — 58 руб./га).

Конструкции устройства нарезки АД прошли ведомственные приемочные испытания Госагропрома Туркменистана. С 1990-1994г.г. на объектах хлопководческих хозяйств выполнен АД на площади более 30 тыс. га. За истекший период внедрено 56 кротователей.

При этом значительно улучшается экологическая обстановка, сокращается поливная и промывная норма до 15%, предотвращаются повышения уровня грунтовых вод и процесс засоления. Для осуществлений нарезки АД разработана конструкция рабочего оборудования НАД-2-60, которая в 1990 году прошла ведомственный приемочный испытания и рекомендована к широкому внедрению в хозяйствах республики.

Для нарезки АД и рыхления подпахотного уплотненного слоя теоретически и экспериментально исследованы и разработаны оптимальные параметры АД и глубоко-рыхлителя. Обоснована технология нарезки АД и рыхления подпахотного слоя глубокорыхлителем; которая позволяет улучшить агротехнические показатели работы орудий при наименьших затратах. Технико-экономические расчеты показали, что нарезка АД позволяет снизить эксплуатационные расходы до 30%, обеспечить оптимальной водно-воздушной режим почвы в аридной зоне и повышает урожайность хлопчатника до 7,7 ц/га.

Литература:

1. Алексеева Ю.С., Снигирева А.В. Глубокая обработка почвы и урожай. — Л.: Лениздат. 1984 г. — 68 с.
2. А.с. 1751263 /СССР/. Устройство для нарезки кротовин /Хоммадов К., Данатаров А. — Москва. 1992. Бюл. №28.

3. Астапов С.В. Устойчивость кротовых дрен при закладке кротового дренажа. — В кн.: Кротовый дренаж. — М.: 1943. — с.79–97.
4. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. — М.: Машиностроение. 1971. — 360 с.
5. Глотов М.Н. Кротовый дренаж и его применение. В. кн. :Кротовый дренаж. — М.: 1943. — с.8–71.
6. Данатаров А. Методика экспериментальных исследования процесса нарезки аэрационного дренажа. Повышение эффективности использования и надежность механизированных средств в сельскохозяйственном производстве аридной зоне. В сб. научных трудов ТСХИ. 1994 г. т.38. вып. 4 — с. 34–39.
7. Данатаров А. Аэрационный дренаж в условиях аридной зоны. Международный научно-практический журнал №6. Проблемы освоения пустынь. 1999. с. 91–95.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. — Москва.: Агропромиздат. 1979 г. — с. 411.
9. Зайдельман Ф.Р. Режим и условия мелиорации заболоченных почв. 2-е изд., перераб. и дополн. — М.: Колос. 1975 г. 308 с.
10. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Машиностроение. 1968 г. — 376 с.
11. Кушнарев А.С., Кочев В.И. Механико-технологические основы обработки почвы. — Киев: Урожай. 1989 г. с.10–56.
12. Муратов М.М., Байметов Р.И., Бибутов Н.С. Механико-технологические основы и параметры орудий для разуплотнения почвы. — Ташкент: изд. Фан. 1988 г. — с. 3–17.

Изменение питательной ценности полизлаковых смесей в зависимости от влажности и частоты вращения рабочего органа

Муслимов Н.Ж., кандидат технических наук
Алматинский технологический университет

Изучено изменение питательной ценности полизлаковой смеси «Фитнес» и «Здоровье» от переменных значений влажности и частоты вращения рабочего органа. В результате установлено преобладающее влияние частоты вращения рабочего органа экспериментальной установки на изменение энергетической ценности полизлаковой смеси «Фитнес» и «Здоровье». Влажность полизлаковой смеси оказывает незначительное влияние на изменение питательной ценности продукта высокой степени готовности «Фитнес» и «Здоровье».

Жұмыс мүшесінің дымқылдылық пен айналу жиілігінің ауысымдылығына байланысты «Фитнес» және «Здоровье» полидәнді қоспалардың тағамдылық құндылығының өзгеруі зерттелді. Жұмыс мүшесінің айналу жиілігінің эксперименталды құрылғының «Фитнес» және «Здоровье» полидәнді қоспалардың энергетикалық құндылығының өзгеруіне әсері мол екені анықталды. Полидәнді қоспаның дымқылдылығы дайындалуы жоғары дарижелі «Фитнес» және «Здоровье» тағамдарына әсері аз екені анықталды.

Variation of nutritive value of poly-cereal mixtures «Fitness» and «Zdorovje» has been studied on variables of moisture and frequency of rotation of the working body. As a result it has been found out dominating influence of the frequency of rotation of the working body of experimental installation on variations of energy value of ply-cereal mixtures «Fitness» and «Zdorovje». Moisture of poly-cereal mixtures has a slight effect on variation of nutritive value of the product of higher readiness «Fitness» and «Zdorovje».

Современные способы формования сыпучих масс позволяют сократить технологический процесс производства продуктов высокой степени готовности. Одним из перспективных направлений развития техники является экструдирование продуктов питания на зерновой основе [1].

Сущность процесс экструзии заключается в том, что в зоне плавления экструдера, под действием вращающегося прессующего шнека с возрастанием давления P (горячая экструзия — до 25 мПа), происходит разрушение

полимерной структуры основных компонентов крахмало-содержащего сырья, клейстеризация и последующая его желатинизация, вызванные высокой температурой t (до 120°-250°С), возникающей при переходе механической энергии (энергии трения материала о поверхность экструдера и внутреннего трения материала при его перемещении между рабочими поверхностями рабочего органа) в тепловую энергию, в результате чего происходит активная термомеханическая деструкция. После, при выходе массы из матрицы, происходит «взрывание» продукта и разрых-

ление его структуры в результате резкого падения давления и температуры [2-4].

Такая обработка приводит к различным по глубине химическим изменениям в полизлаковом сырье. В результате экструзии наблюдается сохранение белковых веществ наряду с превращением полисахаридов в более легкоусвояемые олигосахариды, при этом наблюдается повышение питательной ценности пищевых продуктов.

С целью изучения изменения питательной ценности полизлаковых смесей на основе муки из цельнозернового зерна злаковых культур при производстве продуктов высокой степени готовности «Фитнес» и «Здоровье» в зависимости от влажности и частоты вращения рабочего органа проведены экспериментальные исследования по изучению процесса экструдирования на промышленном двухшнековом экструдере.

В качестве объекта исследования определены полизлаковые смеси «Фитнес» и «Здоровье», рецептура которых приведена в табл. 1–2.

Расчет рецептуры мучной полизлаковой смеси на основе муки из цельнозернового зерна злаковых культур производили при помощи разработанного программного обеспечения [5].

Экспериментальные исследования по определению питательной ценности проводили в соответствии с технологической схемой производства полизлакового продукта высокой степени готовности приведена на рис.1. Технологический процесс производства полизлаковых продуктов питания высокой степени готовности предусматривает эффективное ведение следующих технологических процессов: дозирование, смешивание, экструдирование, охлаждение, упаковка и складирование готовой продукции.

Таблица 1. Рецептура мучной полизлаковой смеси «Фитнес»

№	Наименование компонента	Содержание
1	Цельнозерновая ячменная мука	6,36%
2	Цельнозерновая кукурузная мука	42,75%
3	Цельнозерновая овсяная мука	20,0%
4	Цельнозерновая гречневая мука	24,54%
5	Цельнозерновая просяная мука	6,35%
Расчетное значение пищевой и биологической ценности		
6	Расчетное содержание протеина в смеси, %	14,28
7	Расчетное содержание крахмала в смеси, %	62,32
8	Расчетное содержание клетчатки в смеси, %	7,46
9	Расчетное значение калорийности смеси, ккал	318,87
10	Расчетное значение энергетической ценности, кДж	1334,15
Фактические значения калорийности и питательной ценности		
11	Фактическое значение калорийности смеси, ккал	313,11
12	Фактическое значение энергетической ценности, кДж	1310,05

Таблица 2. Рецептура полизлакового продукта высокой степени готовности «Здоровье»

№	Наименование компонента	Содержание
1	2	3
1	Цельнозерновая кукурузная мука	16,66 %
2	Цельнозерновая овсяная мука	26,20 %
3	Цельнозерновая гречневая мука	50,0 %
4	Цельнозерновая просяная мука	7,14%
Расчетное значение пищевой и биологической ценности		
1	Расчетное содержание протеина в смеси, %	14,04
2	Расчетное содержание крахмала в смеси, %	59,753
3	Расчетное содержание клетчатки в смеси, %	10,281
4	Расчетное значение калорийности смеси, ккал	318,78
5	Расчетное значение энергетической ценности, кДж	1333,77
Фактические значения калорийности и энергетической ценности		
6	Фактическое значение калорийности смеси, ккал	313,81
7	Фактическое значение энергетической ценности, кДж	1312,98

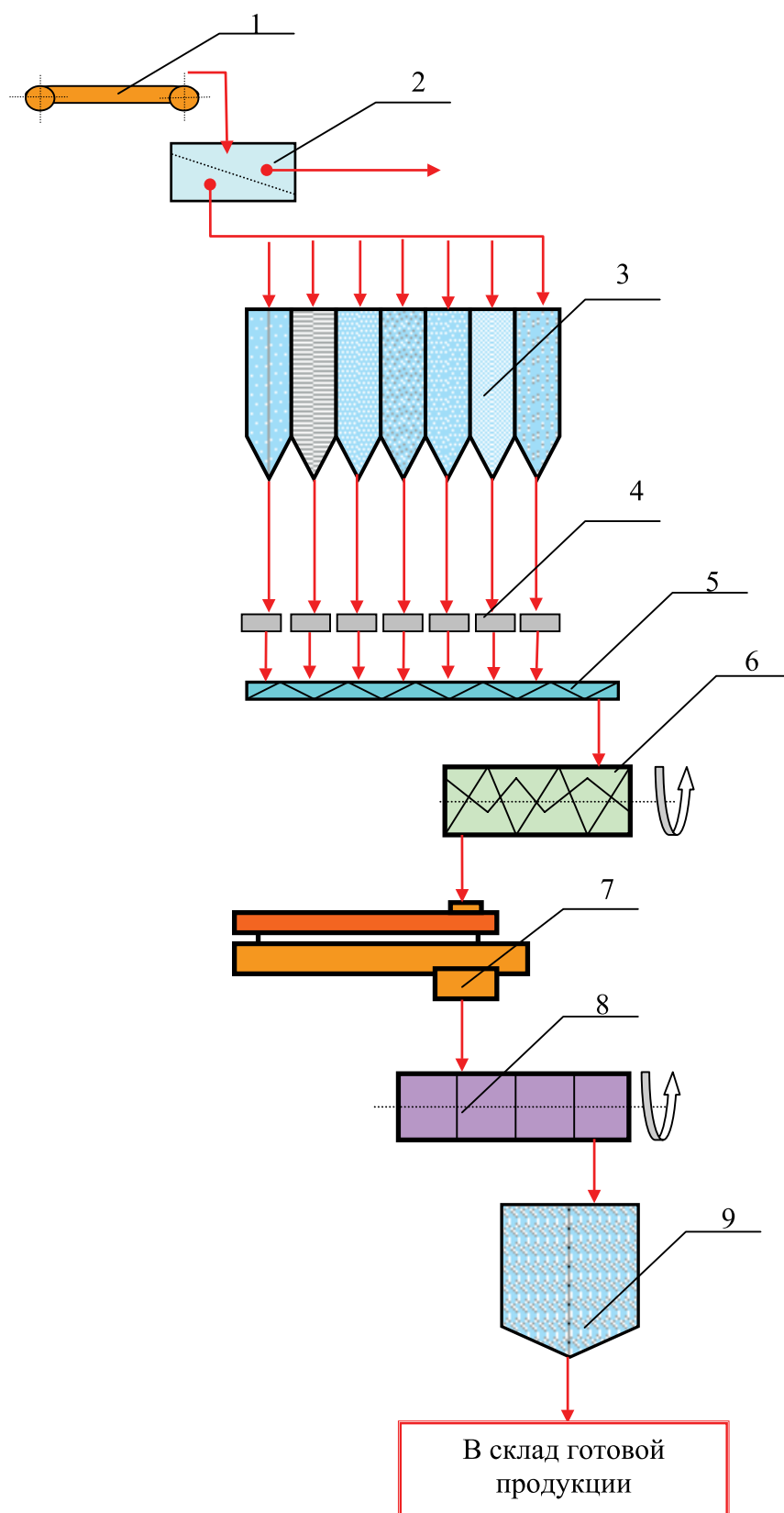


Рис. 1. Технологическая схема производства экструдированных полизлаковых продуктов высокой степени готовности «Фитнес» и «Здоровье»

Для ведения технологического процесса производства полизлаковых продуктов высокой степени готовности применяют следующее технологическое оборудование: транспортирующие механизмы 1, просеиватель муки 2, оперативные бункера 3, дозаторы 4, цепной (или шнековый) транспортёр 5, смеситель 6, экструдер 7, барабанная сушилка 8 и бункер для готовой продукции 9.

Технологический процесс производства полизлаковых продуктов питания высокой степени готовности «Фитнес» и «Здоровье» заключается в следующем. Полизлаковая смесь подается в оперативные бункера 3 для создания сырьевого запаса на технологической линии. После чего равномерным потоком в соответствии с заданной рецептурой (см. табл.1–2) сыпучее мучное сырье подается в автоматические дозаторы 4, порции мучного сырья цепным (или шнековым) транспортёром 5 подаются в лопастной смеситель 6, для получения однородной по составу полизлаковой смеси. Полученная смесь загружается в пищевой экструдер 7, где в результате высокотемпературной экструзии происходит разрушение полимерной структуры основных компонентов крахмалосодержащего сырья, клейстеризация и желатинизация, вызванная действием высокой температуры, возникающей при переходе механической энергии (энергии трения материала о поверхность экструдера и внутреннего трения материала при его перемещении) в тепловую энергию при этом вызывая набухание крахмала в полизлаковой смеси. Экструдирование полизлаковой смеси осуществляется горячим способом. Оптимальные параметры процесса приведены в таблице 3.

На основании экспериментальных данных строили график зависимости калорийности мучной полизлаковой смеси «Фитнес» и «Здоровье» в зависимости от переменных значений влажности и частоты вращения рабочего органа.

На рис. 2 приведена трехмерная модель, характеризующая зависимость изменения значений энергетической ценности полизлаковой смеси на основе муки изцельносмолотого зерна злаковых культур «Фитнес» от переменных значений влажности мучной полизлаковой смеси и частоты вращения рабочего органа экспериментальной установки.

Анализ поведения трехмерной поверхности показал, что с увеличением частоты вращения рабочего органа (шнека) n с 80 до 250 мин⁻¹ приводит к увеличению зна-

чений энергетической ценности полизлакового продукта питания высокой степени готовности ($\mathcal{E}_{ц1}$, ккал). При этом влажность обрабатываемой мучной полизлаковой смеси не значительно изменяла значения $\mathcal{E}_{ц1}$ в процессе экструдирования.

Так, например, при влажности мучной полизлаковой смеси 12% и частоте вращения шнека 80 мин⁻¹ значение $\mathcal{E}_{ц1}$ соответствовала 313,38 ккал. При $W=13,5\%$ и $n=80$ мин⁻¹ значение $\mathcal{E}_{ц1}$ составило 313,47 ккал. Увеличение влажности до 15% приводило к увеличению значений энергетической ценности 313,85 ккал. Дальнейшее увеличение влажности до 18% снижало значения $\mathcal{E}_{ц1}$ экструдата до 313,3 ккал.

Аналогичные зависимости были получены при изменении значений частоты вращения рабочего органа с 120 до 250 мин⁻¹. Так, например, при $n=120$ мин⁻¹ и $W=12\%$ значения $\mathcal{E}_{ц1}$ составило 314,0 ккал. При увеличении значений n до 170 мин⁻¹ приводило к увеличению $\mathcal{E}_{ц1}$ до 316,01 ккал. Увеличению значений $n=210$ мин⁻¹ также приводило к увеличению значения $\mathcal{E}_{ц1}$ и составило 320,75 ккал. При дальнейшем увеличении частоты вращения рабочего органа до 250 мин⁻¹ значение энергетической ценности составило 328,75 ккал. В ходе экспериментальных исследований установлено максимальное значение $\mathcal{E}_{ц1}$ – 332,34 ккал, которое достигается при вращении рабочего органа $n=250$ мин⁻¹ и $W=15\%$.

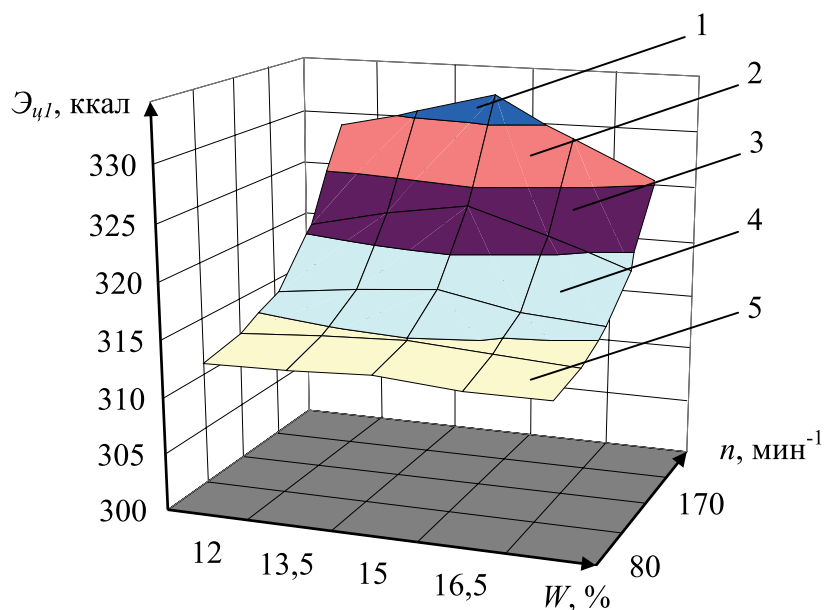
На рис. 3 приведена трехмерная модель характеризующая зависимость изменения значений энергетической ценности полизлаковой смеси на основе муки изцельносмолотого зерна злаковых культур «Здоровье» от переменных значений влажности мучной полизлаковой смеси и частоты вращения рабочего органа экспериментальной установки.

Анализ поведения трехмерной поверхности показал, что с увеличением частоты вращения рабочего органа (шнека) n с 80 до 250 мин⁻¹ приводит к увеличению значений энергетической ценности полизлакового продукта питания высокой степени готовности ($\mathcal{E}_{ц2}$, ккал). При этом влажность обрабатываемой мучной полизлаковой смеси не значительно изменяла значения $\mathcal{E}_{ц2}$ в процессе экструдирования.

Так, например, при влажности мучной полизлаковой смеси 12% и частоте вращения шнека 80 мин⁻¹ значение $\mathcal{E}_{ц2}$ соответствовала 315,72 ккал. При $W=13,5\%$ и $n=80$ мин⁻¹ значение $\mathcal{E}_{ц2}$ составило 315,33 ккал. Увеличение влажности до 15% приводило к увеличению значений

Таблица 3. Технологические параметры процесса экструзии

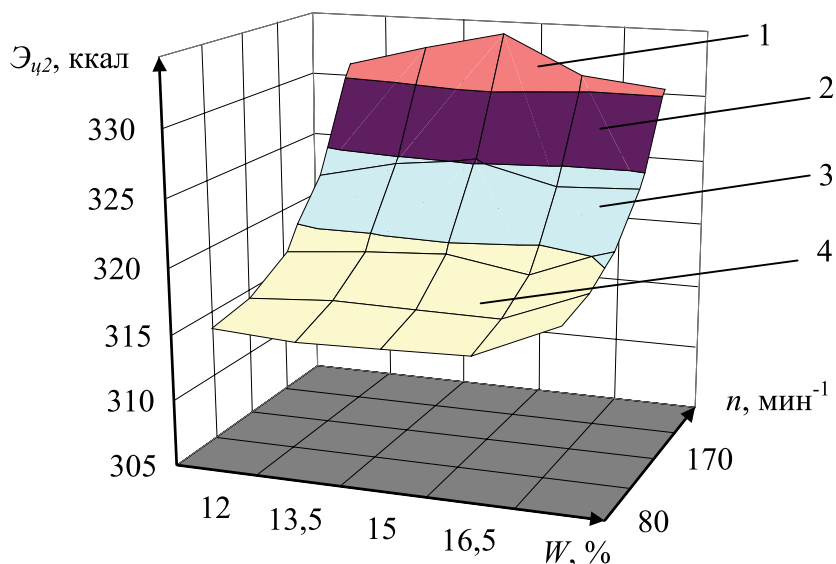
№	Наименование параметра экструзии	Значение	
		начальное	конечное
1	Виды экструзии	горячий	
2	Температура, °С (на выходе, готовой продукции)	130	250
3	Давление, мПа	12	25
4	Число оборотов, мин ⁻¹	80	250



$$\mathcal{E}_{ц1} = 631,0161 - 38,4253 w - 0,3930 n + 0,0015 n^2 + 1,2729 w^2 + 0,0015 n^2$$

Рис. 2. Зависимость энергетической ценности полизлакового продукта высокой степени готовности «Фитнес» ($\mathcal{E}_{ц1}$, ккал) от влажности (W , %) и частоты вращения рабочего органа (n , мин-1)

- 1 – область, характеризующаяся питательной ценностью 330-335 ккал;
- 2 – область, характеризующаяся питательной ценностью 325-330 ккал;
- 3 – область, характеризующаяся питательной ценностью 320-325 ккал;
- 4 – область, характеризующаяся питательной ценностью 315-320 ккал;
- 5 – область, характеризующаяся питательной ценностью 310-315 ккал.



$$\mathcal{E}_{ц2} = 589,0392 - 29,1706 w - 0,5388 n + 0,0037 wn + 0,9436 w^2 + 0,0001 n^2,$$

Рис. 3. Зависимость энергетической ценности полизлакового продукта высокой степени готовности «Здоровье» ($\mathcal{E}_{ц2}$, ккал) от влажности (W , %) и частоты вращения рабочего органа (n , мин-1)

- 1 – область, характеризующаяся питательной ценностью 330-335 ккал,
- 2 – область, характеризующаяся питательной ценностью 325-330 ккал,
- 3 – область, характеризующаяся питательной ценностью 320-325 ккал,
- 4 – область, характеризующаяся питательной ценностью 315-320 ккал.

энергетической ценности 315,6 ккал. Дальнейшее увеличение влажности до 18% снижало значения $\mathcal{E}_{\text{ц2}}$ полученного экструдата до 318,45 ккал.

Аналогичные зависимости были получены при изменении значений частоты вращения рабочего органа с 120 до 250 мин⁻¹. Так, например, при $n=120$ об/мин и $W=12\%$ значения $\mathcal{E}_{\text{ц2}}$ составило 316,36 ккал. При увеличении значений n до 170 мин⁻¹ приводило к увеличению $\mathcal{E}_{\text{ц2}}$ до 318,3 ккал. Увеличению значений $n=210$ мин⁻¹ также приводило к увеличению значения $\mathcal{E}_{\text{ц2}}$ и составило 323,05 ккал. При дальнейшем увеличении частоты вращения рабочего органа до 250 мин⁻¹ значение энергетической ценности продукта высокой степени готовности «Здоровье» составило 331,05 ккал. В ходе экспериментальных исследований установлено максимальное значение $\mathcal{E}_{\text{ц2}}$ – 3340,9 ккал, которое достигается при вращении рабочего органа $n=250$ мин⁻¹ и $W=15\%$.

В результате проведенных экспериментальных исследований по исследованию процесса экструдирования полизлаковых смесей «Фитнес» и «Здоровье» установлена зависимость изменение питательной ценности, от переменных значений влажности полизлаковой смеси и частоты вращения рабочего органа экструдера. Полученные зависимости позволяют с достаточной точностью прогнозировать их изменение питательной ценности (ккал) в исследованном диапазоне значений факторов $W(\%)$ и n (мин⁻¹). Анализ полученных трехмерных поверхностей позволяет сделать заключение о преобладающем влиянии частоты вращения рабочего органа экспериментальной установки на изменение энергетической ценности полизлаковой смеси «Фитнес» и «Здоровье». Влажность полизлаковой смеси оказывает не значительное влияние на изменение питательной ценности продукта высокой степени готовности «Фитнес» и «Здоровье».

Литература:

1. Оспанов А.А., Муслимов Н.Ж., Джумабекова Г.Б., Омаров К.К., Шарип М.Т. Пути повышения конкурентоспособности крупяной промышленности Аналитический обзор. — Астана: ЦНТИ, 2006. — 42 с.
2. Платова Е.Ю. Разработка технологии экструзионных продуктов на основе комбинированного крупяного сырья: Дисс.... Кандид.техн.наук: 05.18.02, Москва, 1993.
3. Рудась П.Г. Разработка экструзионной технологии получения новых видов и специальных форм пищевых продуктов на основе зернового сырья. Дисс.... кандид.техн.наук: 05.18.01, Москва, 1998.
4. Курцева В.Г. Разработка новых мучных продуктов для диетического и детского питания из зернового сырья. Дисс.... кандид.техн.наук: 05.18.01, Москва, 1997.
5. Оспанов А.А., Муслимов Н.Ж., Шарип М.Т. «Расчет рецептуры композитной смеси» (программа для ЭВМ) Свидетельство о государственной регистрации объекта интеллектуальной собственности №583 от 25 декабря 2007 г.

Обоснование основных параметров комбинированного рабочего органа дискового плуга

Драпалюк М.В., доктор технических наук, профессор
зав. кафедрой механизации лесного хозяйства и проектирования машин;
Коротких В.Н., аспирант
Воронежская государственная лесотехническая академия

Для улучшения качественных показателей технологического процесса обработки почвы на вырубках предложена новая конструкция лесного дискового плуга с комбинированным рабочим органом (рисунок 1) [1].

Сферический диск 1 приводится во вращение гидромотором 2, к рабочей поверхности диска посредством листовой пружины 5 прижато крыло отвала 7, которое шарнирно соединено с кронштейном 6, закрепленным на консоли 8. Пласт почвы, поднимаясь по диску, скользит по отвалу и укладывается вдоль борозды сплошной лентой.

С целью обоснования основных параметров рабочего органа плуга была разработана математическая модель [2].

Плуг в модели представляет собой комбинацию двух геометрических поверхностей: сегментного участка сферической поверхности (дисковый корпус) и участка плоскости (отвал) (рисунок 2 а).

Основными параметрами, задающими положение отвала в виде участка плоскости, являются поперечный α_0 и продольный β_0 углы установки плоскости и положение h_0 точки В стыковки отвала и сферического диска. Для изучения влияния указанных параметров на эффективность обработки почвы на основе разработанной математической модели было проведено три серии компьютерных экспериментов.

Вертикальное положение отвала h_0 изменяли от $-0,30$ до $-0,10$ м с шагом 0,05 м (рисунок 3). На графике

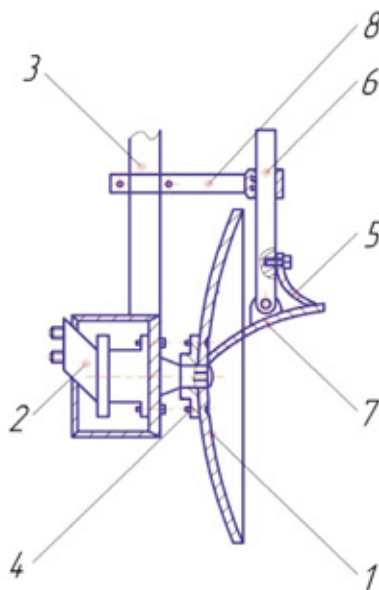


Рис. 1. Корпус лесного дискового плуга

зависимости коэффициента оборачиваемости пласта от высоты установки отвала $r(h_o)$ наблюдается четко выраженный максимум при значении h_o вблизи $-0,20$ м. При слишком высоком расположении отвала вырезаемый диском пласт, поднимаясь по диску, срывается с него, не доходя до отвала, поэтому при больших h_o оборачиваемость пласта невысока. При слишком низком расположении отвала «прижимает» формирующийся пласт, не дает ему подниматься по диску, поэтому оборачиваемость

пласта r при малых h_o также падает.

С уменьшением h_o мощность поступательного движения резко возрастает. Это обусловлено тем, что мощность начинает расходоваться на «прижатие» пласта и на протягивание отвала в почве. Вследствие последнего эффекта деформируется профиль борозды (рисунок 4, вверху).

Слишком низкое расположение отвала h_o (вверху) или слишком малый поперечный угол наклона α_o (внизу) при-

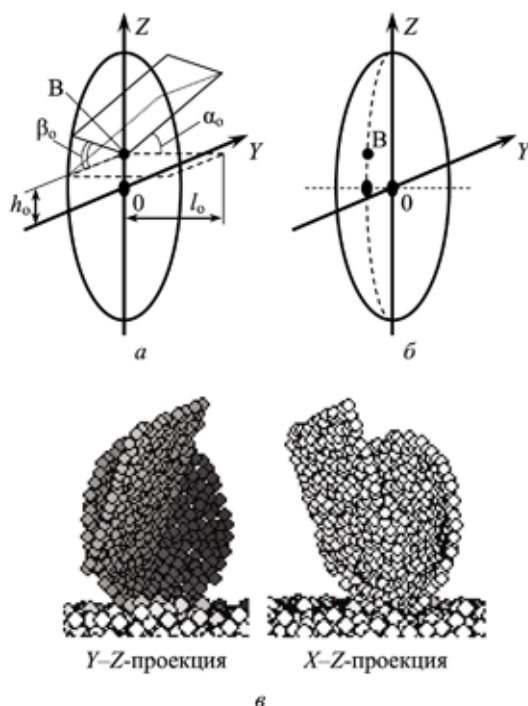


Рис. 2. – Дисковый корпус с отвалом в модели: а – параметры, задающие положение отвала; б – реальное положение точки В на сферическом диске; в – изображение плуга с отвалом, выводимое на экран компьютера

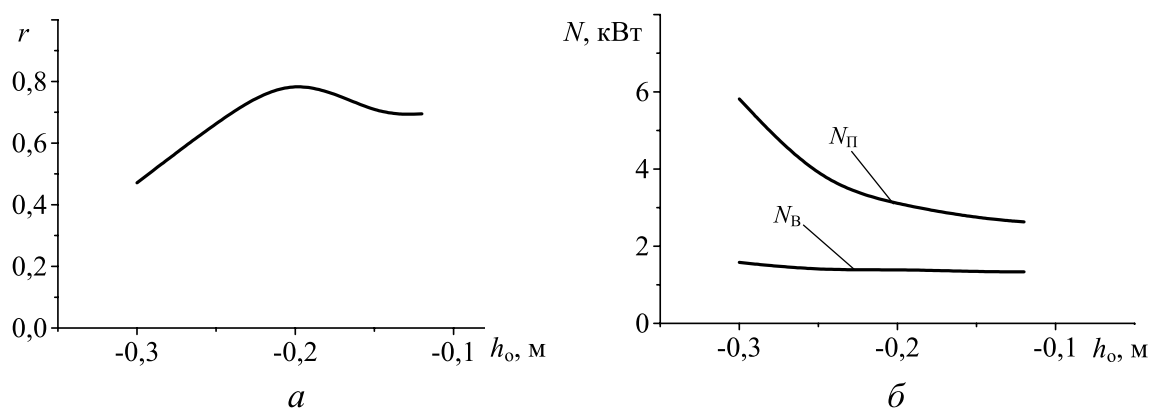


Рис. 3. Влияние вертикального положения отвала h_o на качественный (а) и энергетические (б) показатели обработки почвы: $N_П$ – мощность, затрачиваемая на поступательное движение плуга; $N_В$ – мощность, затрачиваемая на вращение диска плуга

водят к «прижиманию» пласта и нарушению формы борозды.

Таким образом, оптимальное положение отвала, обеспечивающее высокую оборачиваемость пласта и низкие энергозатраты составляет $h_o = -0,20$ м.

Следующая серия компьютерных экспериментов проводилась с изменением угла α_o наклона отвала от 20° до 70° с шагом 10° (рисунок 5).

В целом ход зависимостей $N_П(\alpha_o)$, $N_В(\alpha_o)$ и $r(\alpha_o)$ аналогичен предыдущему случаю, так как изменение угла наклона отвала при фиксированной точке В стыковки его с диском равносильно изменению расстояния от отвала до уровня почвы. При $\alpha_o = 60^\circ$ наблюдается максимум коэффициента оборачиваемости r . Кроме того, зависимость поперечного смещения пласта $d(\alpha_o)$ также имеет максимум при $\alpha_o = 40^\circ$. При увеличении поперечного угла отвала от 40° его плоскость удаляется от почвы, и он оказывает меньшее влияние на смещение пласта. С другой стороны, при уменьшении α_o от 40° отвал все сильнее входит в почву, разрушает и перемешивает образовавшийся пласт,

и эффективность смещения пласта резко снижается (рисунок 5 б).

Следует отметить, что при малых углах α_o достигаются практически нулевые значения коэффициента r (рисунок 5 а). Это означает, что пласт в этом случае смещается, не переворачиваясь.

В следующей серии компьютерных экспериментов изменялся продольный угол β_o установки отвала от -30° до -10° с шагом 5° (рисунок 6).

Как видно из графиков, $N_В$ и r практически не зависят от β_o . Отсутствие зависимости, по-видимому, обусловлено тем, что почвенная масса поступает на отвал снизу, поднимаясь по сферическому диску. Поэтому основной эффект переворота пласта оказывает установка отвала под некоторым поперечным углом α_o , а не β_o . Угол же β_o оказывал бы влияние, если бы почвенная масса поступала преимущественно в продольном направлении.

Некоторый рост $N_П$ при уменьшении β_o , как и ранее, можно объяснить тем, что плоскость отвала начинает «задевать» необработанную почву.

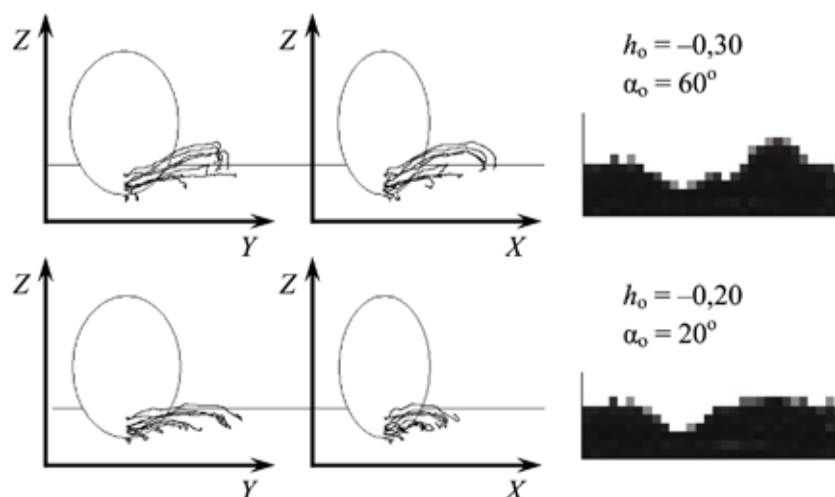


Рис. 4. Форма борозды при различных параметрах установки отвала

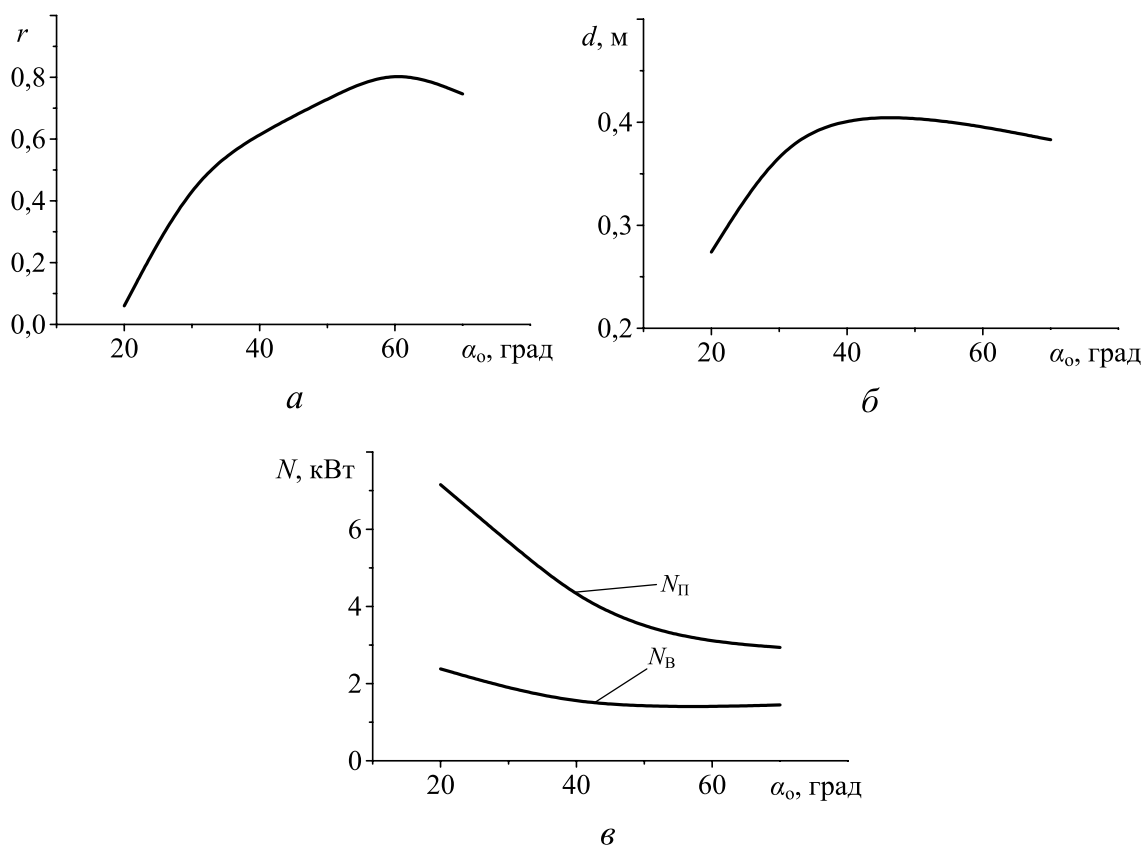


Рис. 5. Влияние угла α_0 наклона отвала на качественные (а, б) и энергетические (в) показатели обработки почвы: N_P – мощность, затрачиваемая на поступательное движение плуга; N_B – мощность, затрачиваемая на вращение диска плуга

Построенные для $\alpha_0 = 60^\circ$ графики $N_P(\beta_0)$, $N_B(\beta_0)$ и $r(\beta_0)$ демонстрируют практически полное отсутствие функциональной зависимости. Однако при малых значениях α_0 , например, при $\alpha_0 = 30^\circ$, перечисленные зависимости очень сильны. Это будет показано ниже в ходе оптимизации основных параметров плуга.

Таким образом, на эффективность функциониро-

вания отвала наибольшее влияние оказывают параметры h_0 и α_0 . Кроме того, при установке отвала необходимо обеспечить некоторый зазор между отвалом и уровнем почвы.

Форма и положение отвала дискового плуга оказывают существенное влияние на эффективность обработки почвы. В частности, важно знать, каковы должны

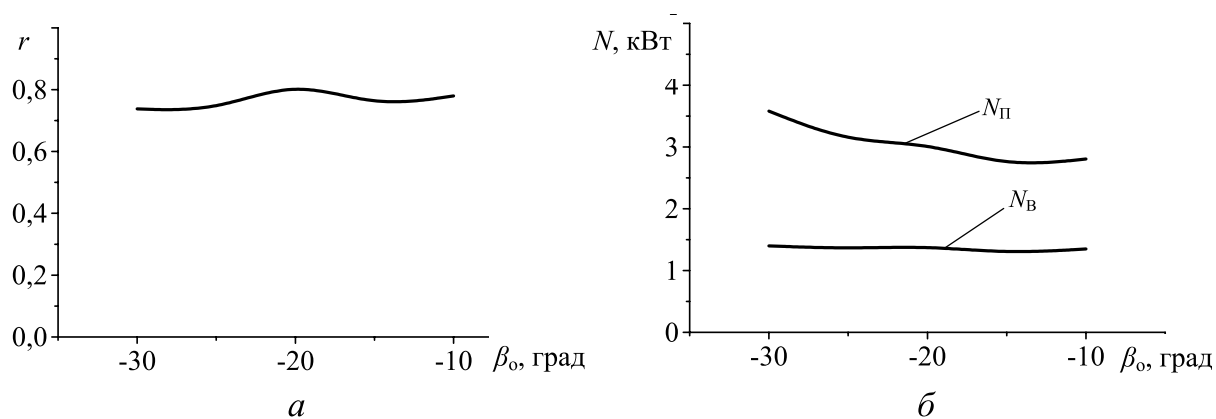


Рис. 6. Влияние угла β_0 наклона отвала на качественный (а) и энергетические (б) показатели. N_P – мощность, затрачиваемая на поступательное движение плуга; N_B – мощность, затрачиваемая на вращение диска плуга

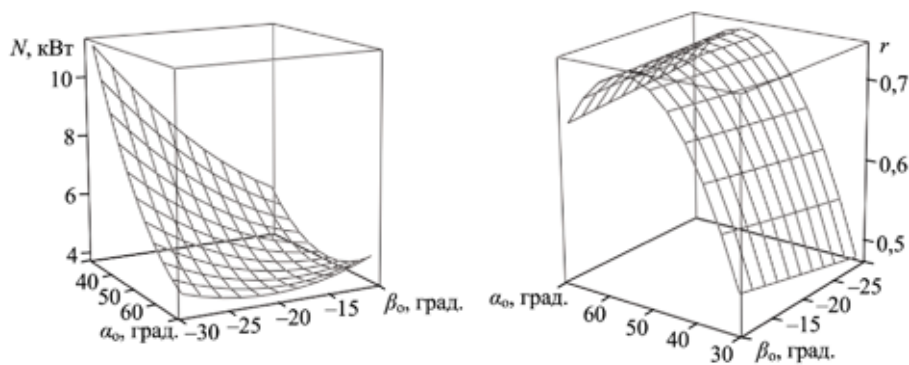


Рис. 7. Поверхности отклика $N(\alpha_o, \beta_o)$, $r(\alpha_o, \beta_o)$, $N(h_o, \omega)$, $r(h_o, \omega)$: слева – результаты компьютерного эксперимента, справа – аппроксимирующие поверхности

быть углы α_o и β_o установки основной плоскости отвала, чтобы энергозатраты на обработку почвы были низкими, а качество обработки высоким. Это позволит сформулировать рекомендации по оснащению дискового плуга отвалом.

Параметрическая оптимизация сложных систем в общем случае сводится к задаче поиска экстремума функции нескольких переменных. При этом необходимо определить такие области изменения входных параметров, при которых параметры материала удовлетворяют некоторому принятому критерию, либо нескольким частным критериям [3]. Для того чтобы критерий оптимизации всесторонне характеризовал изучаемую систему, его обычно составляют в виде линейной комбинации с соответствующими весовыми коэффициентами нескольких частных критериев оптимизации k_i , представляющих собой экономические или качественные показатели [4]. В данном случае в качестве частных критериев целесообразно использовать затрачиваемую на поступательное движение и на вращение мощность $N(\alpha_o, \beta_o)$ и коэффициент оборачиваемости $r(\alpha_o, \beta_o)$.

Таким образом, необходимо решить следующую задачу оптимизации: одновременно минимизировать функцию $N(\alpha_o, \beta_o)$ и максимизировать функцию $r(\alpha_o, \beta_o)$ путем согласованного подбора факторов α_o и β_o .

В процессе оптимизации углов установки отвала использовали те же интервалы варьирования факторов, что и на этапе систематических исследований: поперечный угол α_o варьировали от 30 до 70 градусов с шагом 10 градусов, продольный угол β_o варьировали от -30 до -10 градусов с шагом 5 градусов. При этом в каждой из 25-ти точек $(\alpha_{oi}, \beta_{oi})$ проводили по два компьютерных эксперимента с последующим усреднением получающихся результатов N_i и r_i . Далее, для сглаживания случайных ошибок, полученные в табличном виде зависимости $N(\alpha_o, \beta_o)$ и $r(\alpha_o, \beta_o)$ аппроксимировали полиномиальной поверхностью второго порядка (рисунок 6), по которой и производили оптимизацию [5].

Важным преимуществом двухфакторной оптимизации является возможность графически изобразить поверхности отклика и провести их визуальный анализ (рисунок 7). Анализируя каждую из поверхностей отклика, представленную с помощью линий уровня, можно условно разделить факторное пространство на две области: благоприятную (заштрихована на рисунке 8), в которой частный критерий оптимизации принимает искомые минимальное или максимальное значения, и неблагоприятную. В качестве границы между благоприятной и неблагоприятной областью экспертным путем выбирается некоторая линия уровня. При этом необходимо учитывать ряд требований [6]:

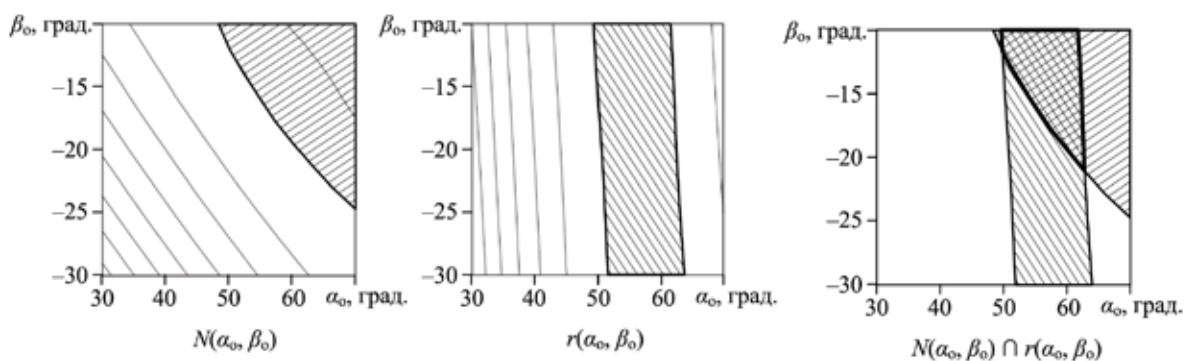


Рис. 8. Благоприятные области факторного пространства (заштрихованы) на поверхностях отклика

— благоприятная область должна содержать наиболее экстремальные (максимальные или минимальные) значения критерия;

— в благоприятной области критерий, по возможности, должен быть более-менее постоянным;

— благоприятная область должна занимать значительную долю факторного пространства (20–40 %).

В данном случае в качестве границы были выбраны изолиния мощности $N = 4$ кВт, изолиния коэффициента оборачиваемости $r = 0,75$.

Совместный учет конфигурации благоприятных областей в факторных пространствах $N(\alpha_0, \beta_0)$ и $r(\alpha_0, \beta_0)$ позволил сделать вывод, что оптимальные значения параметров α_0 и β_0 заключены в области приблизительно треугольной формы, изображенной на рисунке 8 в. Оптимальные диапазоны факторов составляют $50^\circ < \alpha_0 < 65^\circ$; $-20^\circ < \beta_0 < -10^\circ$.

Тот факт, что оптимальная область занимает значительную площадь факторного пространства, косвенно свидетельствует о малой чувствительности предлагаемой конструкции к условиям эксплуатации и поэтому гарантирует стабильную работу предлагаемой конструкции.

Выводы

1. Разработана имитационная компьютерная модель взаимодействия дискового плуга с почвой на основе метода конечных элементов. Модель позволяет по заданным параметрам плуга, почвы и условий эксплуатации определить энергетические затраты и качество обработки почвы.

Литература:

1. Пат. 64843 РФ, МПК А 01 В 9 / 00. Дисковый корпус плуга [Текст] / П. И. Попиков, П. Э. Гончаров, С. В. Дорохин, В. Н. Коротких; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. — № 2007108331/22; заявл. 05.03.2007; опубл. 27.07.2007. Бюл. № 21. — 3 с.
2. Коротких, В. Н. Математическая модель взаимодействия сферического диска с приводом от гидромотора лесного плуга с почвой [Текст] / В. Н. Коротких // Вестник КрасГАУ. — 2008. — № 6. — С. 129-135.
3. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рошин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Колос, 1980. — 168 с.
4. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. — М.: Наука, 1976. — 279 с.
5. Румшиский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. — М.: Наука, 1971. — 192 с.
6. Дегтярев Ю.И. Методы оптимизации: Учеб. пособие для вузов. — М.: Сов. радио, 1980. — 272 с.

Оценка качественных и энергетических показателей работы дискового плуга

Драпалюк М.В., доктор технических наук, профессор; Коротких В.Н., аспирант; Столяров Р.А., аспирант
Воронежская государственная лесотехническая академия

Для улучшения качественных и энергетических показателей работы дискового плуга была предложена его новая конструкция с комбинированным рабочим органом [1].

2. Оснащение плуга отвалом приводит к существенному улучшению качества обработки почвы: на 14 % увеличивается оборачиваемость пласта, уменьшается фрагментация пласта, борозда имеет более четкую округлую форму, а вырезанный пласт отбрасывается дальше в поперечном направлении, что уменьшает вероятность ссыпания пласта обратно в борозду. При этом затраты мощности увеличиваются всего на 8,6 %.

3. При выборе конфигурации отвала и его расположении по отношению к диску необходимо руководствоваться следующими требованиями:

— отвал в совокупности со сферической поверхностью диска должен создавать винтовую поверхность;

— вырезаемый пласт, поднимаясь по вращающемуся диску, должен достигать отвала ранее, чем он сорвался бы с диска;

— отвал необходимо устанавливать с некоторым зазором от уровня почвы (примерно 5 см).

4. Высоту расположения отвала (по отношению к оси диска) необходимо выбирать в зависимости от глубины обработки почвы. При глубине обработки $a = 15$ см и принятой конфигурации отвала оптимальное положение точки В на 20 см ниже оси диска.

5. Оптимальные диапазоны углов установки отвала α_0 и β_0 , обеспечивающие одновременно минимальные энергетические затраты и высокую оборачиваемость пласта, следующие: $50^\circ < \alpha_0 < 65^\circ$; $-20^\circ < \beta_0 < -10^\circ$.

6. Согласованная оптимизация высоты расположения отвала h_0 по условиям минимума энергетических затрат и высокой оборачиваемости пласта позволила определить оптимальные диапазоны факторов: $-22 \text{ см} < h_0 < -13 \text{ см}$.

В программу проведения лабораторных исследований были включены эксперименты по определению качественных и энергетических показателей работы дискового

плуга со свободно вращающимся дисковым рабочим органом и с принудительным вращением с частотой от 0 до 7 с^{-1} . При этом изменялись угол атаки α в диапазоне от 25° до 55° с шагом 10° и угол наклона диска β в вертикальной плоскости диска от 5° до 15° с шагом 5° , скорость движения агрегата была постоянной и составляла $0,26 \text{ м/с}$, твердость почвы варьировалась и составляла $0,5; 0,9; 1,3 \text{ МПа}$ при постоянной влажности $15\text{--}20\%$.

Лабораторная установка агрегатировалась с тяговой тележкой почвенного канала и подключалась к ее гидросистеме (рисунок 1). Перед началом серии опытов проводилась подготовка почвенного канала, которая заключалась в увлажнении почвы, рыхлении на глубину 35 см с целью равномерного распределения влаги и размельчения слежавшихся комков почвы, а также производилось выравнивание поверхности почвы отвалом тяговой тележки, лопатой и граблями.

После каждого прохода орудия производилось выравнивание и уплотнение почвы. Твердость измерялась прибором конструкции Ю.Ю. Ревякина через 1 м в шахматном порядке на глубину $20\text{--}30 \text{ см}$.

В процессе проведения эксперимента определялся коэффициент оборачиваемости пласта почвы по осыпавшейся почве в борозду. Эти исследования проводились при помощи металлической рамки конструкции В.И. Вершинина (рисунок 2), которая оснащена тремя шкалами для измерения в трех плоскостях ZOY, ZOX, YOX профиля борозды [2].

Следующим этапом проведения исследований являлось определение перемещения почвенных частиц на различной глубине после прохода рабочего органа. С этой целью в зоне прохода дискового плуга выкапывалась траншея глубиной 20 см и шириной 60 см , в которую с помощью мерной рейки через каждые 3 см закладывался нижний ряд деревянных пронумерованных кубиков. Затем насыпался слой почвы, уплотнялся, с помощью металлической рамки в почвенном пласте выставлялся на глубину 15 см , и укладывался еще один слой пронумерованных деревянных кубиков. Так же производилась закладка еще

трех слоев на глубине 10 и 5 см и на поверхности почвы (рисунок 2). Таким образом, пронумерованные кубики закладывались послойно и образовывали в почве пространственную решетку.

После каждого прохода дискового рабочего органа находили деревянные кубики путем снятия тонких слоев почвы в поперечной плоскости по ходу движения тележки. При нахождении кубика его координаты замерялись и заносились в таблицу, после чего продолжались поиски других кубиков. Повторность каждого опыта была трехкратной.

Кроме того, перед началом движения дискового рабочего органа на компьютере запускалась программа, считывающая и записывающая сигнал, приходящий от датчиков: первый отслеживал изменение давления рабочей жидкости в гидромагистральной; второй регистрировал тяговое сопротивление дискового рабочего органа.

По полученным значениям давления рабочей жидкости из выражения (1) определялась мощность

$$N_H = Q_H \cdot P_H, \quad (1)$$

где Q_H — номинальный расход рабочей жидкости, P_H — номинальное давление рабочей жидкости на входе в гидродвигатель. Для привода дискового рабочего органа использовался гидромотор модели НПА-64, удельный расход жидкости которого составляет $64 \text{ см}^3/\text{об}$.

В результате обработки экспериментальных исследований перемещения почвенных частиц после прохода плуга получены зависимости коэффициента оборачиваемости пласта от угла атаки диска (рисунок 3а). Коэффициент оборачиваемости имеет линейную зависимость и возрастающий характер, при угле атаки α от $25\text{--}55^\circ$ плавно возрастает от $0,5$ до $0,78$. При оснащении дискового рабочего органа отвалом зависимость коэффициента оборачиваемости пласта r от угла атаки α возрастает с $0,6$ до $0,95$ на промежутке от 25 до 55° .

Таким образом, при оснащении дискового плуга отвалом, коэффициент оборачиваемости пласта r возрастает в $1,3$ раза.

При увеличении угла атаки с $25\text{--}55^\circ$ поперечное смещение пласта d прямолинейно возрастает от $0,22$ до $0,53 \text{ м}$,



Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки



Рис. 2. Закладка кубиков с помощью металлической рамки В.И. Вершинина

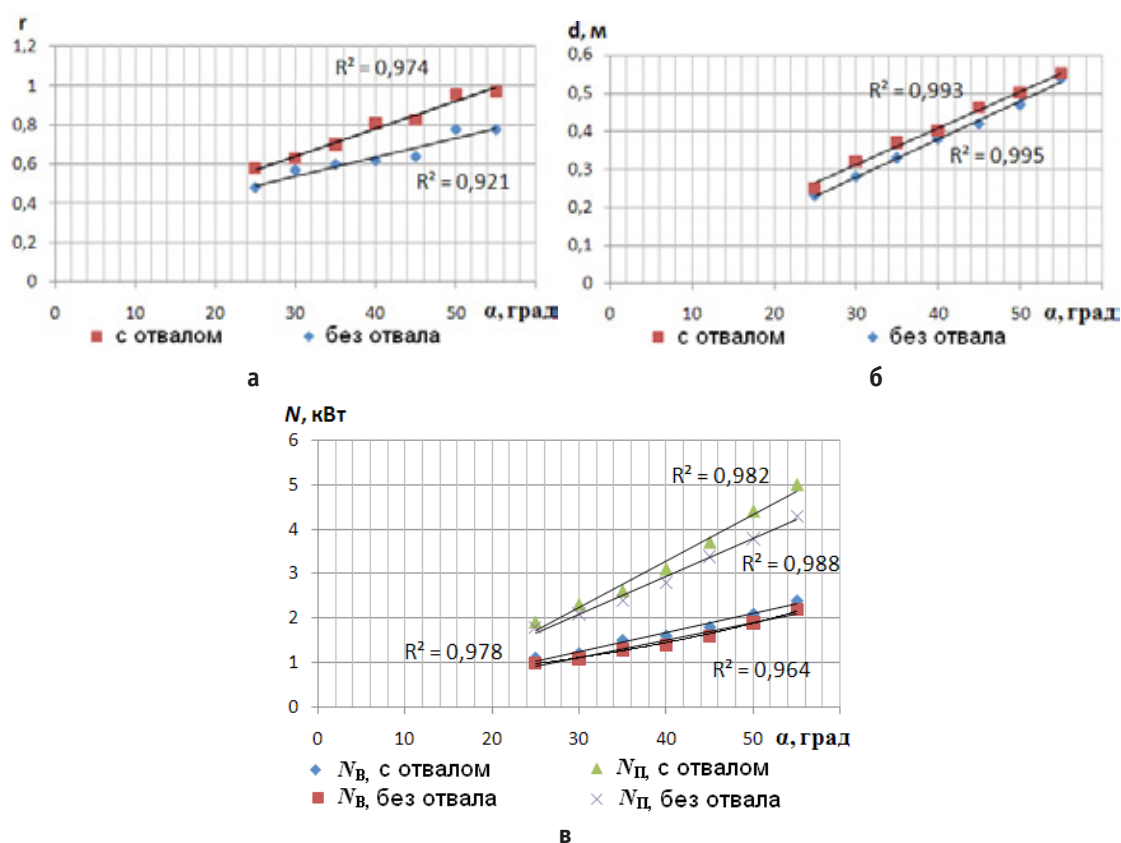


Рис. 3. Зависимости коэффициента оборачиваемости пласта (а), поперечного смещения пласта (б) и мощности (в) от угла атаки диска

при оснащении отвалом d возрастает с 0,25 до 0,55 м. В ходе обработки экспериментальных данных получили величину достоверности аппроксимации R^2 .

Таким образом при оснащении дискового плуга отвалом поперечное смещение пласта увеличивается что способствует лучшему образованию профиля борозды и меньшему осыпанию почвы.

Мощность, затрачиваемая на поступательное движение плуга при установленном отвале, возрастает с 2 до 6 кВт, а без отвала — с 1,8 до 5 кВт (рисунок 3б). Мощность, затрачиваемая на вращение диска плуга, возрастает с 1 до 2,5 кВт.

При увеличении вертикального угла наклона диска от 5 до 20° коэффициент оборачиваемости пласта практически не меняется и в среднем принимает значение 0,65, затем от 15 до 17° происходит резкое его снижение. При оснащении рабочего органа отвалом происходит увеличение коэффициента оборачиваемости пласта в 1,3 раза (рисунок 4а).

Мощность, затрачиваемая на вращение диска N_B , значительно не зависит от угла наклона, так как диск практически не меняет свою геометрию по отношению к продольному направлению. По этой же причине коэффициент оборачиваемости также практически не зависит от β . В то же время поступательная мощность N_{Π} для плуга с отвалом существенно возрастает при уменьшении β (рисунок 4б). Это связано с тем, что при отрицательных зна-

чениях угла β часть отвала находится ниже уровня почвы и отвал начинает дополнительно взаимодействовать с ней.

График зависимости коэффициента оборачиваемости пласта принудительно вращающегося рабочего органа с установленным отвалом линейно возрастает с увеличением угловой скорости ω (рисунок 5а). Это можно объяснить тем, что с увеличением ω почвенные частицы со дна борозды поднимаются выше по диску, вследствие чего улучшается оборачиваемость.

Принудительное вращение диска приводит к улучшению качества обработки почвы. Целесообразно определить оптимальную скорость вращения диска, которая обеспечивает как высокое качество обработки почвы, так и низкие энергозатраты. На рисунке 5б приведены зависимости мощности от угловой скорости вращения рабочего органа, где мощность N_{Π} , затрачиваемая на поступательное движение плуга, снижается с 4 до 3,8 кВт. Оснащение плуга отвалом незначительно увеличивает энергозатраты.

При угловых скоростях выше 4,56 с⁻¹ мощность, затрачиваемая на вращение диска плуга N_B , начинает превышать мощность, затрачиваемую на поступательное перемещение плуга N_{Π} , что делает такой процесс крайне невыгодным с энергетической точки зрения. Снижение мощности, затрачиваемой на поступательное движение плуга при увеличении ω , по-видимому, обусловлено тем, что с увеличением скорости вращения диска резание

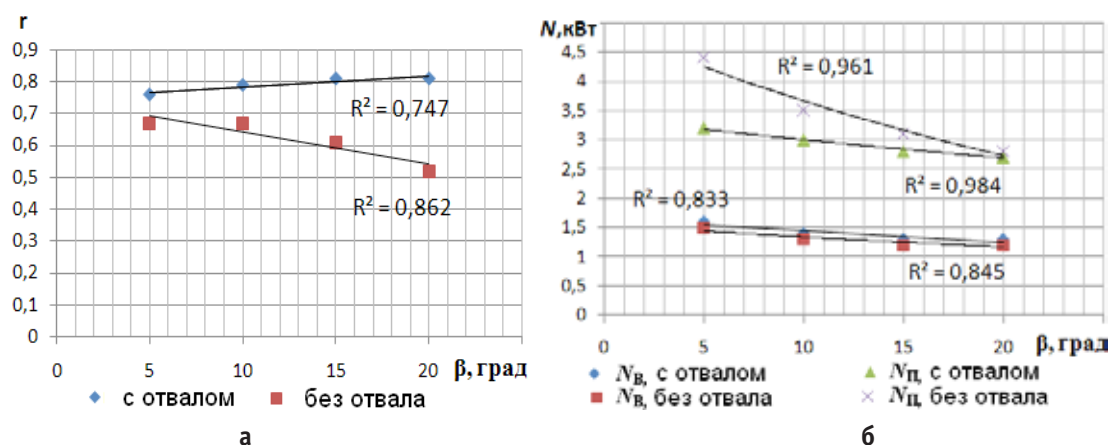


Рис. 4. Зависимости коэффициента обрачиваемости пласта (а) и мощности (б) от вертикального угла наклона диска

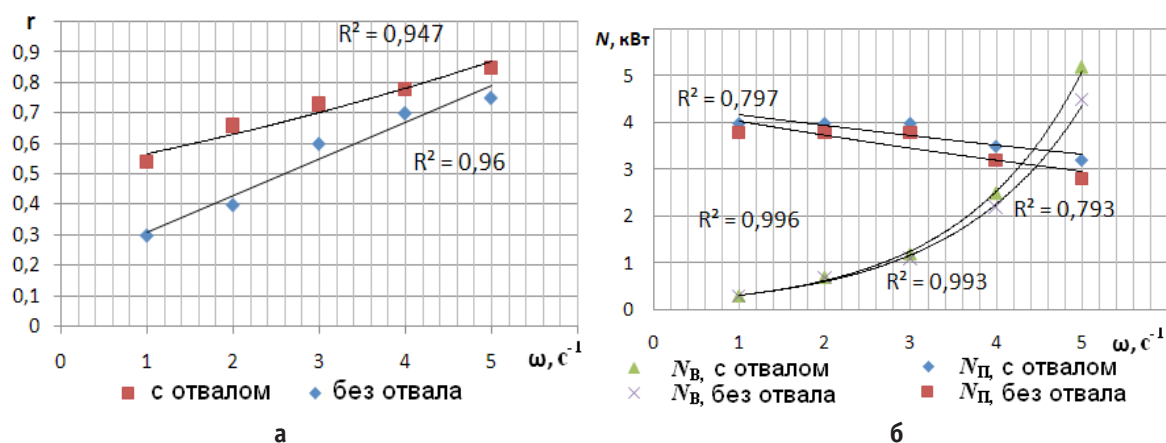


Рис. 5. Зависимости коэффициента обрачиваемости пласта и мощности от угловой скорости вращения диска

почвы происходит более интенсивно, и, кроме того, вращающийся диск увлекает вверх набегающий слой почвы, что способствует её удалению из борозды, вследствие чего происходит снижение усилия, необходимого для продольного перемещения плуга.

Оптимальная скорость вращения диска составляет

около 4.2 с^{-1} . При такой скорости, по сравнению со скоростью свободного вращения, происходит улучшение качества обработки почвы, снижение мощности, затрачиваемой на поступательное движение плуга N_P , и в то же время еще не наблюдается резкого роста мощности, затрачиваемой на вращение диска плуга N_B .

Литература:

1. Пат. 64843 РФ, МПК А 01 В 9 / 00. Дисковый корпус плуга [Текст] / П. И. Попиков, П. Э. Гончаров, С. В. Дорохин, В. Н. Коротких; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. — № 2007108331/22; заявл. 05.03.2007; опубл. 27.07.2007. Бюл. № 21. — 3 с.
2. Вершинин, В. И. Обоснование конструкции дискового лесного плуга для обработки почвы на нераскорчеванных вырубках [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / В. И. Вершинин ; Воронеж. лесотехн. ин-т. — Воронеж, 1968. — 184 с.

Разработка автоматизированной системы для расчета энергетической и питательной ценности полизлаковых смесей при производстве продуктов высокой степени готовности

Муслимов Н.Ж., кандидат технических наук
Алматинский технологический университет

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований по разработке рецептуры полизлаковой смеси и продуктов высокой степени готовности на ее основе. В результате проведенных исследований установлена высокая пищевая ценность отобранных проб зерна злаковых культур, которая обусловлена большим содержанием белков и углеводов, и в меньшей степени растительных жиров. В результате проведенных исследований разработана автоматизированная система для расчета рецептуры и питательной ценности продуктов высокой степени готовности. Разработаны рецептуры продуктов высокой степени готовности на основе полизлаковой смеси «Фитнес» и «Здоровье». Получен перспективный полизлаковый продукт высокой степени готовности.

Бұл жұмыста полидәнді қоспаның рецептурасын және оның негізінде дайындалуы жоғары дарижелі тағамдарды жасаудағы эксперименталды зерттеулер нәтижелері келтірілген. Жасалған зерттеулер нәтижесінде сұрыптаудан өткен дәнді дақылдарының дәнінің тағамдық құндылығы жоғары екені анықталды. Бұл негізінен ақуыз бен көміртегілердің көптігіне және өсімдік майларының аздығына байланысты.

Өткізілген зерттеулер нәтижесінде рецептураның және оның негізінде дайындалуы жоғары дарижелі тағамдарды жасаудағы есептеуге арналған автоматизацияланған жүйе жасалды. Фитнес және Здоровье полидәнді қоспалар негізінде дайындалуы жоғары дарижелі тағамдар рецептура жасалды. Нәтижесінде перспективті дайындалуы жоғары дарижелі полизлақты тағам алынды.

In this work there are results of experimental tests on development of composition of poly-cereal mixtures and products of higher readiness on its basis. As a result of tests made there have been identified high food value of selected grain probes of cereal crops which is provided by high content of proteins and carbohydrates, and to lesser degree of vegetable fats. As a result, there has been elaborated an automated system for calculation of a recipe and nutritional value of products of higher readiness. Recipes of products have been developed on the basis of poly-cereal mixtures called "Fitness" and "Zdorovje". And perspective poly-cereal product of higher readiness has been received.

На сегодняшний день широкое применение нашли различные справочно-информационные системы, предназначенные для хранения, поиска и сортировки данных. Разработанный объект интеллектуальной собственности относится к области информационного обеспечения сельскохозяйственного производства, в частности зерноперерабатывающих предприятий, основной вид деятельности которых, является производство муки, крупы и продуктов высокой степени готовности [1-3].

Программное обеспечение под названием «Расчет рецептуры композитной смеси», предназначено для составления рецептуры композитных смесей на основе цельносмолотой муки из зерна пшеницы, ячменя, овса, кукурузы, просо и гречихи, с целью дальнейшей переработки полученных композитных смесей в продукты высокой степени готовности [4].

Программное обеспечение составлено на основе данных химического анализа отобранных проб зерна пшеницы, ячменя, овса, кукурузы, просо и гречихи; алгоритма решения поставленной задачи, написанной на языке «Delphi» для персонального компьютера системными требованиями P3-700 (1GHz), 256 MB RAM, 32 MB 3D Card. Программа предусматривает расчет рецептуры по следующим показателям: процентного содержания ком-

понента в смеси; содержание протеинового и углеводного комплекса, содержание жира и золы, а также указывает расхождение по перебору или нехватке того или иного вещества (протеина, углевода или жира) в композитной смеси. Программа имеет простой и в то же время удобный Windows-интерфейс. Интерфейс информационной разработки приведен на рис. 1.

В этой связи с целью разработки рецептуры перспективных продуктов питания на полизлаковой основе, а также для пополнения базы экспериментальных значений питательной ценности проведены экспериментальные исследования химического состава по определению калорийности и энергетической ценности отобранных проб зерна злаковых культур. Основные результаты исследований приведены в табл. 1.

Приведенные данные таблицы 1 характеризуют калорийность и энергетическую ценность отобранных проб зернового сырья. Так, например, максимальной питательной ценностью у зерна пшеницы обладает сорт «Карагала-9» — 322,22 ккал или 1348,16 кДж. Зерно ячменя характеризуется следующей питательной ценностью:

— минимальное значение у сорта «Убаган» — 304,85 ккал или 1275,49 кДж;

Таблица 1. Результаты расчета энергетической и питательной ценности на 100 гр. отобранных проб зернового сырья

№	Наименование сорта	Калорийность, ккал	Энергетическая ценность, кДж
1	2	3	4
Пшеница			
1	Сары-Арка-26	298,34	1248,25
2	Сары-Арка-27	232,16	971,35
3	Карагандинская-22	298,36	1248,33
4	Карагандинская-70	296,75	1241,60
5	Саратовская-29	296,25	1239,51
6	Память-47	299,41	1252,73
7	Южная-12	285,29	1193,65
8	Красноводопадская-210	283,23	1185,03
9	Карабалыкская-90	277,07	1159,26
10	Костанайская-12 (твердая)	296,78	1241,72
11	Саратовская-42	302,77	1266,78
12	Карагала-9	322,22	1348,16
13	Степная-2	300,36	1256,70
14	Актюбе-39	303,29	1268,96
15	Оренбургская-10	316,12	1322,64
Ячмень			
1	Убаган	304,85	1275,49
2	Байшешек	306,18	1281,05
3	Астана-2000	316,69	1325,03
4	Целинный голозерный	317,02	1326,41
5	Карабалыкский-150	313,21	1310,47
6	Илек-9	315,81	1321,34
7	Донецкий-8	314,51	1315,91
Кукуруза			
1	Сункар-779	307,11	1284,94
2	Алтай-319	308,64	1291,34
3	Скиф-619	309,89	1296,57
4	Марко-419	314,71	1316,74
5	Алтын-739	308,56	1291,01
6	Арман-689	316,09	1322,52
7	Тулпар-539	304,25	1272,98
8	Каз-ЗП-600	309,76	1296,03
9	Тарлан-729	312,57	1307,79
Овёс			
1	Марктон	328,87	1375,99
Гречиха			
1	Богатырь	368,32	1541,05
Просо			
1	Старт	343,25	1436,15
2	Яркое	343,82	1438,54

— максимальное значение соответствует сорту «Целинный голозерный» — 317,02 ккал или 1326,41 кДж.

Зерно кукурузы характеризуется следующей питательной ценностью сорт «Арман-689» обладает максимальным значением калорийности — 316,09 ккал или энергетическая ценность 1322,52 кДж. Минимальное зна-

чение соответствует сорту «Тулпар-539» — 304,25 ккал или 1272,98 кДж.

В силу своего химического состава максимальными значениями питательной ценности обладают зерно гречихи, проса и овса. Максимальные значения соответствуют зерну гречихи сорта «Богатырь» — 368,32 ккал

Таблица 2. Рецепт мучной полизлаковой смеси «Фитнес»

№	Наименование компонента	Содержание
1	Цельнозерновая ячменная мука	6,36%
2	Цельнозерновая кукурузная мука	42,75%
3	Цельнозерновая овсяная мука	20,0%
4	Цельнозерновая гречневая мука	24,54%
5	Цельнозерновая просяная мука	6,35%
Расчетное значение пищевой и биологической ценности		
6	Расчетное содержание протеина в смеси, %	14,28
7	Расчетное содержание крахмала в смеси, %	62,32
8	Расчетное содержание клетчатки в смеси, %	7,46
9	Расчетное значение калорийности смеси, ккал	318,87
10	Расчетное значение энергетической ценности, кДж	1334,15

Таблица 3. Рецепт полизлакового продукта высокой степени готовности «Здоровье»

№	Наименование компонента	Содержание
1	Цельнозерновая кукурузная мука	16,66 %
2	Цельнозерновая овсяная мука	26,20 %
3	Цельнозерновая гречневая мука	50,0 %
4	Цельнозерновая просяная мука	7,14%
Расчетное значение пищевой и биологической ценности		
1	Расчетное содержание протеина в смеси, %	14,04
2	Расчетное содержание крахмала в смеси, %	59,753
3	Расчетное содержание клетчатки в смеси, %	10,281
4	Расчетное значение калорийности смеси, ккал	318,78
5	Расчетное значение энергетической ценности, кДж	1333,77

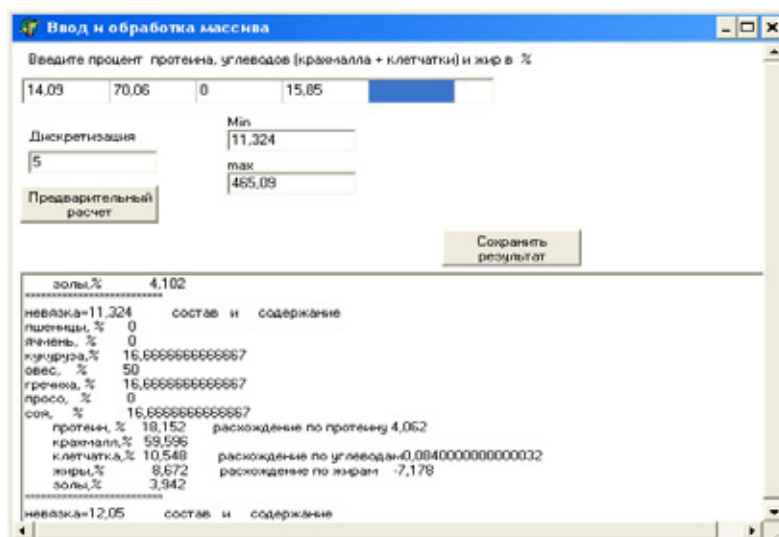


Рис. 1. Программа Windows-интерфейс

или 1541,05 кДж, зерну просо сорта «Яркое» — 343,82 ккал или 1438,54 кДж, зерну овса 328,87 ккал или 1375,99 кДж.

В результате проведенных исследований установлена высокая пищевая ценность отобранных проб зерна злаковых культур, которая обусловлена большим содержа-

нием белков и углеводов, и в меньшей степени растительных жиров.

На основе полученных значений питательной ценности зерна основных злаковых культур разработана рецептура на основе полизлаковой смесей. Расчет рецептуры мучной полизлаковой смеси на основе муки из цельнозер-



Рис. 2. Продукт высокой степени готовности «Фитнес»



Рис. 3. Продукт высокой степени готовности «Здоровье»

лотого зерна злаковых культур производили при помощи разработанного программного обеспечения [4].

Программа работает следующим образом. На первом этапе определяется трудовая группа (мужчины или женщины) и их коэффициенты физической активности (далее — КФА). В соответствии с приведенными значениями норм физиологической потребности в питательных веществах в процентном выражении задаются значения содержания протеина, углеводов (крахмал+клетчатка) и жира (%) [5]. Например, введем значения норм физиологической потребности в процентном выражении для мужчин I-й группы, КФА-1,4, возраст 18–29 лет в следующем порядке: протеин — 14,09; углеводы — 70,06 (в сумме крахмал и клетчатка); 0 — так, как значение введено в сумме; жир — 15,85% (см. рис.1).

В ходе расчета рецептуры полизлаковой смеси на основе муки из цельносомлотого зерна (пшеница, ячмень,

овес, кукуруза, гречиха и просо), получено 19 решений, при которых расчетные значения пищевой и энергетической ценности минимально отклоняются от заданного рациона питания человека. При этом наилучшим решением, являлись рецептуры, приведенные в табл. 2-3, которые условно обозначили как «Фитнес» и «Здоровье».

Разработанные полизлаковые смеси «Фитнес» и «Здоровье» применены в качестве объекта исследования при изучении процессов смешивания и экструдирования сыпучих компонентов при производстве продуктов высокой степени готовности. Отличительной особенностью разработанных рецептур является высокое содержание крахмала и в меньшей степени растительных жиров.

В результате производственных испытаний получена опытная партия продуктов высокой степени готовности «Фитнес» и «Здоровье» (рис.2–3).

Внешний вид и консистенция полученных продуктов высокой степени готовности — однородная, в меру твердая, с крупинками молотого зерна злаковых культур. Продукт «Фитнес» — светло-зеленный (для различия был применен пищевой краситель зеленого цвета). Продукт «Здоровье» принимает светло-коричневатую окраску свойственную цельнозерновому зерну. Запах и вкус продуктов напоминает вкус и запах жареной крупы.

В результате проведенных исследований разработана автоматизированная система для расчета рецептуры и питательной ценности продуктов высокой степени готовности. на основе разработанных рецептов получен продукты высокой степени готовности на основе полизлаковой смеси «Фитнес» и «Здоровье». Результаты химического анализа свидетельствуют высокой питательной ценности.

Литература:

1. Оспанов А.А., Муслимов Н.Ж., Джумабекова Г.Б., Омаров К.К., Шарип М.Т. Пути повышения конкурентоспособности крупяной промышленности Аналитический обзор. — Астана: ЦНТИ, 2006. — 42 с.
2. Бурцев, А.В. Совершенствование технологии экструдированных продуктов на основе растительного и животного сырья: Дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 Краснодар, 2003
3. Орлов А.И., Афанасьев В.А. Влияние процесса экструдирования на сохранность витаминов в зерне ячменя и отрубях // Тр. ВНИИКП// ЦНИИТЭИ Минзага СССР . 1983. Вып. 23.
4. Оспанов А.А., Муслимов Н.Ж., Шарип М.Т. «Расчет рецептуры композитной смеси» (программа для ЭВМ) Свидетельство о государственной регистрации объекта интеллектуальной собственности №583 от 25 декабря 2007 г.
5. Покровский А.А. Химический состав пищевых продуктов. — М.: Пищев.пром., 1976.-228 с.

Некоторые особенности построения систем передачи телеметрической информации

Пейсахович Д.Г., соискатель
ООО «АИС-Город» (г. Димитровград)

Системы передачи телеметрической информации объединяют бортовую и наземную телеметрические системы. А также радиолинию космический аппарат — Земля.

Бортовая телеметрическая система обеспечивает сбор информации от различных служебных и научных датчиков, преобразует выходные сигналы этих датчиков в цифровую форму, обеспечивает хранение информации в период между сеансами связи и формирование единого цифрового потока двоичных данных.

Можно выделить три основных вида источника данных на космическом аппарате [1]:

- системы космического аппарата (электропитание, ориентации, управления, двигательная установка и др.);
- низкоинформативные научные приборы;
- высокоинформативные научные приборы (ТВ камеры, оптико-механические сканеры и т.п.).

Эти источники информации, как правило, используют общую бортовую систему сбора, преобразования и хранения информации и единую радиолинию космический аппарат — Земля.

На Земле с выхода телеметрической системы передачи информации сообщения поступают к разным потребителям. Данные о состоянии систем космического аппарата поступают в группу анализа ЦУП. Научная информация используется различными научными институтами. Информация от датчиков изображения используется как в

интересах управления космический аппарат, так и в интересах науки.

Характеристики телеметрической системы зависят от того, какие датчики информации она обслуживает. Задачи системы передачи служебной ТМИ сводятся к передаче сообщений о состоянии систем космический аппарат, температура в отсеках космический аппарат, исполнение передаваемых функциональных и числовых команд.

Запуск каждого нового космического аппарата является началом лётно-конструкторских испытаний, так как практически все космические аппараты отличаются друг от друга по решаемым задачам и, следовательно, имеют отличие в системах космического аппарата и укомплектованы разными научными приборами.

Основным отличительным признаками системы передачи служебной телеметрической информации являются:

- большая избыточность передаваемых сообщений;
- невысокая точность измерения параметров;
- большое число измеряемых параметров;
- необходимость передачи данных в аварийном состоянии космического аппарата (потеря ориентации, снижение мощности передатчика и др.).

Требования минимизации массы и энергопотребления бортовой аппаратуры приводит к необходимости создания единой бортовой телеметрической системы, которая пе-

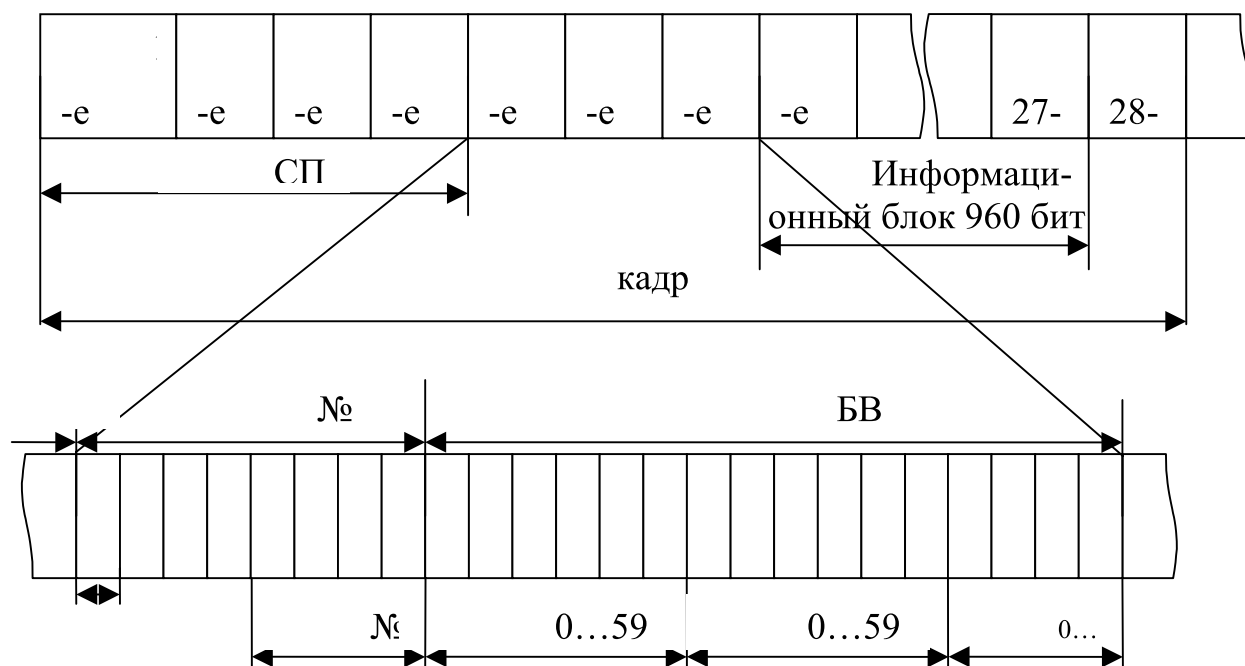


Рис. 1. Состав телеметрического кадра

редаёт сообщение как от датчиков состояния систем космического аппарата (служебная телеметрия), так и от научных датчиков (научная телеметрия).

Телеметрическая информация передаётся кадрами (см. рис. 1) [2]. Обычно каждый кадр состоит из 128 8-ми разрядных слов, в начале каждого кадра передаётся синхро-посылка (СП), как правило состоящая из 4х слов. Первое слово после СП несёт в себе значение номера ТМ кадра, в которую входит номер цифрового массива (ЦМ), передаваемого в структуре ТМ кадра.

Порядок следования информационных слов в ТМ кадре однозначно определяется номером кадра. При передаче ЦМ в четырёх старших разрядах пятого слово за-

писывается «0», шестое и седьмое слова в кадре несут информацию о бортовом времени (БВ) от 0 до 59 минут. 6 старших разрядов 6-го слова могут принимать значения от 0 до 59 минут с дискретом в 1 минуту.

2 младших разряда 6-го слова и 4 старших разряда 7-го слова могут принимать значения от 0 до 59 с дискретом в 1 с.

4 младших разряда 7-го слова могут принимать значения от 0 до 15 (0—937,5 мс) с дискретом в 62,5 мс.

С 8-го по 127-е слово передаётся телеметрическая информация.

Последнее слово в кадре — контрольная сумма. Она получается суммирование 2-чных слов всего кадра с

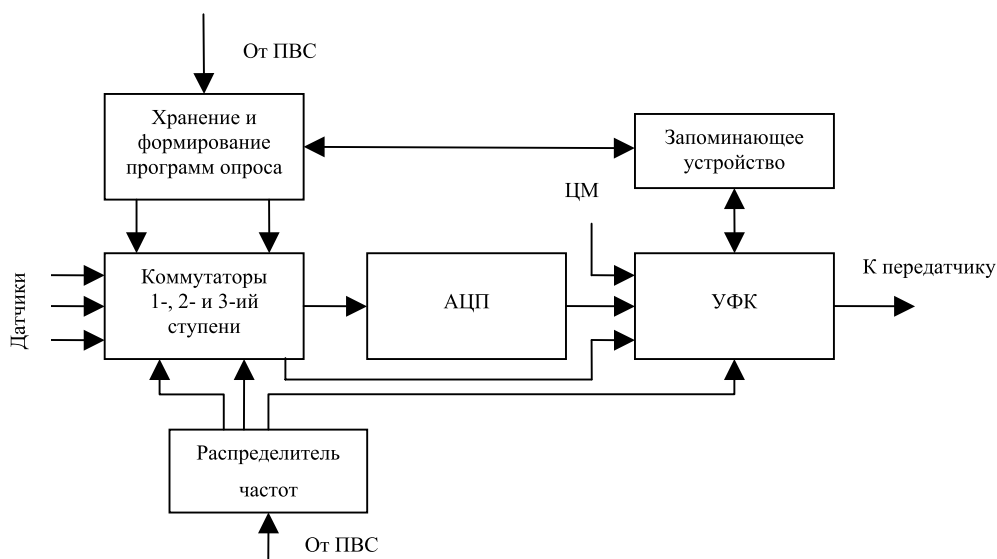


Рис. 2. Структурная схема бортового комплекса системы передачи телеметрической информации

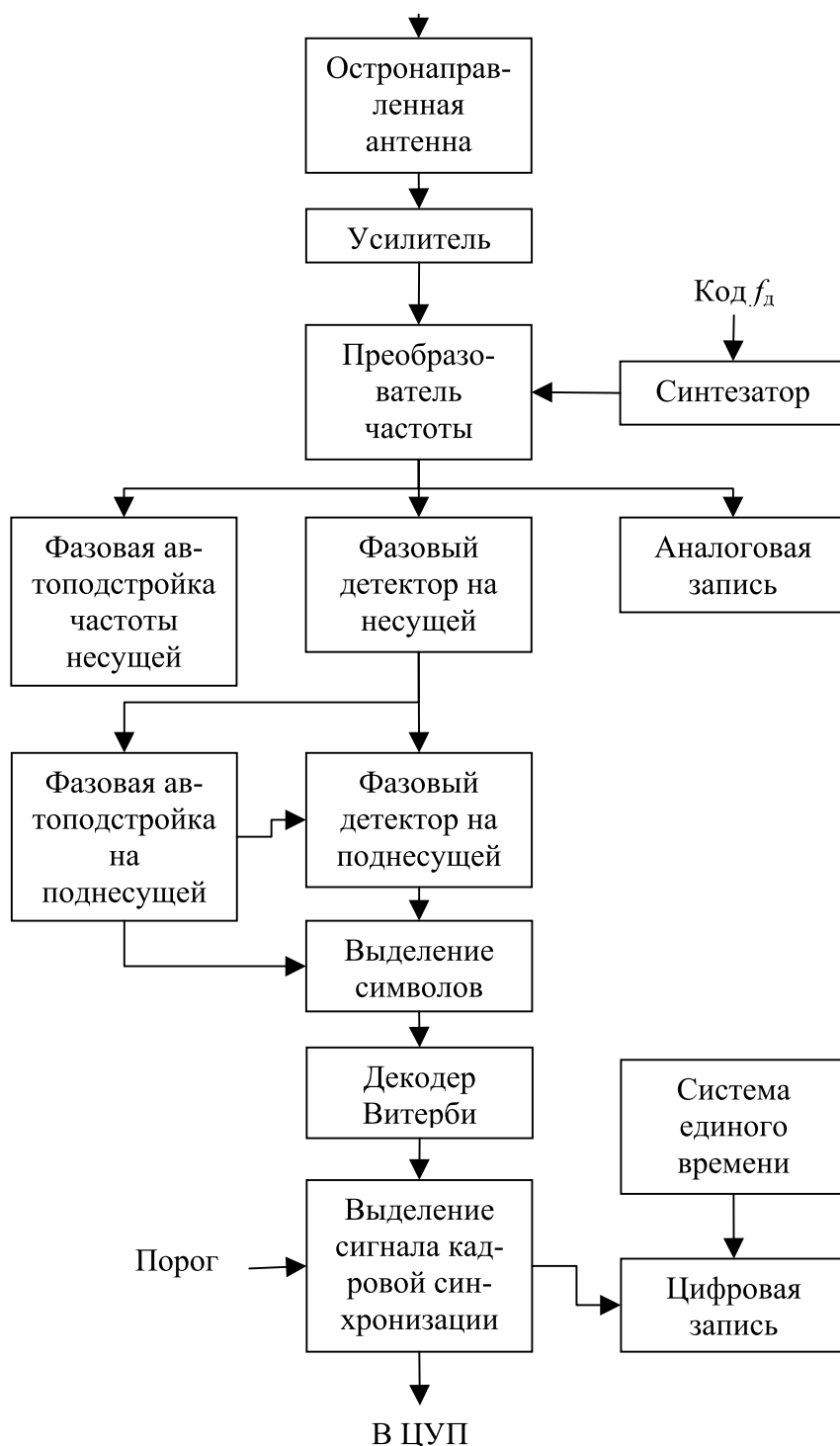


Рис. 3. Структурная схема наземного телеметрического комплекса

учётом СП без переноса бита переполнения 8-ми разрядной сетки.

Телеметрическая информация передаётся как безыбыточным кодом при малых скоростях передачи, так и после кодирования свёрточным кодом (СК) с длиной кодового ограничения $K=6$ и кодовой скоростью $R=1/2$.

При выборе перспективных методов кодирования телеметрической информации рассматриваются несколько возможных кодов:

— каскадный код, состоящий из свёрточного кода $K=6$,

$R=1/2$ и расширенного кода Боуза-Чоудхари-Хеквенгейма $(64;51;t=2)$;

— свёрточный код с $K=9$, $R=1/3$.

Требуемое отношение сигнал-шум на бит информации для обеспечения вероятности ошибки 10^{-5} соответственно составляет 2,2 и 1,9.

Для сравнения, отношение E_b/N_0 для СК с $K=6$, $R=1/2$ равно 2,8.

Полагаем, что потери при демодуляции и синхронизации кодовых символов реально не должны превышать

1 дБ. Для рекомендации одного из рассматриваемых методов кодирования учтём следующие соображения:

- наиболее помехоустойчивый из этих кодов — свёрточный с $K=9$, $R=1,3$ — пригоден в основном для программной реализации. Сложность аппаратной реализации примерно в 8 раз больше чем для свёрточного кода с $K=6$, $R=1,2$;

- каскадный код приводит к утроению — учетверению сложности кодирующего устройства. Сложность декодирующего устройства увеличивается незначительно. Учитывая, что энергетический выигрыш, на который заменяется сложность, составляет 1 дБ, следует иметь убедительные причины для его применения.

Бортовой комплекс телеметрической системы (см. рис. 2) обеспечивает следующие режимы работы:

- передачу в реальном времени в сеансе связи;
- запоминание информации между сеансами связи;
- передачу одной части информации в реальном времени и одновременное запоминание другой части информации.

Сигналы от датчиков поступают на входы коммутаторов. Программа опроса датчиков находится в памяти устройства хранения и формирования. Аналоговые сигналы проходят через АЦП и в устройстве формирования кадра УФК объединяются в единый цифровой поток, который в реальном времени передаётся через радиолинию, в режиме запоминания поступает старт-стопное запоминающее устройство. Все необходимые синхросигналы бортовой комплекс получает от программно-временной системы (ПВС). Обработку цифровых сообщений и управление режимами работы системы выполняет ЭВМ, входящая в состав телеметрической системы. Бортовой комплекс способен обрабатывать не только данные отде-

льных датчиков, но и цифровые массивы, при этом поступающий на вход радиолинии цифровой массив разделяется на стандартные кадры по 1024 бита. В каждом кадре имеется СП.

В сеансе связи телеметрическая информация, сначала передаётся в режиме воспроизведения с ПЗУ, а затем реального времени. Типовой сеанс связи продолжается около 30 минут. При необходимости передачи большого объёма данных сеанс может продолжаться до нескольких часов в зависимости от возможности системы электропитания космический аппарат.

Наземный комплекс предусматривает регистрацию принимаемой информации, чтобы отказ в сеансе связи наземных систем синхронизации и декодирования, каналов связи с ЦУП и т.п. не приводил к потере информации. Поэтому наземный комплекс (см. рис. 3) имеет несколько ступеней регистрации.

Для приёма телеметрической информации используется одна из двух антенн комплекса космической связи: с диаметром зеркала 32 либо 70 метров.

Для сужения зоны поиска сигнала по частоте и снижения тем самым порогового значения энергетического потенциала используются программируемые синтезаторы частоты, позволяющие компенсировать известную часть доплеровского сдвига частоты принимаемого сигнала. В системе используются мягкое декодирование по алгоритму Витерби [3]. При этом, с учётом потерь в реальном приёмном устройстве при вероятности ошибочного приёма бита информации 10^{-4} требуется $E_b/N_0 = 3$ с учётом потерь на реализацию. После декодирования цифровые данные поступают на схему выделения сигнала кадровой синхронизации и схему выделения результатов измерения отдельных параметров.

Литература:

1. Ильин В.А. Телеуправление и телеизмерение [текст]: М., 1982
2. Радиосистемы межпланетных космических аппаратов [текст]: Под общей редакцией А. С. Веницкого — М. — «Радио и Связь» 1993 г.
3. Хаусли Т. Системы передачи и телеобработки данных [текст]: М. — 1994
4. Разработка программного обеспечения для автоматизированного проектирования программы телеметрических измерений модернизируемого изделия 11Ф695. Программа и методика испытаний [текст]: НТЦ «Наука» — Самара — 2002.
5. Разработка программного обеспечения для автоматизированного проектирования программы телеметрических измерений модернизируемого изделия 11Ф695. Отчёт по результатам испытаний [текст]: НТЦ «Наука» — Самара — 2002.

Технические условия применения минерального порошка из отходов металлургии для асфальтобетонных смесей

Пугин К.Г., кандидат технических наук, доцент; Юшков В.С., аспирант
Пермский государственный технический университет

Порошок минеральный — материал, полученный при помоле горных пород или твердых отходов промышленного производства.

Минеральные порошки в зависимости от показателей свойств и применяемых исходных материалов подразделяют на марки (см. таблицу 1) [1]:

Показатели свойств порошков должны соответствовать требованиям, установленным в таблице 2. Активированные минеральные порошки должны быть гидрофобными [2].

Наиболее распространенный химический состав минерального порошка из известняка приведен в таблице 3.

Порошки в зависимости от величины суммарной удельной эффективной активности естественных радионуклидов $A_{эфф}$ в горных породах и отходах промышленного производства используют:

при $A_{эфф}$ до 740 Бк/кг — для строительства дорог и аэродромов в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки;

при $A_{эфф}$ до 1500 Бк/кг — для строительства дорог вне населенных пунктов [3,5,6].

Контроль качества порошка осуществляют путем испытания одной объединенной пробы порошка, отобранной от каждой партии. Объединенная проба состоит из точечных проб, отобранных из расходного (накопительного) бункера или непосредственно с технологической линии. Отбор проб начинают через 30 мин после начала выпуска порошка и далее через каждый час в течение смены. Интервал отбора точечных проб в зависимости от производительности технологического оборудования может быть увеличен, при этом количество точечных проб должно быть не менее четырех. Масса точечной пробы при интервале отбора в 1 ч должна быть не менее 500 г. При увеличении интервала отбора масса отбираемой точечной пробы должна быть увеличена: при интервале 2 ч — в два раза, при интервале 3 ч — в четыре раза. Отобранные точечные пробы тщательно перемешивают и сокращают методом квартования для получения лабораторной пробы. Для квартования пробу материала разравнивают и делят взаимно перпендикулярными линиями, проходящими через центр, на четыре части. Две любые противоположные стороны берут в пробу. Масса лабораторной пробы для периодического контроля должна быть не менее 1 кг, для периодического контроля — не менее 3 кг. Последовательным квартованием сокращают пробу в два раза, в четыре раза и т.д. до получения пробы вышеуказанной массы.

Периодический контроль осуществляют при каждом изменении состава исходных материалов, но не реже одного раза в месяц.

Применяемые средства контроля (измерений), аппаратура, а также вспомогательные устройства должны пройти поверку и аттестацию в установленном порядке. Температура воздуха в помещении, в котором проводят испытания, должна быть $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. При использовании в качестве реактивов опасных (едких, токсичных, воспламеняющихся) веществ, следует руководствоваться требованиями безопасности, изложенными в нормативных документах на эти вещества.

К основным методам контроля относят: **определение зернового состава** — сущность метода заключается в определении зернового состава путем просеивания порошка через стандартный набор сит. **Средства контроля (измерений), аппаратура, материалы, вспомогательные устройства:** набор сит с сетками № 1,25; 0315; 0071 по ГОСТ 6613; прибор для механического просеивания; весы 4-го класса точности по ГОСТ 24104; шкаф сушильный; чашка фарфоровая диаметром 15—20 см по ГОСТ 9147; пестик фарфоровый с резиновым наконечником по ГОСТ 9147; сосуд вместимостью от 6 до 10 л; груша резиновая; вода питьевая.

При испытании активированных порошков в воду, используемую для промывки, вводят смачиватель. В качестве смачивателя применяют порошкообразные, пастообразные и жидкие технические или бытовые моющие средства. Смачиватель вводят в воду в следующем количестве на 1 л воды: жидкий — 15 г, пастообразный (в виде раствора в воде в соотношении 1:1) — 10 г, порошкообразный — 3 г.

Из подготовленной пробы минерального порошка берут навеску около 50 г, помещают в фарфоровую чашку, заливают небольшим количеством воды (порошок должен быть покрыт водой) и растирают в течение 2—3 мин пестиком с резиновым наконечником, после чего воду с взвешенными в ней частицами порошка сливают через сито с сеткой № 0071, установленное над сосудом. Эту операцию продолжают до тех пор, пока вода в чашке не станет прозрачной. После промывки частицы порошка крупнее 0,071 мм, оставшиеся на сетке, смывают с помощью резиновой груши в фарфоровую чашку. Оставшуюся в чашке воду осторожно сливают, чашку помещают в сушильный шкаф, высушивают остаток пробы порошка при температуре $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постоянной массы. Не допускается промывание и растирание порошка непосредственно на сите. Высушенный остаток пробы последовательно просеивают через сита с сетками № 1,25; 0315 и 0071 вручную или на приборе для механического просеивания. Просеивание считают законченным, если после встряхивания сита в течение 30 с количество частиц, про-

Таблица 1. Марки минеральных порошков в зависимости от свойств и исходных материалов

Марка минерального порошка	Вид минерального порошка	Область применения
МП-1	Активированный и неактивированный из карбонатных горных пород	Смеси асфальтобетонные по ГОСТ 9128 Смеси асфальтобетонные щебеночно-мастичные по ГОСТ 31015 Смеси органоминеральные по ГОСТ 30491
МП-2	Из некарбонатных горных пород и твердых отходов промышленного производства	Смеси асфальтобетонные по ГОСТ 9128 марок II и III Смеси органоминеральные по ГОСТ 30491
	Порошковые отходы промышленного производства	Смеси асфальтобетонные по ГОСТ 9128 марки III Смеси органоминеральные по ГОСТ 30491

Таблица 2. Показатели свойств порошков

Наименование показателя	Значение для порошка марки		
	МП-1		МП-2
	неактивированный порошок	активированный порошок	
Зерновой состав, % по массе:			
мельче 1,25 мм	Не менее 100	Не менее 100	Не менее 95
» 0,315 »	Не менее 90	Не менее 90	От 80 до 95
» 0,071 »	От 70 до 80	Не менее 80	Не менее 60
Пористость, %, не более	35	30	40
Набухание образцов из смеси порошка с битумом, %, не более	2,5	1,8	3,0
Водостойкость образцов из смеси порошка с битумом, %, не более	Не нормируется		0,7
Показатель битумоемкости, г, не более	То же		80
Влажность, % по массе, не более	1,0	Не нормируется	2,5

Таблица 3. Химический состав

Анализируемый материал	Химический состав, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Прочие
Известняк	0,34	0,05	0,52	54,35	0,65	0,04	0,05	0,05	43,83

шедших через сито № 1,25, не превышает 0,05 г, а прошедших через сита № 0315 и 0071 — 0,02 г. Остаток на каждом сите взвешивают. Для текущего (оперативного) контроля зернового состава допускается просеивать порошок без предварительной промывки при условии использования прибора для механического просеивания. Из подготовленной пробы порошка берут навеску около 50 г и помещают в набор сит с поддоном и крышкой, установленные в прибор для механического просеивания [4]. Просеивание в приборе продолжают в течение 30–40 мин, после чего прибор останавливают и производят контрольное просеивание вручную. Просеивание считают законченным, если после встряхивания сита в течение 30 с количество частиц, прошедших через сито № 1,25

не превышает 0,05 г, а прошедших через сита № 0315 и 0071 — 0,02 г.

Определение истинной плотности — сущность метода заключается в определении плотности порошка без учета имеющихся в нем пор.

Средства контроля (измерений), аппаратура, материалы, вспомогательные устройства: колбы мерные вместимостью 100 мл или 250 мл по ГОСТ 1770; весы 4-го класса точности по ГОСТ 24104; ванна песчаная или электроплитка с закрытой спиралью; вода дистиллированная по ГОСТ 6709.

Из пробы порошка, берут две навески (для двух параллельных определений) около 10 г каждая, если истинную плотность определяют в колбах вместимостью 100 мл, или



Стенд для испытания образцов

около 50 г, если используют колбы вместимостью 250 мл. Каждую навеску порошка всыпают в чистую, высушенную и взвешенную колбу, после чего колбу с порошком вновь взвешивают и на 1/3 заполняют дистиллированной водой. Содержимое колбы взбалтывают и кипятят на песчаной ванне в течение 1 ч, а затем охлаждают до комнатной температуры. После этого колбу заполняют дистиллированной водой до черты на шейке колбы и взвешивают. Затем колбу освобождают от содержимого, промывают, наполняют до черты на шейке дистиллированной водой комнатной температуры и вновь взвешивают.

Истинную плотность порошка ρ , г/см³, вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{(m - m_1)\rho_{\text{в}}}{m - m_1 + m_2 - m_3}$$

где m — масса колбы с порошком, г; m_1 — масса пустой колбы, г; m_2 — масса колбы с дистиллированной водой, г; m_3 — масса колбы с порошком и водой, г; $\rho_{\text{в}}$ — плотность дистиллированной воды, равная 1 г/см³.

Результат каждого испытания вычисляют с точностью до второго десятичного знака после запятой. Абсолютное допустимое расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 0,02 г/см³. В случае превышения абсолютного допустимого расхождения между результатами определений испытание следует повторить до получения допустимого расхождения. Истинную плотность вычисляют как среднеарифметическое значение результатов двух параллельных испытаний.

Определение показателя битумоемкости — сущность метода заключается в определении количества

масла, при котором смесь его с 100 см³ порошка имеет заданную консистенцию.

Средства контроля (измерений), аппаратура, материалы, вспомогательные устройства: весы лабораторные 4-го класса точности по ГОСТ 24104; прибор Вика по ГОСТ 310.3 с дополнительным грузом массой $(170 \pm 0,5)$ г, укрепленным на верхней площадке стержня и с пестиком диаметром (10 ± 1) мм; чашка металлическая диаметром 50 мм и высотой 20 мм по ГОСТ 9147; чашка фарфоровая диаметром 10–12 см; масло индустриальное марки М.8В по ГОСТ 20799; нож или шпатель.

Порошок подготавливают к испытанию аналогично как для предыдущих методов. Из подготовленной пробы отвешивают порцию порошка 200–250 г. В фарфоровую чашку отвешивают 15 г масла с температурой $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. К маслу постепенно небольшими порциями добавляют порошок и тщательно перемешивают с ним. Когда смесь приобретает пастообразную консистенцию и не прилипает к стенкам и дну фарфоровой чашки, ее помещают в металлическую чашку, выглаживая ножом или шпателем уровень с краями. Металлическую чашку со смесью устанавливают на подставку прибора Вика, подводят пестик к поверхности смеси и отмечают положение указателя на шкале. Затем пестик поднимают над поверхностью смеси на 20 мм и дают возможность стержню с пригрузом и пестиком свободно погружаться в смесь в течение 5 с, после чего отмечают положение указателя на шкале и определяют глубину погружения, которая должна быть 8 мм.

Если полученная величина погружения больше 8 мм, смесь вновь помещают в фарфоровую чашку, добавляют порошок, перемешивают и повторяют испытание. Если полученная величина погружения меньше 8 мм, делают новую смесь порошка с маслом, используя количество порошка меньше первоначального, и снова повторяют испытание.

Показатель битумоемкости (ПБ), г, вычисляют по формуле:

$$\text{ПБ} = \frac{15\rho}{m - m_1} 100$$

где m — масса отвешенной порции порошка, г; m_1 — масса оставшегося после испытания порошка, г; ρ — истинная плотность порошка, г/см³; 100 — объем порошка, см³.

Результат каждого испытания вычисляют с точностью до целого числа. Абсолютное допустимое расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 2 г. В случае превышения абсолютного допустимого расхождения между результатами определений испытание следует повторить до получения допустимого расхождения. Показатель битумоемкости порошка вычисляют как среднеарифметическое значение результатов двух параллельных испытаний.

Также к основным методам контроля относят: *определение средней плотности, определение порис-*

тости, определение набухания образцов из смеси порошка с битумом, определение водостойкости образцов из смеси порошка с битумом, определение гидрофобности активированного порошка, определение влажности, определение содержания активизирующих веществ в активированном порошке, определение содержания водорастворимых соединений.

Качественные характеристики минерального порошка позволяют реализовывать его потребителям в качестве:

- наполнителя для асфальтобетонных смесей;
- наполнителя для кровельных материалов и сухих строительных смесей;
- кальцевой добавки при производстве комбикормов;
- раскислителя почв в сельском хозяйстве;

— добавка в бетонные смеси.

В Пермском государственном техническом университете были проведены исследования отходов электросталеплавильного передела на возможность использования в качестве минерального порошка.

После испытаний были получены основные физико-механические показатели [7]. Содержание битума БНД 90/130 6,5% (сверх 100%)

Средняя плотность, г/см ³	2,48
Водонасыщение, %	3,50
Предел прочности при сжатии:	
при температуре 20°C, МПа	3,44
при температуре 50°C, МПа	0,93

По выше перечисленным показателям данная смесь соответствует типу Б марки III ГОСТ 9128-97.

Литература:

1. ГОСТ 9128—97 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия
2. ГОСТ 12801—98 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний
3. ГОСТ 23932—90 Посуда и оборудование лабораторные стеклянные. Общие технические условия
4. ГОСТ 28840—90 Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования
5. ГОСТ 30491—97 Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия
6. ГОСТ 31015—2002 Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные.
7. Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем. Материалы второй международной научно-практической конференции ЮУрГУ г. Челябинск, 11 мая 2010 г. Пугин К.Г., Халитов А.Р. «Использование отходов металлургии в асфальтобетоне», стр. 190.

Влияние влажности полизлаковой смеси и частоты вращения рабочего органа двухшнекового экструдера на эффективность ведения технологического процесса экструдирования

Муслимов Н.Ж., кандидат технических наук
Алматинский технологический университет

В результате изучения процесса экструдирования мучной полизлаковой смеси на промышленном двухшнековом экструдере получили зависимости рабочих параметров процесса от переменных значений частоты вращения шнека экструдера n , (мин⁻¹) и влажности экструдруемой полизлаковой смеси, W (%). Полученные зависимости адекватно описывают протекание технологического процесса экструзии полизлаковой смеси. Полученные результаты будут иметь практическое значение при построении технологической схемы производства продуктов высокой степени готовности.

Ұнды полидәнді қоспаның экструдацияланған үрдісің зерттеу нәтижесінде өндірістік екішнекті экструдерде жұмыс параметрлер үрдісінің n экструдер шнегінің айналу жиілігіне, w полидәнді қоспаның дымқылдылығына тәуелді екені анықталды. Алынған нәтижелер полидәнді қоспаның экструзиясының технологиялық үрдісін толықтай адекватты түрде сипаттайды. Алынған нәтижелер жоғары дарижелі тағамдарды өндірудегі технологиялық сызба жасауда практикалық маңызы зор болады.

As a result of study of the process of extrusion of flour poly-cereal mixture on industrial twin strew extruder there has been received dependence of working parameters of the process on variables of frequency of rotations of extruder

screws n , (turns/min) and moisture of poly-cereal mixtures, $W\%$. Obtained results will have practical significance when technological scheme of manufacturing of readymade products is made up.

Важнейшей задачей пищевой промышленности является разработка научных, теоретических и практических основ получения новых форм продуктов питания на зерновой основе, как качественно нового направления – расширение ассортимента производства продовольственных продуктов на зерновой основе [1-3].

Одним из перспективных направлений развития техники и технологии производства продуктов питания на зерновой основе является повышение степени готовности, путем экструдирования мучной смеси. В этой связи изучение процесса экструдирования полизлаковой смеси является актуальной и своевременной задачей.

Экспериментальные исследования по изучению процесса экструдирования проводили на промышленном двухшнековом экструдере типа РЗ-КЭД-88. В конструкции устройства реализованы современные инженерные решения, направленные на совершенствование технологии производства экструзионных продуктов.

Экструдер типа РЗ-КЭД-88, оснащен электрическим приводом мощностью 90 кВт и обладает максимальной производительностью 450 кг/час. Отличительной особенностью конструкции устройства является автоматизированная система задания и контроля терморегулирования, которая включает pid -регуляторы, обеспечивающие стабильность теплового режима в зонах экструзии. Специально спроектированные самоочищающиеся шнеки позволяют исключить наличие канцерогенов и твердых

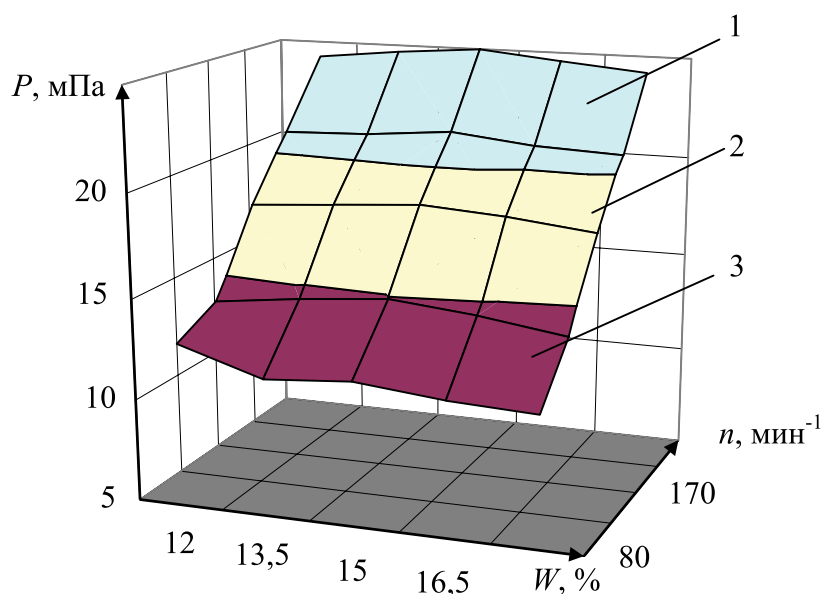
частиц в конечном продукте, что позволяет не проводить разборку и чистку экструзионной зоны установки при завершении работы.

Преимуществом экспериментального экструдера является:

- простота конструкции и эксплуатации устройства;
- автоматическая система управления нагревом и охлаждением технологических зон;
- низкий уровень шума;
- регулирование частоты вращения двигателей экструдера, режущего устройства и дозатора с помощью частотных преобразователей;
- конструкция экструдера укомплектована бункером-накопителем сухой смеси, который устанавливается над дозатором сухих компонентов объемом 1 м³;
- конструкция экструдера оснащена кондиционером;
- устройство оснащено системой регистрации и запоминания параметров технологического процесса с выводом данных в реальном времени.

Методика экспериментальных исследований заключалась в следующем. Предварительно подготовленные полизлаковые смеси загружали в приемное устройство экструдера и далее подвергали экструдированию при фиксированных значениях частоты вращения рабочего органа и влажности смеси.

Эффективность работы экструдера контролировали путем регистрации следующих параметров:



$$P = 220,7012 - 26,6439 w - 0,1053 n + 0,0018 wn + 0,8829 w^2 + 0,0004 n^2$$

Рис. 1. Зависимость изменения давления в предматричной зоне экструдера (P , мПа) от влажности (W , %) и частоты вращения рабочего органа (n , мин⁻¹)

1 – область, характеризующаяся давлением в предматричной зоне 20–25 мПа; 2 – область, характеризующаяся давлением в предматричной зоне 15–20 мПа; 3 – область, характеризующаяся давлением в предматричной зоне 10–15 мПа

- давление создаваемое в предматричной зоне (P , мПа);
- температура готового продукта на выходе из рабочей зоны (t , °C);
- производительность экструдера (Q , кг/ч);
- потребляемая мощность электропривода в процессе экструдирования (N , кВт·час).

Полученные результаты экспериментальных исследований заносили в таблицы текстового процессора *Microsoft Excel*, далее на основе полученных данных строили графики зависимости давление создаваемое в предматричной зоне (P , мПа), температура готового продукта на выходе из рабочей зоны (t , °C), производительность экструдера (Q , кг/ч), потребляемая мощность электропривода в процессе экструдирования (N , кВт·час), от переменных значений частоты вращения шнека экструдера n , (мин⁻¹) и влажности экструдируемой полизлаковой смеси, W (%).

На рис.1 приведена трехмерная модель характеризующая зависимость давления в предматричной зоне двухшнекового экструдера от влажности мучной полизлаковой смеси и частоты вращения рабочего органа экспериментальной установки.

Анализ поведения трехмерной поверхности показал, что с увеличением частоты вращения рабочего органа n с 80 до 250 мин⁻¹ приводит к увеличению значений давления в предматричной зоне. При этом влажность обрабатываемой мучной полизлаковой смеси снижают значений P в процессе экструдирования. Так, например, при влажности мучной полизлаковой смеси 12% и частоте вращения шнека 80 мин⁻¹ значение P составило 11,0 мПа.

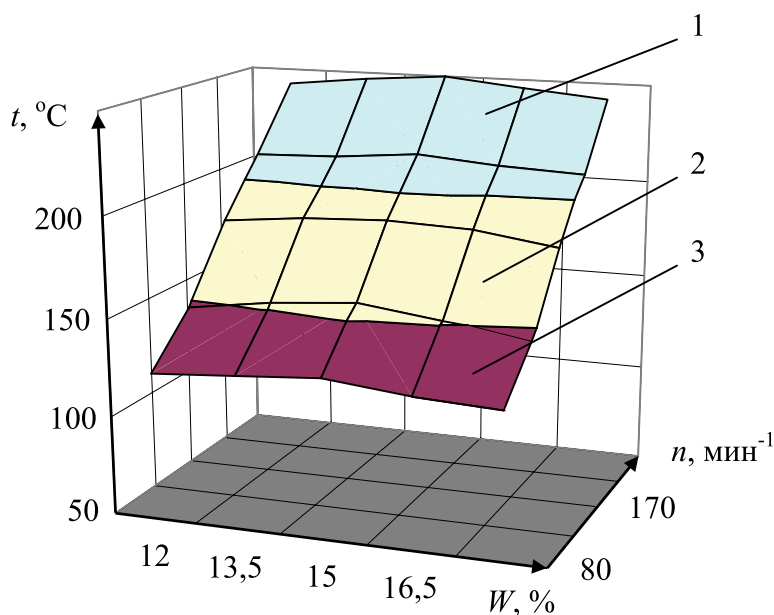
При $W=13,5\%$ и $n=80$ мин⁻¹ значение P составило 11,7 мПа. Увеличение влажности до 15% приводило к увеличению значений P до 12,0 мПа. Дальнейшее увеличение влажности до 18% снижало значения давления до 11,45 мПа.

На рис.2 приведена трехмерная модель характеризующая зависимость температуры экструдата на выходе из рабочей зоны устройства от переменных значений влажности мучной полизлаковой смеси и частоты вращения рабочего органа экспериментальной установки.

Анализ поведения трехмерной поверхности показал, что с увеличением частоты вращения рабочего органа (шнека) n с 80 до 250 мин⁻¹ приводит к увеличению значений температуры экструдата на выходе из рабочей зоны устройства (t , °C). При этом влажность обрабатываемой мучной полизлаковой смеси изменяют значения t в процессе экструдирования. Так, например, при влажности мучной полизлаковой смеси 12% и частоте вращения шнека 80 мин⁻¹ значение t составило 124,5 °C. При $W=13,5\%$ и $n=80$ мин⁻¹ значение t составило 126,8 °C. Увеличение влажности до 15% приводило к увеличению значений P до 130 °C. Дальнейшее увеличение влажности до 18% снижало значения температуры экструдата на выходе из рабочей зоны устройства. Аналогичные зависимости были получены при изменении значений частоты вращения рабочего органа с 120 до 250 мин⁻¹.

Максимальные значения t – 250 °C составили при вращении рабочего органа $n=250$ мин⁻¹.

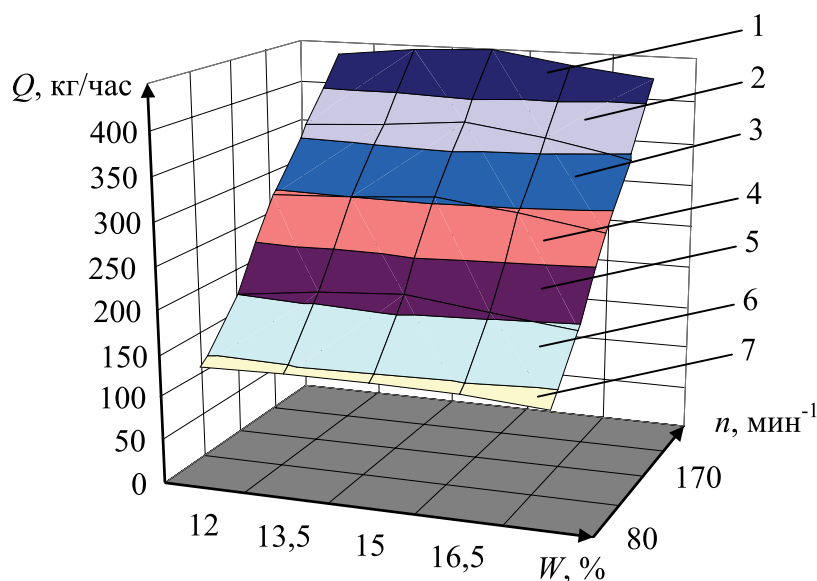
На рис. 3 приведена трехмерная модель характеризующая зависимость производительности двухшнекового



$$t = 153,8504 + 27,9326 w + 0,9686 n - 0,0007 wn - 0,9712 w^2 - 0,0005 n^2$$

Рис. 2. Зависимость изменения температуры экструдата на выходе из рабочей зоны устройства (t , °C) от влажности (W , %) и частоты вращения рабочего органа (n , мин⁻¹)

1 – область, характеризующаяся температурой экструдата 200–250 °C; 2 – область, характеризующаяся температурой экструдата 150–200 °C; 3 – область, характеризующаяся температурой экструдата 100–150 °C



$$Q = 95,8189 - 36,1631 w + 4,7981 n + 0 wn + 0,9027 w^2 - 0,0088 n^2$$

Рис. 3. Зависимость изменения производительности экструдера (Q , кг/час) от влажности (W , %) и частоты вращения рабочего органа (n , мин⁻¹)

1 – область, характеризующая производительность экструдера 400–450 кг/час; 2 – область, характеризующая производительность экструдера 350–400 кг/час; 3 – область, характеризующая производительность экструдера 300–350 кг/час; 4 – область, характеризующая производительность экструдера 250–300 кг/час; 5 – область, характеризующая производительность экструдера 200–250 кг/час; 6 – область, характеризующая производительность экструдера 150–200 кг/час; 7 – область, характеризующая производительность экструдера 100–150 кг/час

экструдера от переменных значений влажности мучной полизлаковой смеси и частоты вращения рабочего органа экспериментальной установки.

Анализ поведения трехмерной поверхности показал, что с увеличением частоты вращения рабочего органа (шнека) n с 80 до 250 мин⁻¹ приводит к увеличению производительности двухшнекового экструдера (Q , кг/час). При этом влажность обрабатываемой мучной полизлаковой смеси изменяют значения Q в процессе экструдирования. Так, например, при влажности мучной полизлаковой смеси 12% и частоте вращения шнека 80 мин⁻¹ значение Q составило 140 кг/час. При $W=13,5\%$ и $n=80$ мин⁻¹ значение Q увеличилось и составило 142 кг/час. Увеличение влажности до 15% приводило к увеличению значений Q до 144 кг/час. Дальнейшее увеличение влажности до 18% при $n=80$ мин⁻¹ снижало значения производительности устройства до 135 кг/час. Аналогичные зависимости были получены при изменении значений частоты вращения рабочего органа с 120 до 250 мин⁻¹.

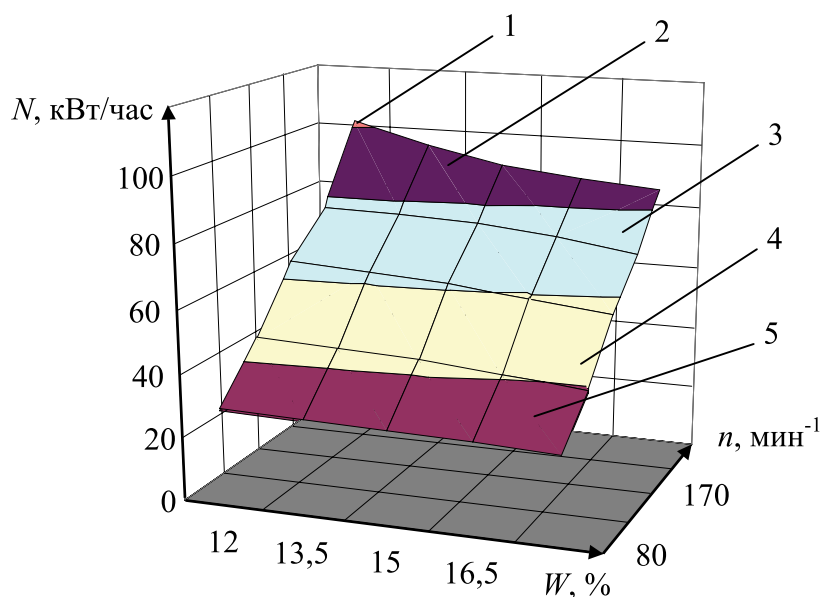
При этом максимальное значение Q составило 450 кг/час при вращении рабочего органа $n=250$ мин⁻¹ и влажности мучной полизлаковой смеси 15%.

На рис.4 приведена трехмерная модель характеризующая зависимость потребляемой мощности электропривода экструдера (N , кВт/час) от переменных значений влажности мучной полизлаковой смеси и частоты вращения рабочего органа экспериментальной установки.

Анализ поведения трехмерной поверхности показал, что с увеличением частоты вращения рабочего органа (шнека) n с 80 до 250 мин⁻¹ приводит к увеличению потребляемой мощности электропривода экструдера (N , кВт/час). При этом влажность обрабатываемой мучной полизлаковой смеси снижают значения N в процессе экструдирования.

Так, например, при влажности мучной полизлаковой смеси 12% и частоте вращения шнека 80 мин⁻¹ значение N составило 29,5 кВт/час. При $W=13,5\%$ и $n=80$ мин⁻¹ значение N составило 29,0 кВт/час. Увеличение влажности до 15% приводило к снижению значений N до 28,8 кВт/час. Дальнейшее увеличение влажности до 18% при $n=80$ мин⁻¹ снижало потребляемую мощность электропривода устройства до 27,0 кВт/час. Аналогичные зависимости были получены при изменении значений частоты вращения рабочего органа с 120 до 250 мин⁻¹. При $n=120$ мин⁻¹ и $W=12\%$ потребляемая мощность электропривода устройства составила 45,5 кВт/час. Увеличение n до 170 мин⁻¹ приводило к увеличению значений N до 64,5 кВт/час. Дальнейшее увеличение значений n до 250 мин⁻¹ приводило к увеличению N до 102 кВт/час. Максимальные потребление мощности электрического привода составило 102,0 кВт/час при частоте вращения рабочего органа $n=250$ мин⁻¹ и влажности обрабатываемого материала 12%.

Анализ полученных трехмерных поверхностей показал, что рабочие характеристики экструдера для всех



$$N = 246,0047 + 32,4651 w + 0,5029 n - 0,0018 wn - 1,1293 w^2 - 0,0001 n^2$$

Рис. 4. Зависимость потребляемой мощности электропривода экструдера (N, кВт/час) от влажности (W, %) и частоты вращения рабочего органа (n, мин⁻¹)

- 1 – область, характеризующая расход электроэнергии 100–120 кВт/час; 2 – область, характеризующая расход электроэнергии 80–100 кВт/час; 3 – область, характеризующая расход электроэнергии 60–80 кВт/час; 4 – область, характеризующая расход электроэнергии 40–60 кВт/час; 5 – область, характеризующая расход электроэнергии 20–40 кВт/час

значений частоты вращения шнека имеют одинаковый вид, т.е. с увеличением производительности давление в предматричной зоне экструдера сначала растет, а затем с некоторого значения Q уменьшается. Очевидно, что в режиме полностью закрытого выхода при $Q = 0$ давление в предматричной зоне непрерывно нарастает, а в режиме открытого выхода $Q = Q_{\max}$ – непрерывно падает. В реальном же процессе экструзии с ростом производительности давление продукта достигает некоторой величины, максимально возможной для данных условий работы экструдера, а потом неуклонно снижается. Максимум на кривых смещается в сторону увеличения производительности.

Зависимости давления и температуры продукта в предматричной зоне экструдера от переменных параметров экструзионного процесса позволяют с достаточной точ-

ностью прогнозировать их изменение в исследованном диапазоне значений факторов. Их анализ позволяет сделать заключение о преобладающем влиянии учитываемых факторов на температуру и давление пищевой среды: наибольшее влияние на давление расплава продукта оказывают конструктивные параметры экструдера (величина диаметра проходного сечения матрицы), а также начальная влажность смеси; геометрические характеристики рабочего органа, частота (скорость) вращения шнека и давление продукта максимально влияют на температуру в предматричной зоне экструдера. Они позволяют выявить доминирующее значение каждого исследуемого фактора (W , n) на кинетические параметры и с достаточным приближением описать кинетику протекания процесса экструзии мучной полизлаковой смеси при производстве продуктов высокой степени готовности.

Литература:

1. Платов, К.В. Научное обеспечение процесса получения зерновых палочек на одношнековом экструдере: Дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 Воронеж, 2004.
2. Оспанов А.А., Муслимов Н.Ж., Джумабекова Г.Б., Омаров К.К., Шарип М.Т. Пути повышения конкурентоспособности крупяной промышленности Аналитический обзор. — Астана: ЦНТИ, 2006. — 42 с.
3. Спандияров Е.С., Горбатовская Н.А., Байхожаева Б.У., Ахметова Г.В. Технология продуктов длительного хранения. — Издательский комплекс ТарГУ, Тараз 2000. — 121 с.

Идентификация математической модели обтекания крыльевого профиля потоком газа в САЕ пакете ANSYS CFX

Сенюшкин Н.С., кандидат технических наук, старший научный сотрудник; Абдуллин А.Я., магистрант
Уфимский государственный авиационный технический университет

Введение

В настоящее время, все большее значения принимают вопросы энергетической эффективности летательных аппаратов, в том числе беспилотных. Один из путей к этой цели, повышение аэродинамического качества летательного аппарата. Существенную долю в аэродинамическом сопротивлении и главенствующую в подъемной силе самолета играет крыло, а точнее, если не брать в расчет качество поверхности, форма профиля. Существующая ныне тенденция применения аэродинамических форм переменного профиля, исключает возможность использования параметров из атласа профилей. Это приводит к необходимости экспериментального или расчетного определения требуемых параметров. Проведение натурных экспериментов весьма затратно в финансовом и временном плане. Использование программных продуктов для численного моделирования требует их идентификации под конкретные задачи.

Закономерно, что по мере прогресса авиационной техники задачи отработки авиационных профилей менялись. В настоящее время большинство проводимых экспериментальных, теоретических и численных исследований такого характера направлено в основном на изучение обтекания крыльев в диапазоне чисел Маха, при которых в потоке имеют место значительные эффекты сжимаемости, что не характерно для большей части частной авиации и беспилотных летательных аппаратов. Однако имеется значительное количество экспериментальных данных, накопленных в 30-50 годы прошлого столетия, которые рассматривают задачи нахождения силовых характеристик и оптимизации обтекания аэродинамически профилированных крыльев при малых числах Маха, когда газ можно полагать полностью несжимаемой. К таким исследованиям относится и продувка профиля NASA-2406, выполненная лабораторией LMAL — NASA в трубе переменной плотности в 1931 году. Результаты эксперимента были опубликованы в нашей стране в сборнике [1].

Изучение обтекания крыла с подобной профилировкой потоком несжимаемой жидкости сегодня не поте-

ряло своей актуальности в задачах проектирования морских гребных винтов. Обтекание лопасти гребного винта во многом подобно обтеканию крыла конечного размаха. Аэродинамические профили, в том числе NASA-2406, находят применение при профилировании лопастей некавитирующих гребных винтов, так как их гидродинамические качества способствуют получению высоких коэффициентов полезного действия. Поэтому численное моделирование обтекания подобных авиационных профилей является важным для изучения гидродинамики гребных винтов и может рассматриваться как шаг на пути решения более сложной задачи численного моделирования их работы.

Задачи идентификации была решена для обтекания профиля NASA-2406 потоком воздуха при различных углах атаки: $1-10^\circ$ с шагом 1° и $10-45^\circ$ с шагом 5° с использованием САЕ системы ANSYS CFX 11. По результатам численного моделирования проводилось сравнение коэффициентов C_y , C_x с результатами натурного эксперимента [1] и оценивалась точность расчета.

1 Исходные параметры

Профиль NASA-2406 (рис. 1) имеет следующие геометрические характеристики:

- относительная толщина $c = 0,06$
- относительная вогнутость $f = 0,20$;
- относительное положение максимальной вогнутости $fx = 0,40$.

Использованный в работе, эксперимент выполнен в трубе переменной плотности диаметром 1,52 м (критическое число Рейнольдса 150000) на прямоугольной модели крыла размерами 127×762 мм ($=6$). Скорость набегающего потока в эксперименте составляла 21,1 м/с, $Re = 312000$, $M = 0.06$.

2 Численное моделирования в среде ANSYS CFX

Численное моделирование в САЕ системах, в т. ч. и в ANSYS CFX можно разделить на следующие этапы.

1. Создание геометрической модели.

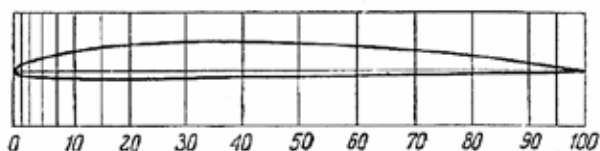


Рис. 1. Профиль NASA-2406

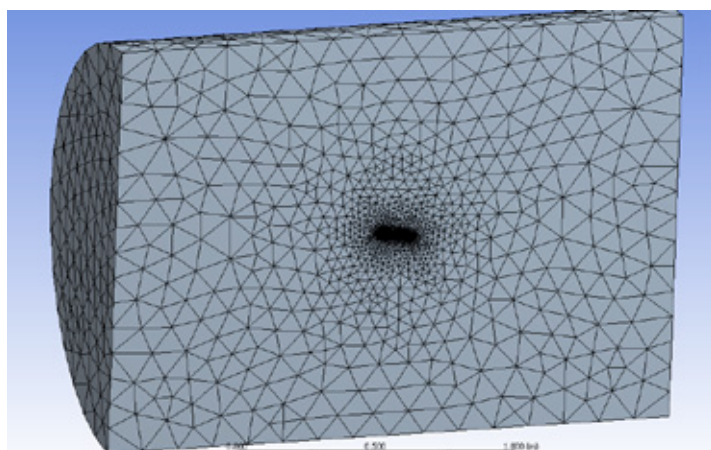


Рис. 2. Сформированная нерегулярная тетраэдрическая сетка с измельчением сетки у поверхности крылового профиля

2. Импортiroвание геометрии в САЕ систему (DesignModeler).

3. Генерация расчетной сетки (приложение Meshing, метод CFX-Mesh) (рис 2).

4. Импортiroвание сетки в препроцессор (ANSYS CFX-Pre).

5. Задание граничных и начальных условий в препроцессоре (рис 3).

6. Расчет варианта в расчетном процессоре (ANSYS CFX-Solver).

7. Визуализация и анализ результатов расчета в постпроцессоре (ANSYS CFX-Post)

В CFX-Mesh — использовалась нерегулярная тетраэдрическая сетка.

Размер исходной сетки во всей расчетной области выбран 100 мм (ребро тетраэдра). Минимальный и максимальный размер ребра тетраэдра на всех поверхностях расчетной области, за исключением отдельных поверхностей, на которых задано измельчение сетки с учетом

особенностей течения, соответственно, 5 и 100 мм.

На поверхности крыла задавалось измельчение сетки — постоянный размер ячейки 3 мм, радиус инфляции (распространения) 6 мм. Высота исходной призмы 0,3 мм, коэффициент увеличения высоты призмы 1,2.

Модель жидкости несжимаемая, течение турбулентное, модель турбулентности k-ε.

Параметры турбулентности: интенсивность турбулентности 0,03, масштаб турбулентности 0,005 м.

Стенка без проскальзывания, гладкая (имеется пограничный слой).

Вещество — воздух, подчиняется закону идеального газа.

Температура области — 288,15 К. Термодинамическая модель Isothermal.

Опорное давление — 1 атмосфера.

Была выполнена необходимая серия расчетов, сходимость оценивалась по среднеквадратичной невязке.

В качестве примера результата расчета, приведено

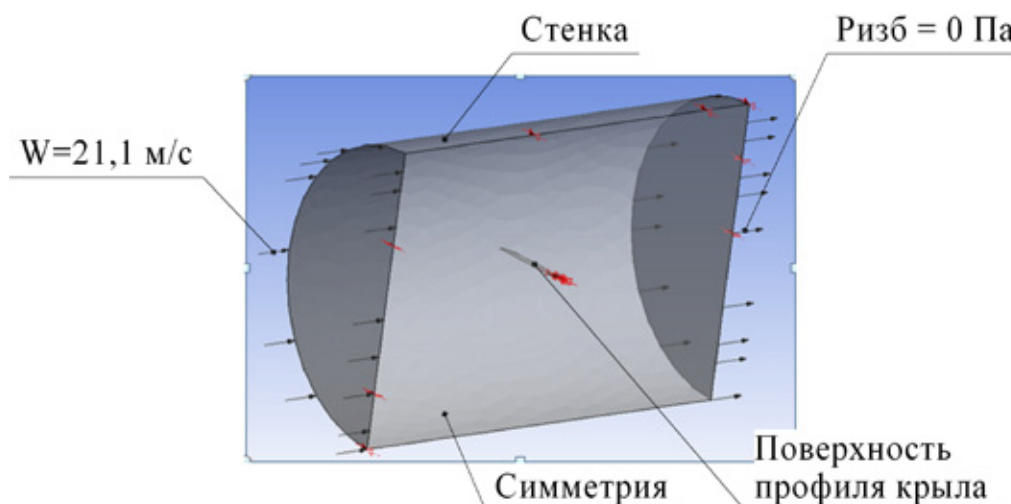


Рис. 3. Граничные условия

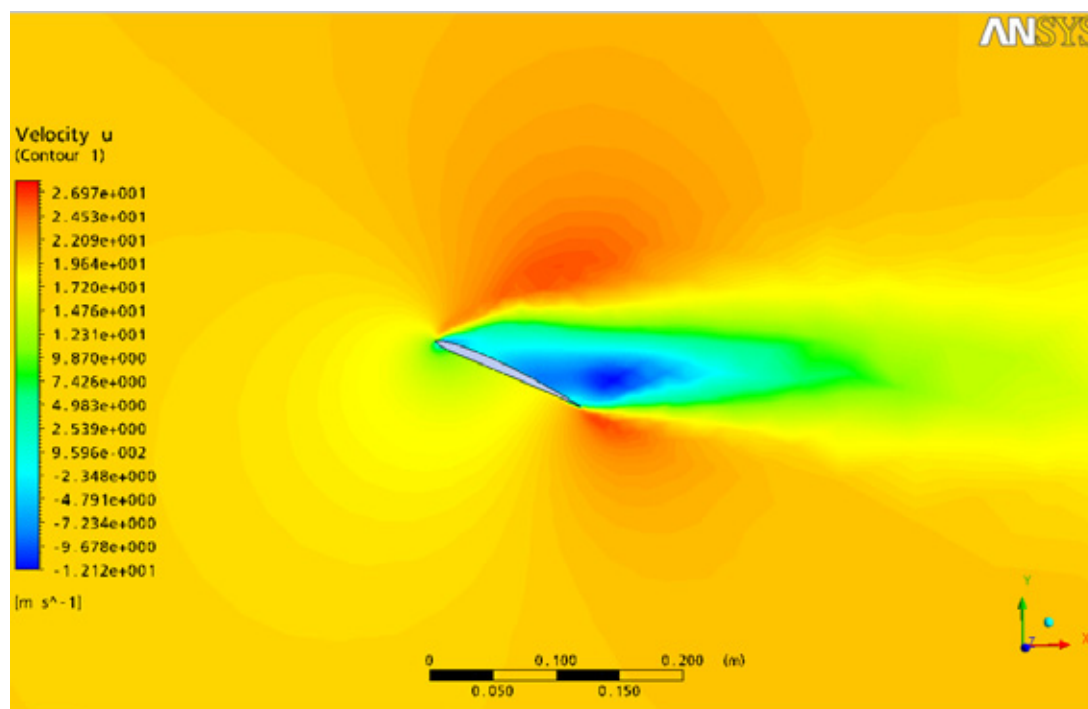


Рис. 4. Распределение осевой скорости при угле атаки 25°

распределение осевой скорости вблизи поверхности профиля при угле атаки 25° (рис. 4).

На рисунке хорошо видно отрыв потока и зону обратных токов за крылом.

По результатам численного моделирования были получены значения сил X и Y для различных углов атаки (таблица 1).

Значения сил X и Y переведены в коэффициенты C_x и C_y следующим образом:

$$C_x = \frac{X}{\rho \cdot W^2 / 2 \cdot S}, \quad (1)$$

где S — площадь крыла, м²;

ρ — плотность среды (воздуха), кг/м³;

W — скорость движения среды относительно профиля крыла, м/с.

Площадь крыла

$$S = b \cdot l = 0,127 \cdot 0,381 = 0,0484 \text{ м}^2; \quad (2)$$

Таблица 1. Значения сил X и Y

α , град	0	1	2	3	4	5	6	7
X , Н	0,3049	0,2984	0,3331	0,3850	0,4533	0,5504	0,6645	0,8028
Y , Н	1,7945	3,0348	4,0673	5,0830	6,0560	7,0022	7,9059	8,7191

	8	9	10	15	20	25	30	35	40	45
	1,0240	1,1572	1,4112	2,9148	4,5517	6,0606	7,5572	9,2267	10,818	12,372
	9,4389	9,7943	10,146	11,128	12,133	12,593	12,779	13,004	12,823	12,371

Таблица 2. Значения коэффициентов C_x и C_y для различных углов атаки

α , град	0	1	2	3	4	5	6	7	8
C_x	0,0231	0,0226	0,0252	0,0292	0,0343	0,0417	0,0503	0,0608	0,0776
C_y	0,1360	0,2299	0,3082	0,3851	0,4588	0,5305	0,5990	0,6606	0,7152

α , град	9	10	15	20	25	30	35	40	45
C_x	0,0877	0,1069	0,2208	0,3449	0,4592	0,5726	0,6991	0,8196	0,9374
C_y	0,7421	0,7688	0,8432	0,9192	0,9542	0,9682	0,9853	0,9715	0,9373

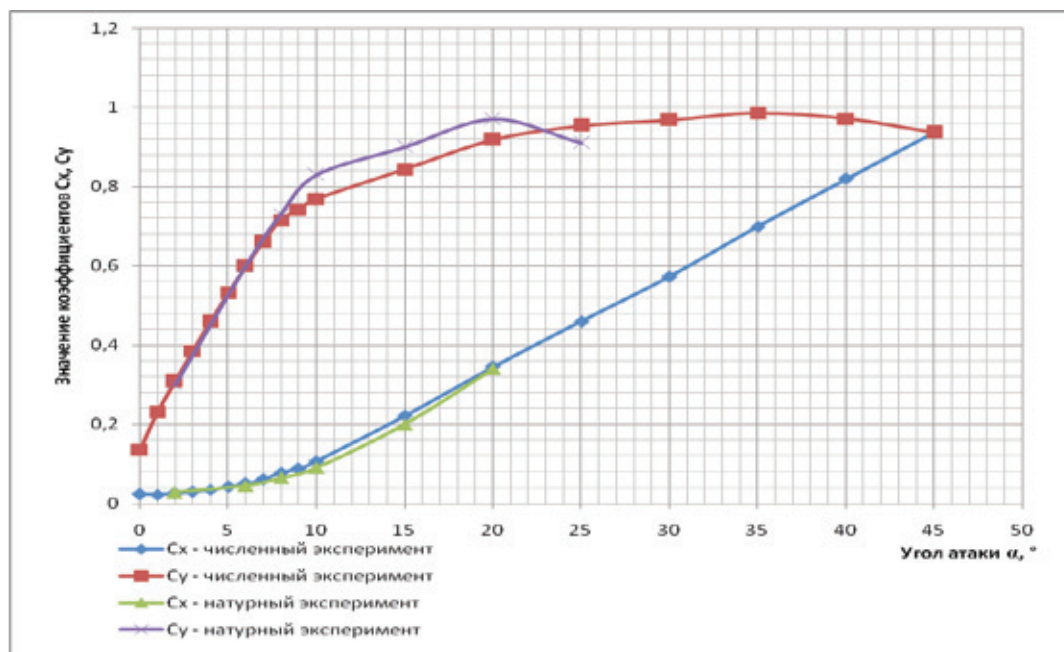


Рис. 5. Зависимость коэффициентов C_x и C_y от угла атаки α в численном и натурном экспериментах

плотность среды $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$;

скорость потока воздуха $W = 21,1 \text{ м/с}$.

Произведение скоростного напора на площадь

$$\rho \cdot \frac{W^2}{2} \cdot S = 1,225 \cdot \frac{21,1^2}{2} \cdot 0,0484 = 13,1983 \text{ Н.}$$

Значения сил X и Y были переведены в коэффициенты C_x и C_y , результаты сведены в таблицу 2.

По результатам вычисления коэффициентов C_x и C_y был построен график зависимости коэффициентов лобового сопротивления и подъемной силы от угла атаки в случае численного и натурного экспериментов (рисунок 5) и проведено качественное сравнение этих результатов.

Из рисунка 5 видно, что погрешность между численным и натурным экспериментом в C_y составляет не более 4%

по отношению к абсолютному значению коэффициента подъемной силы в натурном эксперименте. Такое расхождение объясняется тем, что не были точно известны значения температуры, параметров турбулентности, при которых проводился натурный эксперимент.

Заключение

По результатам сравнения результатов численного трехмерного моделирования в ANSYS CFX с экспериментальными данными можно сделать вывод, что модели течения, используемые в ANSYS CFX, и методика применения данного пакета (в том числе формирование сетки, задание граничных условий, возможное упрощение геометрии) для решения задач аэродинамики крыла позволяют решать их с достаточной для практики точностью.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Оценка эффективности работы топливopодающей системы сельскохозяйственных тракторов в зимний период эксплуатации

Сырбаков А.П., кандидат технических наук, доцент; Корчуганова М.А. кандидат технических наук, доцент
Юргинский технологический институт НИ ТПУ

Применение многих машин в хозяйствах круглый год обусловлено непрерывностью производственного процесса некоторых сельскохозяйственных работ. К ним следует отнести работы по доставке кормов на животно-

водческие фермы, по вывозу органических удобрений, снегозадержанию, по перевозке животноводческой продукции и других сельскохозяйственных грузов. Объем работ, выполняемых в зимнее время, достигает до 40% годового [1].

Известно, что эксплуатация тракторной техники зимой значительно сложнее, чем летом, что в основном обуславливается суровыми климатическими условиями.

Эффективность работы и экономичность сельскохозяйственных тракторов, в период зимней эксплуатации, зависит от многих систем и агрегатов машины, в том числе и от работоспособности системы питания, зависящая от эксплуатационных свойств топлива, температуры окружающей среды, условий и режимов эксплуатации.

Схема топливоподачи у всех сельскохозяйственных тракторов практически идентична и работает по схеме, представленной на рисунке 1.

Из анализа схемы топливоподачи (рис. 1) можно сделать вывод, что отечественные автотракторные двигатели оснащены системой питания, тепловой режим которой практически не регулируется. Подогрев (разогрев) топлива в системе питания происходит путем теплопередачи от нагретых деталей двигателя и обдувом ряда узлов и деталей (топливный насос высокого и низкого давления, форсунки, фильтра тонкой и грубой очистки) теплым воздухом, прошедшим через охлаждающие радиаторы.

Поэтому надежность системы питания, в условиях отрицательных температур, во многом определяется надежностью ее составляющих частей (топливного бака, питающего топливопровода, фильтра грубой очистки). Именно в этих элементах системы питания происходит наибольшее количество отказов (прекращение подачи топлива) при отрицательных температурах.

При исследовании динамики температуры топлива в топливоподающей системе трактора ДТ-75М было установлено, что влияние температуры наружного воздуха, собственно двигателя и топлива в баке, а также цикловой подачи неодинаково [3]. На температурное состояние топлива в фильтре грубой очистки влияет температура окружающей среды и топлива в баке, а также скорость и направление потока холодного воздуха к продольной оси трактора, а для топлива в фильтре тонкой очистки и головке топливного насоса, основными факторами влияющими на температуру топлива, оказывает тепловой режим работы двигателя и температура окружающей среды.

При эксплуатации трактора ДТ-75М в зимний период на дизельном топливе марки «З-0,5-35» при температуре окружающей среды ниже -25°C , аккумулирующего тепла

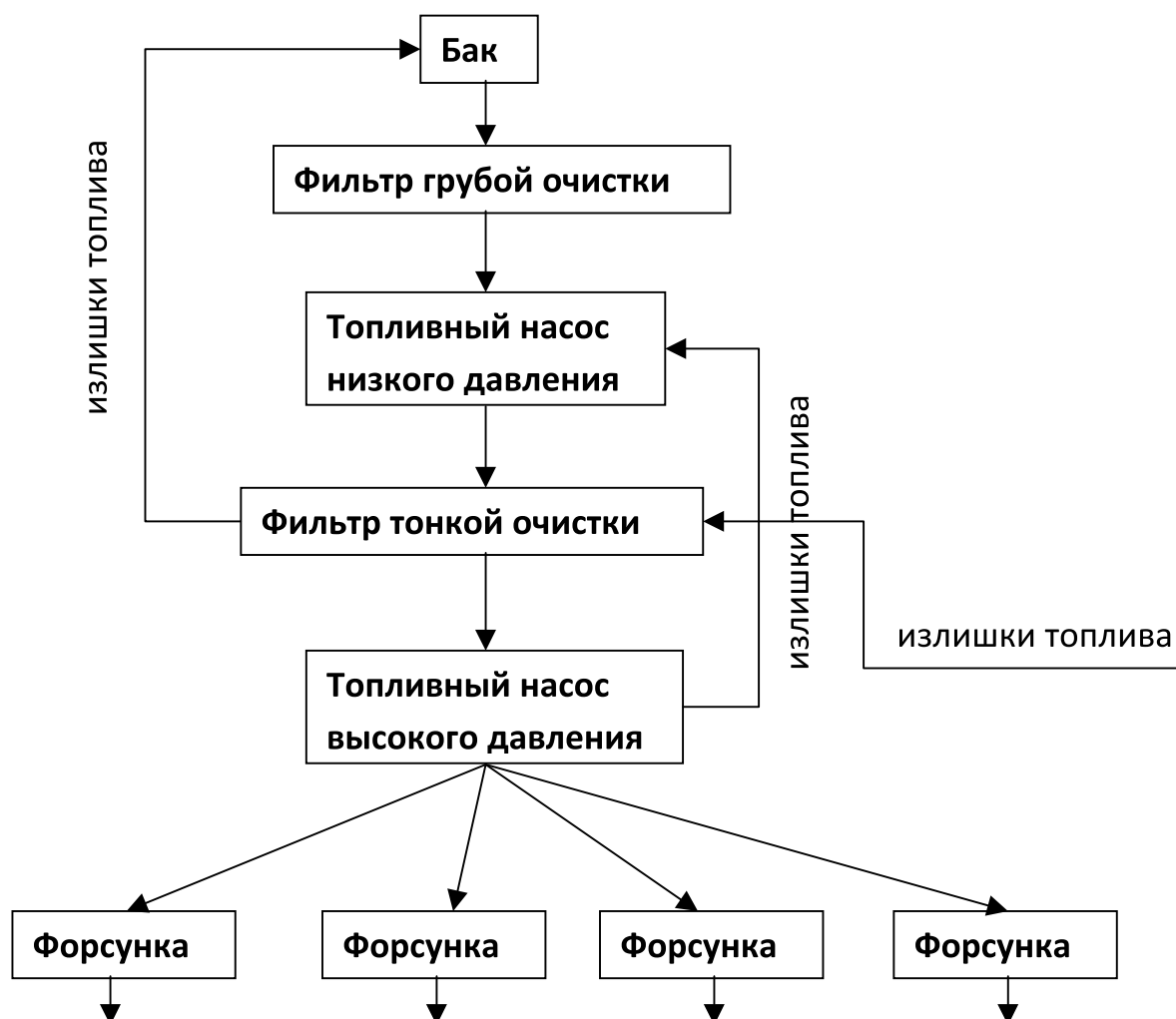


Рис. 1. Схема системы топливоподачи энергонасыщенных тракторов

топлива в баке (при условии стоянки трактора в отапливаемом боксе) недостаточно для безотказной работы топливоподающей системы в течении смены. Основной причиной закономерных отказов являются выпадающие из топлива мелкие кристаллы льда и парафины, что в итоге при забивании топливных фильтров и сетки заборного штуцера, приводит к снижению производительности топливного насоса низкого давления и тем самым не обеспечивает необходимую подачу топлива к головке топливного насоса при номинальных нагрузках двигателя.

Для повышения работоспособности системы питания тракторов при работе в суровых климатических условиях, существуют множество способов и приспособлений для повышения жидкотекучести топлива и улучшения его прокачиваемости через элементы системы питания (рис. 2), которые можно разделить на три направления: подогрев топлива с использованием электроподогревателей запитанных от бортовой сети трактора, применение топлив с улучшенными эксплуатационными свойствами и конструктивное исполнение топливоподающей системы.

Подогрев топлива в элементах системы топливоподачи с применением электроподогревателей (магистральные, бандажные и погружные) запитанных от бортовой сети трактора, на наш взгляд является одним из перспективных направлений в повышении эффективности прокачиваемости топлива через элементы топливоподачи. Но для

применения данных устройств (мощность электроподогревателей 0,2 ... 0,3 кВт), эффективность генераторной установки трактора иногда недостаточна, особенно при работе в темное время суток, когда задействованы основные потребители (приборы освещения и сигнализации, электропривод вентилятора отопителя и др.).

Добавление в топливо специальных присадок (депрессоры, антигели) позволяет снизить температуру замерзания топлива на 10 ... 20 °С, что также является одним из эффективных способов в повышении надежности топливоподачи. Но применение депрессорных присадок приводит к увеличению стоимости топлива, и разбавление топлива специальными присадками необходимо выполнять при положительных температурах топлива или выше температуры помутнения топлива.

Конструктивное исполнение узлов топливоподающей системы в основном реализовано в моделях тракторов предназначенных для эксплуатации в северных районах (эффективное расположение элементов топливоподающей системы низкого давления вблизи нагреваемых областей моторной установки).

Нами предлагается, в качестве альтернативы рассмотренным способам, для повышения эффективности прокачиваемости топлива через линию низкого давления системы питания, обеспечить его разогрев, путем рационального использования теплоты излишков топлива от

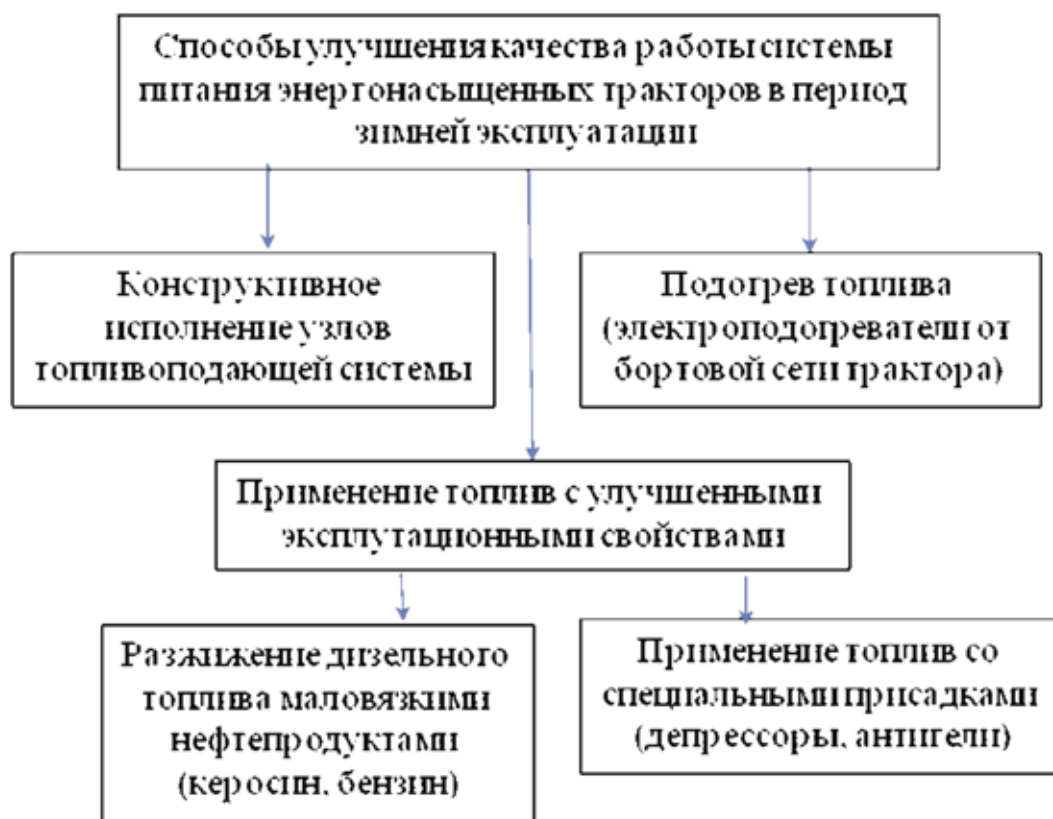


Рис. 2. Способы повышения эффективности работы топливоподающей системы дизельных тракторов в условиях низких температур

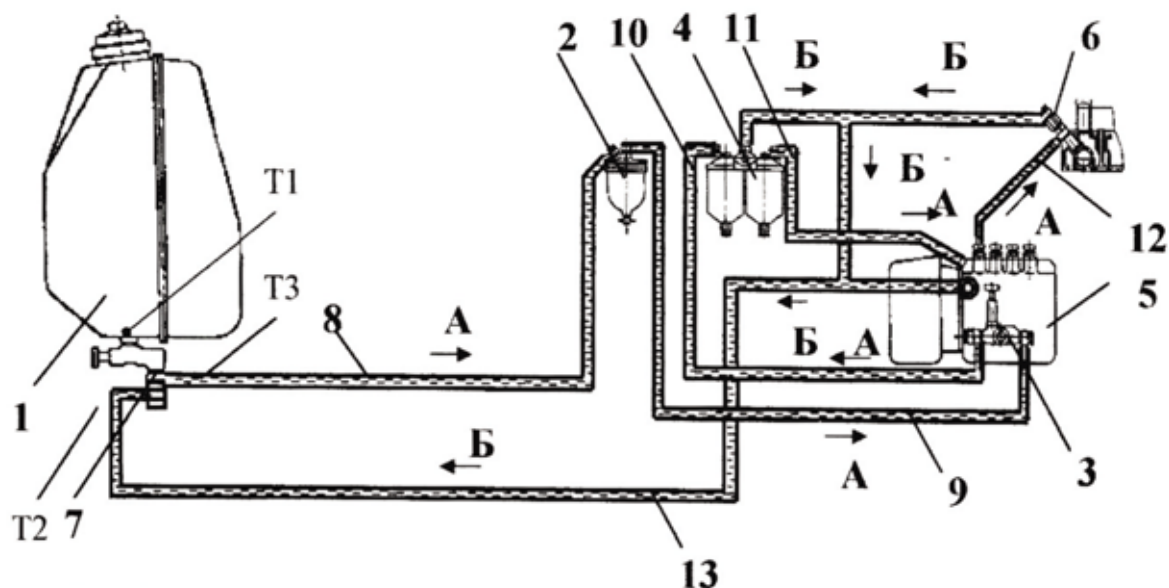


Рис. 3. Схема топливopодающей системы трактора ДТ-75М с частичным подогревом дизельного топлива [2]:
 1 – топливный бак; 2 – фильтр грубой очистки; 3 – топливный насос низкого давления; 4 – фильтр тонкой очистки;
 5 – топливный насос высокого давления; 6 – форсунка; 7 – топливозаборник; 8, 9, 10, 11 и 13 – топливopоводы
 низкого давления; 12 – топливopовод высокого давления; А – направление основной подачи топлива;
 Б – направление излишков топлива; T1, T2 и T3 – температура топлива в топливном баке, излишков топлива
 и в питающем топливopоводе.

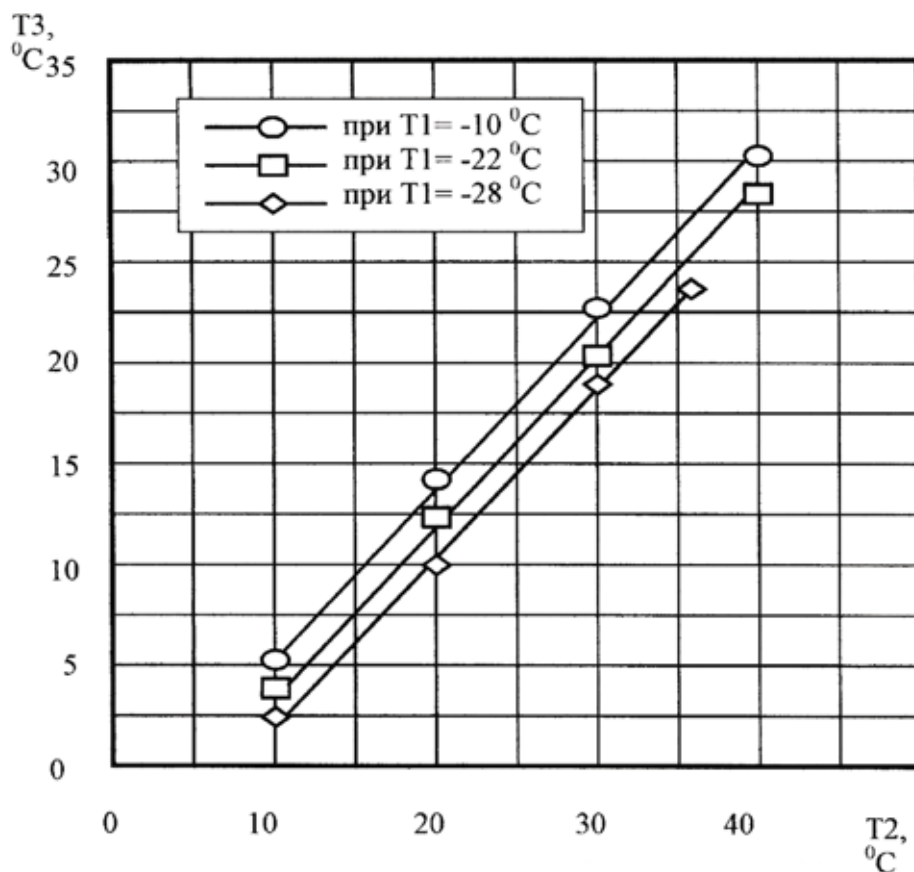


Рис. 4. Динамика разогрева дизельного топлива в питающем топливopоводе теплотой излишков перепускаемые из линии низкого и высокого давления системы питания

форсунок 6 (рис. 3), топливного насоса высокого давления 5 и фильтра тонкой очистки 4.

Излишки подогретого топлива из линии низкого и высокого давления (направление Б) по топливопроводу 13 направляются на вход питающего топливопровода 8 (к топливозаборнику 7) и смешиваясь с основным топливом поступающим из топливного бака обеспечивает частичный разогрев. Такое конструктивное исполнение позволит также увеличить скорость потока топлива по питающему топливопроводу и тем самым снизить негативное воздействие окружающей среды на эффективность прокачиваемости топлива.

Литература:

1. Бережнов Н.Г. Оценка природных факторов и их воздействие на технику / Н.Г. Бережнов. — Кемерово, 1996. — 140 с.
2. Система питания дизельного двигателя. Свидетельство на полезную модель (РФ). — №2004102457 / Оpubл. 29.01.2004 г. П.И. Федюнин, Д.М. Воронин, Г.М. Крохта, Н.Г. Бережнов, А.П. Сырбаков.
3. Сырбаков А.П. Обеспечение работоспособности системы питания дизельных тракторов в условиях отрицательных температур: автореф. дисс. к-та техн. наук: 05.20.03/ НГАУ. — Новосибирск, 2004. — 20 с.

Изучение процесса измельчения зерна по показателю модуль крупности на экспериментальной установке «измельчитель-смеситель»

Муслимов Н.Ж., кандидат технических наук
Алматинский технологический университет

В результате проведенных экспериментальных исследований изучено изменение модуля крупности измельченного зерна пшеницы различной влажностью. Установлено, что влажность обрабатываемого материала оказывает значительного влияния на модуль крупности измельчаемого материала. Также установлено, что увеличение кратности обработки зерна пшеницы на экспериментальной установке (К) с 4 до 5 раз не изменяло значения М и составляло 0,5 мм. В этой связи увеличение значений К до 5 приводит к излишнему перерасходу электроэнергии на привод рабочего органа экспериментальной установки. Полученные результаты экспериментальных исследований позволяют регулировать эффективность ведения процесс измельчения на экспериментальной установке в зависимости от переменных значений влажности зерна пшеницы.

Эксперименталды зерттеулер нәтижесінде дымқылдылығы әр түрлі ұсақталған бидай дәнінің ұлғаю модулі анықталды. Өңделген материалдың дымқылдылығы ұсақталған материал ұлғаюына әсер етпейтіні анықталды. Эксперименталды құрылғыдағы бидай дәнінің өңдеу реті 4тен 5-ке ауысқаның және М 0,5 мм сәйкес келгені анықталды. К мағынасының 5-ке өзгеруі эксперименталды құрылғының жұмыс мүшесі электроэнергияның көп пайдалуына әкеледі. Алынған зерттеулер нәтижелері эксперименталды құрылғының бидай дәнінің дымқылдылығының ауысу мағыналарына қарай ұсақтау үрдісінің өнімділігін басқаруға мүмкіндік береді.

As a result of experimental tests made variations of module of size of ground wheat grain of different moisture has been studied. it is established that moisture of treated material does not affect significantly on the module of size of the material ground. Also, it is defined that increase of multiplicity of wheat grain treatment on the experimental installation (K) from 4 to 5 times has not changed M and it is 0,5 mm. In this connection increase of K up to 5 leads to excessive consumption of energy for working drive of experimental installation. Received results of experimental tests will allow regulating efficiency of the process of grounding on the experimental installation depending on variables of wheat grain moisture.

Процесс измельчения зернового сырья является основным и энергоемким технологическим процессом на зерноперерабатывающих предприятиях. Современный уровень энергетических затрат в зависимости от вида вырабатываемой продукции составляют от 40 до 70% всех энергетических затрат на их производство [1–3].

Разнообразие физико-механических свойств зернового сырья и технологические требования к степени измельчения частиц предусматривает использование различных методов измельчения [4–5]. При этом эффективность процесса измельчения зависит от характера и вида приложенной на тело нагрузки.

В этой связи с целью повышения эффективности процесса измельчения разработана экспериментальная установка, реализующая срез зернового сырья вращающимся ножевым механизмом и последующим уделением продуктов размола из рабочей зоны кустановки.

Сущность предложенного технического решения поясняется рис. 1, где приведены: общий вид устройства с разрезом рабочей камеры, вид разрез по А-А.

Измельчитель — смеситель состоит из следующих основных узлов и деталей: раму 1 с шарнирными подвесками 2, на которых установлена рабочая камера 3, представляющая собой наружный цилиндрический корпус 4 с загрузочными воронками 5 по количеству равным обрабатываемых компонентов, и сопряжена с нижней конической частью 6 образующие рабочую камеру измельчителя — смесителя с расположенным внутри рабочим органом.

Сверху цилиндрического корпуса 4 расположен диск 7, на котором установлен приводной электродвигатель 8, соединенный с рабочим органом — цилиндрическим барабаном 12, состоящий из дисков 9 закрепленных, вертикальным валом 10, при этом ножевой механизм, представляет собой криволинейные ножи 11 с заостренной рабочей кромкой и установленные по периметру радиально размещенных дисков 9. Ножевой механизм размещен в сетчатом цилиндрическом барабане 12, нижняя часть которого неподвижно закреплена в корпусе 6, а верхняя часть посредством диска с электродвигателем 8 и рабочей камерой. В целях интенсификации процесса подачи зерна в рабочую зону установки, на внутренней стороне нижней конической части корпуса 6, закреплены направляющие металлические прутки 13, предназначенные для равномерного распределения поступающего материала на обработку.

Устройство работает следующим образом. Обрабатываемый сыпучий материал подается из накопителей (на схеме не показаны) в приемные воронки 5, где распределяясь по прутковой поверхности конической части корпуса 6, направляется через отверстия сетчатого цилиндра 12 к вращающемуся ножевому механизму, который, захватывая, измельчает и смешивает различные компоненты обрабатываемого материала и направляет в приемные устройства для готовой продукции (на схеме не показаны).

Криволинейные ножи 11 создают дополнительный воздушный поток, который ускоряет движение обрабатываемого материала, что позволяет увеличить производительность устройства и обеспечивает более качественное смешивание материала и быстрое удаление из рабочей зоны установки.

Методика проведения экспериментальных исследований по определению оптимальных режимов функционирования измельчающих устройств заключалась в следующем. Предварительно подготовленную экспериментальную навеску объектов исследования (зерно пшеницы, ячменя, овса, кукурузы, гречихи и проса) массой по 10 кг поочередно загружали в приемное устройство экспериментальных установок для измельчения зерна и подвергали измельчению при различной частоте вращения рабочих органов, кратности измельчения и влажности. Частоту вращения вала с рабочим органом регулировали путем замены шкивов на приводном валу электродвигателя.

В производственных условиях величина влажности (W) измельчаемого зернового сырья обычно колеблется в интервале от 11,0 до 18,0 %. Поэтому с целью изучения влияния ($W, \%$) на степень измельчения (модуль крупности M , мм) измельчаемого зернового сырья количество воды необходимой для достижения заданной влажности зерна, определяли формуле [6]

$$G_{\text{в}} = G_k \frac{W_k - W_n}{100 - W_k}, \quad (1)$$

где G_k — масса взятого для увлажнения зерна, г; W_k , W_n — начальная и конечная влажность зерна, %.

В отобранную массу зерна добавляли рассчитанное количество воды, а затем увлажненную массу тщательно перемешивали и выдерживали в плотно закрытой стеклянной емкости (эксикаторе) при комнатной температуре. Окончательно влажность зерна контролировали по ГОСТу-13496.3-70. Далее зерновое сырье с установленной влажностью подвергали измельчению. Результаты экспериментальных исследований заносили в лабораторную ведомость.

Эффективность процесса измельчения и работы измельчающих устройств оценивали по показателям: степень измельчения (гранулометрический состав), производительность устройства (Q , кг/час) и удельные энергетические затраты процесса измельчения (кВт · ч/т).

Степень измельчения испытуемого образца оценивали через модуль крупности размола M по формуле [7–8]:

$$M = \frac{0,5m_0 + 1,5m_1 + 2,5m_2 + 3,5m_3}{100}, \quad (2)$$

где m_0 — остаток на сборном дне отсева-анализатора, г; m_1, m_2, m_3 — остаток на ситах с отверстиями диаметром 0,001, 0,002 и 0,003 мм; г.

Гранулометрический состав, значения m_0, m_1, m_2, m_3 определяли путем просеивания измельченной массы экс-

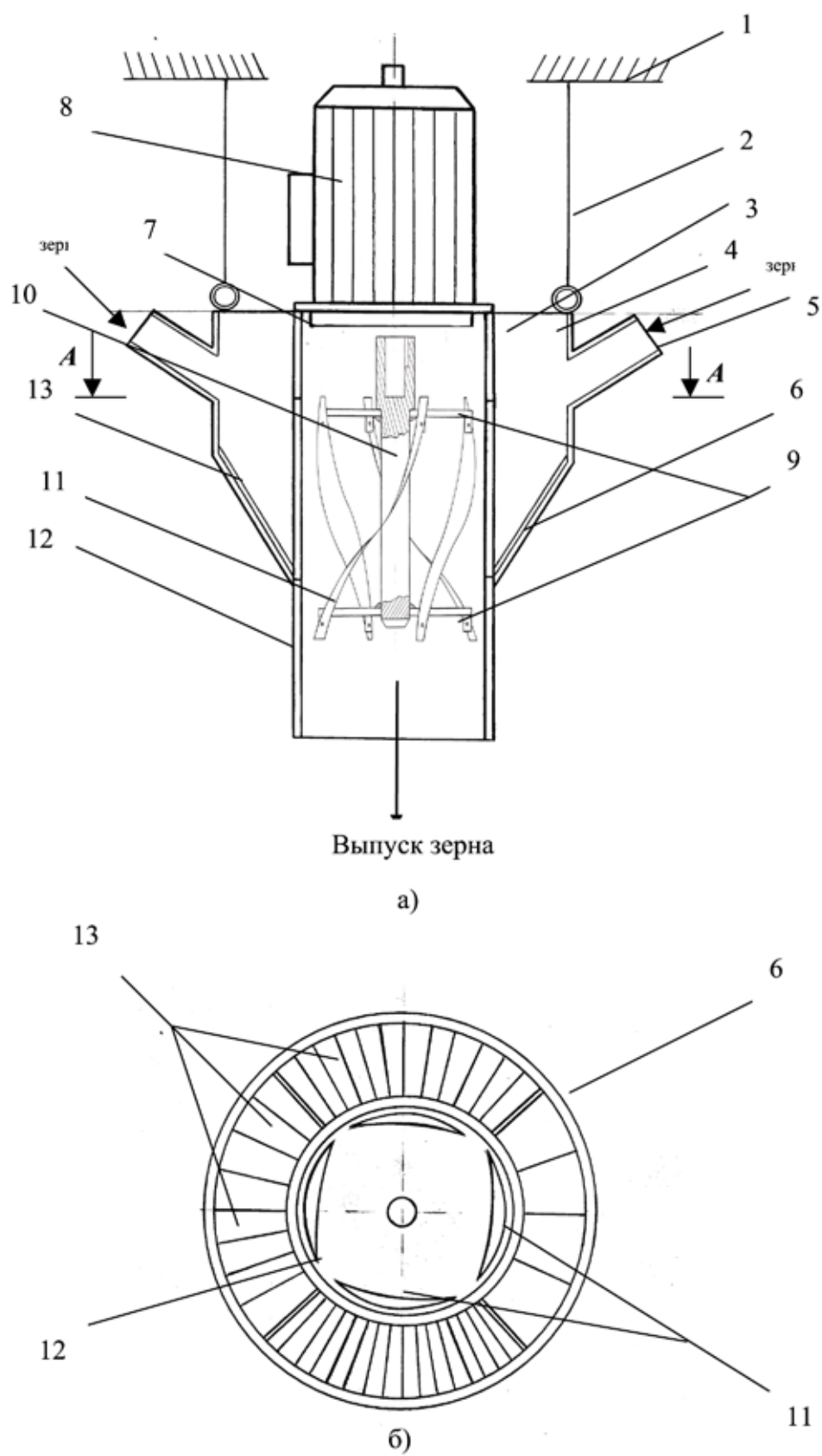


Рис. 1. Измельчитель-смеситель

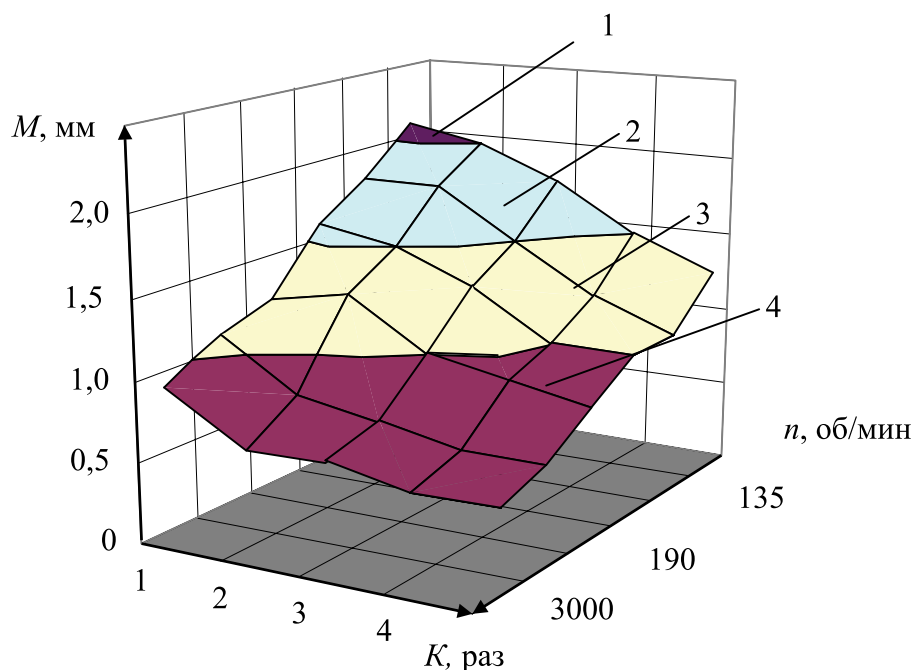


Рис. 2. Влияние частоты вращения рабочего органа на модуль крупности при различной кратности обработки зерна пшеницы W-12%

1 – область частиц размером 2,0-2,5 мм; 2 – область частиц размером 1,5-2,0 мм; 3 – область частиц размером 1,0-1,5 мм; 4 – область частиц размером 0,5-1,0 мм

периментальной навесок на наборах штампованных сит с круглыми отверстиями установленного диаметра, составленных в порядке уменьшения их размеров сверху вниз.

Влажность измельчаемого материала в значительной степени влияет на эффективность ведения технологического процесса переработки зернового сырья. Также значительное влияние на эффективность процесса обработки зерна влияет частота вращения рабочего органа и количество циклов повторной обработки, так при построении технологических схем зерноперерабатывающих производств применяется повторительные процессы обработки зернового сырья.

В этой связи экспериментальные исследования проводились при различной влажности измельчаемого зерна (12,0, 13,5, 15,0, 16,5, 18,0%), частоте вращения рабочего органа (800, 1350, 1500, 1900, 2500 и 3000 об/мин) и при различной кратности обработки (количество циклов: однократное, двух-, трех-, четырех- и пятикратное измельчение). Частоту вращения рабочего органа регулировали путем замены диаметра приводного шкива и путем увеличения или понижения поступающего напряжения через реостат.

Полученные результаты экспериментальных исследований заносили в таблицы текстового процессора *Microsoft Excel Windows 2007*, на основе которых строили модель в трехмерном пространстве, представляющую собой плоскость, которая характеризует зависимость модуля крупности от двух переменных факторов, частоты вращения рабочего органа экспериментальной установки и влажность измельчаемого материала, при четырех посто-

янных, т.е. при четырехкратном цикле обработки в экспериментальной установке.

На рис. 2 приведена зависимость частоты вращения рабочего органа на модуль крупности измельченного зерна пшеницы влажностью 12% при различной кратности обработки объекта исследования на экспериментальной установке.

Анализ поведения трехмерной модели в пространстве при различной кратности обработки зерна пшеницы сорта «Каргала» влажностью 12,0% на экспериментальной установке показал, что с увеличением кратности обработки (K , раз) с 1 до 5 и с увеличением значений частоты вращения рабочего органа n с 800 до 3000 об/мин приводило к снижению значений модуля крупности (M , мм) измельченного объекта исследования.

Так, например, при однократной обработке объекта исследования на экспериментальной установке при $n=800$ об/мин значение M составило 2,1 мм, что соответствовало 1 плоскости, характеризующейся образованием частиц со средним размером 2,0-2,5 мм. Дальнейшее увеличение значений K до 5 при $n=800$ об/мин, значение M снижалось 1,61 раза и составило 1,3 мм, что соответствовало 2 трехмерной плоскости, характеризующейся размером частиц 1,5–2,0 мм.

Аналогичные зависимости были установлены при увеличении значений n до 3000 об/мин при переменных значениях K , что приводило к снижению значений M . Так, например, при увеличении значений n с 800 до 3000 об/мин при однократной обработке ($K=1$) зерна пшеницы на экспериментальной установке снижали значения M в 2,33

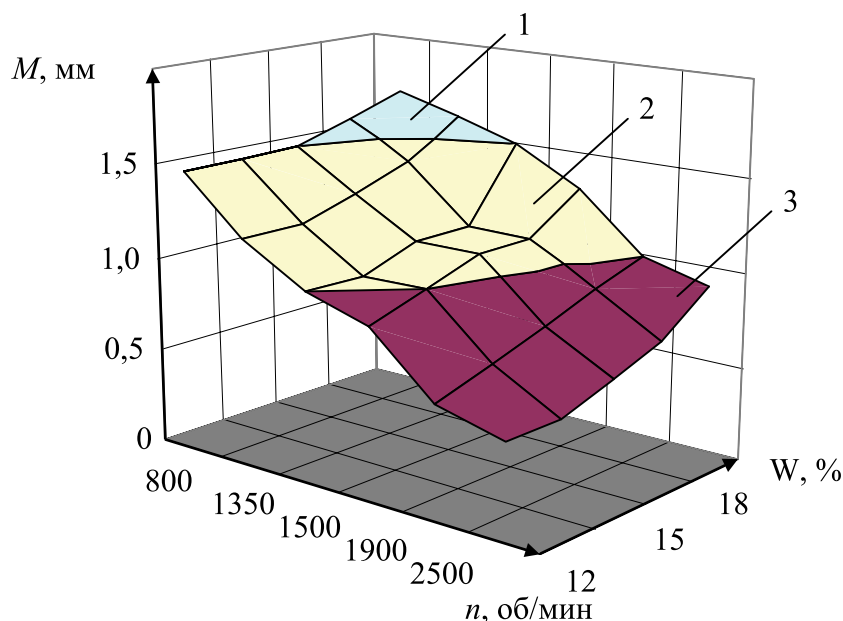


Рис. 3. Влияние влажности зерна пшеницы на модуль крупности при четырехкратном измельчении зерна
1 – область частиц размером 1,5-2,0 мм; 2 – область частиц размером 1,0-1,5 мм; 3 – область частиц размером 0,5-1,0 мм

раз с 2,1 до 0,9 мм, при этом минимальное значение показателя M соответствовали 4 плоскости, характеризующейся образованием частиц со средним размером частиц 0,5–1,0 мм.

Пятикратная обработка ($K=5$) зерна пшеницы сорта «Каргала-9» на экспериментальной установке характеризовалась снижением модуля крупности измельченного зерна пшеницы (M) при увеличении значений n с 800 до 3000 об/мин. Так, например, при $K=5$ и $n=800$ об/мин значение M составило 1,3 мм, что соответствовало 3-ей трехмерной плоскости, характеризующаяся образованием частиц со средним размером 1,5 до 2,0 мм. Дальнейшее увеличение значений n до 3000 об/мин при $K=5$, приводило к снижению значений M в 2,6 раза, и составило 0,5 мм, при этом минимальные значения M соответствовали 4 плоскости, характеризующейся образованием среднего размера частиц 0,5-1,0 мм.

При этом установлено, что увеличение кратности обработки зерна пшеницы на экспериментальной установке (K) с 4 до 5 раз не изменяло значения M и составляло 0,5 мм. В этой связи увеличение значений K до 5 приводит к излишнему перерасходу электроэнергии на привод рабочего органа экспериментальной установки.

С целью дальнейшего исследования процесса измельчения на экспериментальной установке, изучали влияние влажности и частоты вращения рабочего органа на модуль крупности размолотого зерна пшеницы. На рис.3 приведена модель в трехмерном пространстве характеризующая зависимость модуля крупности (M , мм) от переменных значений W (%) при различных значениях n (об/мин).

Анализ поведения трехмерной модели в пространстве показал, что с увеличением влажности (W) обрабатываемого зерна пшеницы сорта «Каргала-9» с 12 до 18% при-

водило к повышению значений модуля крупности M , при этом увеличение значений частоты вращения рабочего органа n с 800 до 3000 об/мин приводило к снижению значений модуля крупности (M , мм) измельченного объекта исследования.

Так, например, при обработке зерна пшеницы $W=12\%$ при $n=800$ об/мин значение модуля крупности составило 1,5 мм, дальнейшее увеличение значений n до 3000 об/мин снижало значения M в 3 раза и составило 0,5 мм, что характеризовалось образованием 3-ей трехмерной области со средним размером частиц 0,5-1,0 мм. При дальнейшем увеличении влажности обрабатываемого материала до 13,5% наблюдалось незначительное повышение значений M .

При измельчении зерна пшеницы влажностью 16,5% наблюдается повышение значений модуля крупности при переменных значениях n от 800 до 3000 об/мин по сравнению с предыдущим экспериментом. Например, при $n=800$ об/мин значение M составило 1,6 мм, при этом дальнейшее увеличение частоты вращения рабочего органа до 3000 об/мин приводило к уменьшению значений M в 2,28 раза и составило 0,7 мм.

Измельчение зерна пшеницы на экспериментальной установке, влажностью 18% также приводит к увеличению значений M при переменных значениях n . При $n=800$ об/мин значения модуля крупности составило 1,7 мм что характеризовалась образованием области 1 со средним размером частиц 2,0–2,5 мм. Увеличение переменных значений n до 3000 об/мин приводило к снижению модуля крупности измельчаемого зерна пшеницы в 1,88 раза и составило 0,7 мм, что соответствует 4-ой трехмерной области характеризующейся размером частиц 0,5–1,0 мм.

В результате проведенных исследований установлено, что влажность обрабатываемого материала оказывает значительное влияние на модуль крупности измельчаемого материала. Полученные результаты экспериментальных

исследований позволят регулировать эффективность ведения процесса измельчения на экспериментальной установке в зависимости от переменных значений влажности зерна пшеницы.

Литература:

1. Оспанов А.А., Остапчук Н.В. Основы теории и моделирования процессов измельчения пищевого сырья и кормов. Алма-Ата, Гылым, 1992. 244 с.
2. Оспанов А.А., Попелюшко А.В. Измельчение сыпучих материалов пищевых производств. — Алматы, 1999. — 155с.
3. Оспанов А.А., Тлегенов Ш.К. Основы эффективного измельчения и механики разрушения. Алматы, 2000. — 107 с.
4. Ходаков Г.С. Физика измельчения. — Москва.: 1972. — 307с.
5. Хусид С.Д. Измельчение зерна. — Москва: 1958. — 174с.
6. Спандияров Е. Разработка и совершенствование процессов и оборудования производства комбикормов: Автореф. ...докт. техн. наук: 05.18.12. М.: МГУПП, 1994. 49 с.
7. Егоров Г.А. Практикум по технологии мукомольного, крупяного и комбикормового производства. — М.: Колос, 1974. — 208с.
8. Егоров Г.А., Гончаров З.Д., Петренко Т.П. Практикум по теххимическому контролю производства хлебопродуктов. — М.: Колос, 1980. — 192 с.

Методика сравнения дискретных данных на основе сжатия информации

Тверетин А.А., соискатель

Самарский государственный технический университет

1. Введение и постановка задачи

В настоящее время получили широкое распространение различные корпоративные системы учета класса ERP (enterprise resource planning, корпоративное планирование ресурсов), предназначенные для интеграции данных о функционировании предприятия [2]. Но, как правило, такие системы обладают достаточно скудными возможностями анализа накопленной информации. Одной из актуальных задач является сравнение различных последовательностей данных, например при сравнении множества вариантов бюджетов [4]. Сложность такого сравнения обусловлена большим объемом данных, причем сравнение агрегированных показателей за период не дает точности при оперативном планировании, напротив сравнение последовательностей ежедневных показателей в ручном режиме нецелесообразно.

Другой сложностью является природа исследуемых данных. Их особенностью является наличие резких всплесков, а также небольшие сдвиги относительно друг друга, что делает трудным использование корреляционного анализа. С другой стороны дело осложняется большой протяженностью последовательностей, что при наличии резких всплесков делает трудным использование спектральных методов, из-за сложности выбора гармоник [1]. К тому же, должна достигаться высокая скорость обработки информации и экономия вычислительных ресурсов.

Очевидно, что актуальным является разработка методики сравнения дискретных данных с учетом вышеприведенных требований.

2. Разработка методики сравнения

Предложенная методика состоит из четырех этапов:

- кодирование качественных характеристик;
- дополнение последовательности нулями до длины 2^n ;
- вычисление значений векторов U_i для сравниваемых сигналов;
- вычисление расстояния D для сравниваемых сигналов.

Первый этап методики необязателен и используется только в случае, если элементами дискретной последовательности являются качественные значения, как например, при использовании KPI (key performance indicators, ключевые показатели эффективности).

Второй этап необходим, так как предложенная базисная комплексная система импульсных функций определяется на множестве $Z = \{0, 1, 2, \dots, 2^n - 1\}$, и имеет вид $Q_l^v(t) = c_l^v(t) - is_l^v(t)$, где $l = 0, 1, \dots, n-1$ – номер гармоники анализируемого сигнала.

Третий этап заключается в формировании амплитудно-частотного спектра анализируемой последовательности $f(t)$ [3], который вычисляется в соответствии с выражением $U_l = \sum_{v=0}^{2^{n-l-1}-1} U_l^v$, где $l = 0, 1, 2, 3, \dots, n-1$. Выражение U_l представляет собой суперпозицию значений: $U_l^v = \sqrt{(x_l^v)^2 + (y_l^v)^2}$, где: $x_l^v = \sum_{p=0}^{2^{l+1}-1} f(t_p) c_l^v(t)$, $y_l^v = \sum_{p=0}^{2^{l+1}-1} f(t_p) s_l^v(t)$, $f(t_p)$ – значение анализируемой последовательности в точке t_p , где $t_p = 2^{n-l-1} p$. То есть, на каждой гармонике спектр представляет собой суперпозицию значений сигнала умноженного на значения опорных импульсных функций, которые подвергаются сдвигу на значение v подинтервалов внутри каждого интервала. Функции $c_l(t)$ и $s_l(t)$ определяются как: $c_0(t) = 1, s_0(t) = 0, t \in Z$ для нулевой гармоники $l = 0$. В случае, если $l \neq 0$ и изменяется от 0 до $2^n - 1$ с шагом 2^{n-l-1} , функции записываются как: $c_l(t) = \sum_{p=0}^{2^n-1} (\cos(2^{l-n} \pi p)) \delta$, $s_l(t) = \sum_{p=0}^{2^n-1} (\sin(2^{l-n} \pi p)) \delta$, где $\delta = \begin{cases} 1, t = p \\ 0, t \neq p \end{cases}$.

При практической реализации алгоритма, предложено вместо вычисления тригонометрических функций синуса и косинуса использовать матрицу заранее вычисленных значений. Для выражения $(\cos(2^{l-n} \pi p))$ такая матрица записывается как:

$$\Phi_{l,p}^c = \begin{bmatrix} (l_0, p_0) & (l_0, p_1) & (l_0, p_2) & \dots & (l_0, p_{2^{n-1}}) \\ (l_1, p_0) & (l_1, p_1) & (l_1, p_2) & \dots & (l_1, p_{2^{n-1}}) \\ (l_2, p_0) & (l_2, p_1) & (l_2, p_2) & \dots & (l_2, p_{2^{n-1}}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ (l_{n-1}, p_0) & (l_{n-1}, p_1) & (l_{n-1}, p_2) & \dots & (l_{n-1}, p_{2^{n-1}}) \end{bmatrix},$$

Для выражения $(\sin(2^{l-n} \pi p))$ матрица записывается как:

$$\Phi_{l,p}^s = \begin{bmatrix} (l_0, p_0) & (l_0, p_1) & (l_0, p_2) & \dots & (l_0, p_{2^{n-1}}) \\ (l_1, p_0) & (l_1, p_1) & (l_1, p_2) & \dots & (l_1, p_{2^{n-1}}) \\ (l_2, p_0) & (l_2, p_1) & (l_2, p_2) & \dots & (l_2, p_{2^{n-1}}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ (l_{n-1}, p_0) & (l_{n-1}, p_1) & (l_{n-1}, p_2) & \dots & (l_{n-1}, p_{2^{n-1}}) \end{bmatrix}.$$

Таким образом, импульсные функции запишутся как: $c_l(t) = \sum_{p=0}^{2^n-1} \Phi_{l,p}^c \delta$, $s_l(t) = \sum_{p=0}^{2^n-1} \Phi_{l,p}^s \delta$.

Реализация данного подхода позволяет отказаться от вычисления значений тригонометрических функций, что значительно ускоряет процедуру вычисления. Для каждой гармоники множество Z делится на 2^l интервалов, в каждом из которых происходит сдвиг импульсных функций на v подинтервалов. С учетом произведенных изменений спектр U_l запишем как:

$$U_l = \sum_{v=0}^{2^{n-l-1}-1} \sqrt{\left(\sum_{k=0}^{2^{l+1}-1} f(t_k) \sum_{p=0}^{2^n-1} \Phi_{l,p}^{c,v} \delta \right)^2 + \left(\sum_{k=0}^{2^{l+1}-1} f(t_k) \sum_{p=0}^{2^n-1} \Phi_{l,p}^{s,v} \delta \right)^2}.$$

Сдвигаемые опорные импульсные функции формируются на основе вспомогательных функций $c_l(t)$ и $s_l(t)$, их можно записать как: $c_l^v(l)$ и $s_l^v(l)$. Количество сдвигов можно определить как $v = q \cdot 2^{n-l-1} - 1$, где q — позиция первого подинтервала, с которого начинается сдвиг.

Четвертый этап заключается в вычислении евклидова расстояния $D = \sqrt{\sum_{i=0}^l (U_i^X - U_i^Y)^2}$, где U_i^X и U_i^Y вектора спектров двух последовательностей, описывающих реализации X и Y анализируемых последовательностей соответственно, i — номер гармоники, который соответствует измерению вектора. Сравнивая попарно все исследуемые последовательности, находится D_{\min} , которым определяется наибольшая мера сходства.

3. Исследование эффективности разработанной методики

Для исследования эффективности был проведен численный эксперимент. Было использовано 30 реализаций значений бюджета затрат на производство в натуральном выражении, характеризующих запланированный выпуск определенного вида продукции.

Все исследованные реализации имеют одно и то же функциональное назначение и различаются особенностями, которые выражаются в незначительных изменениях фазы и амплитуды, что связано с изменением внешней среды, т.е. при сравнении таких данных должна наблюдаться высокая связь.

Была произведена оценка 435 взаимных сочетаний исследуемых реализаций, которое равно $\frac{n!}{2!(n-2)!}$, где $n = 30$ — количество исследуемых реализаций. На рисунке 1 изображены значения расстояния D для всех сочетаний реализаций, $l = 0.5$.

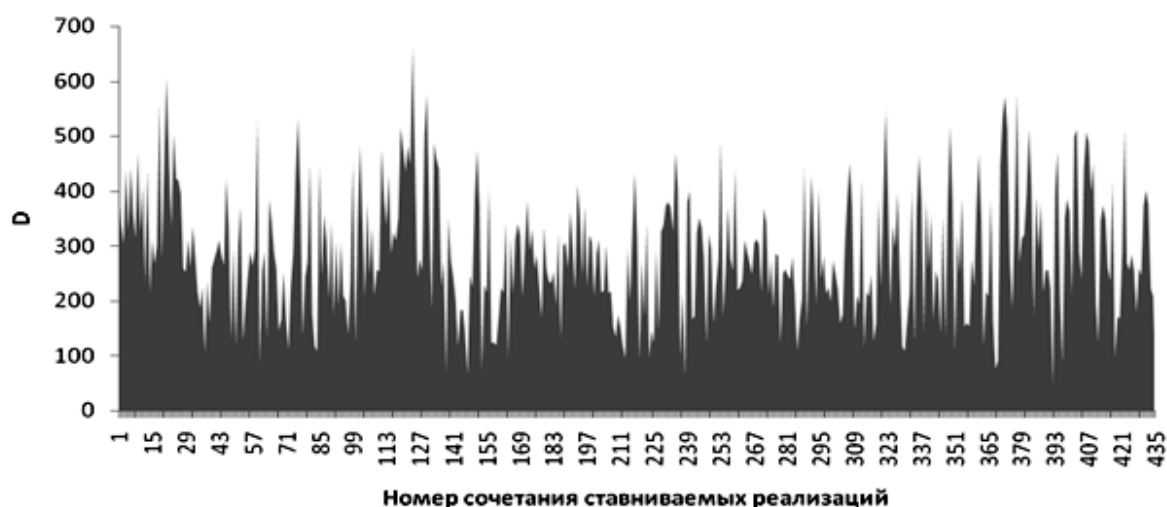


Рис. 1. Значения расстояния D для исследуемых сочетаний реализаций, $l = 0.5$.

На рисунке 2 представлены значения расстояний $U_i^X - U_i^Y$ по каждому измерению, где i — номер измерения. Видно, что на последних гармониках наблюдается больший разброс значений.

При выборочном сравнении различных сочетаний реализаций было подтверждено, что наибольшие значения D соответствуют наименьшему сходству реализаций.

4. Выводы

Разработанная методика позволяет сравнивать дискретные данные, используя сжатие в $\log N$ раз. Кроме этого, спектр U_l инвариантен к сдвигам сигнала и зависит от самых небольших изменений сигнала, что позволяет хорошо выделить структурные особенности данных. Выбранная мера сходства D позволяет адекватно оценить схожесть данных, причем наименьшим значениям соответствует наибольшее сходство. Указанные преимущества создают предпосылки для разработки практической реализации разработанной методики для использования в различных бизнес-приложениях.

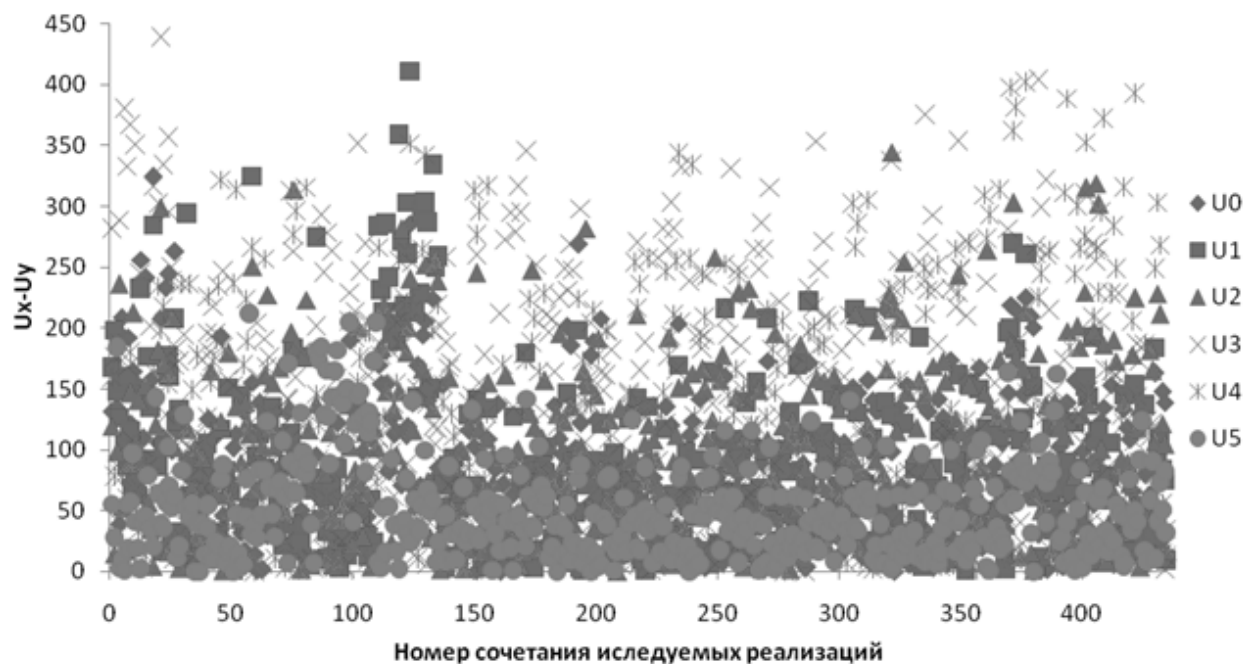


Рис. 2. Значения расстояний $U_i^X - U_i^Y$ по измерениям для исследуемых сочетаний реализаций, $l = 0.5$.

Литература:

1. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов: Учеб. Пособие для вузов. — М.: Радио и связь, 1990. — С.123–143.
2. Рыбников А.И. Система управления предприятием типа ERP. — М.: Аэроконсалт, 1999. — 214 с.
3. Тверетин, А.А. Сравнение конкатенированных данных на основе их спектральных характеристик/ А.А. Тверетин, Л.С. Бекасов // Современные наукоемкие технологии. — Москва, 2008. — №6. — С. 34-39.
4. Теплова Т.В. Планирование в финансовом менеджменте. — М.: ГУ ВШЭ, 1998. — С.85 — 91.

Способ переработки биомассы с использованием солнечной энергии

Раббимов Р.Т., кандидат технических наук, Узаков Г.Н., докторант-соискатель,
Яхшибоев Ш.К., магистрант, Хужакулов С.М. ст. преподаватель
Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

Использование биомассы в энергетических целях — комплексный процесс, включающий выращивание и сбор биологических веществ, различные методы их подготовки и переработки в жидкие, газообразные и твердые топлива. Биомасса является возобновляемым ресурсом, а переработка сельскохозяйственных, лесных и бытовых отходов способствует охране окружающей среды от загрязнений и получение нефтеподобных веществ.

Растительная биомасса (например, стебли хлопчатника — гуза-пай) представляет собой сложную смесь различных соединений. В расчете на сухое вещество в ней содержится 5–30% водорастворимых соединений (сахара, крахмал, мочевины, соли), 5–10% протеинов, 25–90% целлюлозы и гемицеллюлозы, 5–30% лигнина, 1–13% нерастворимых в воде неорганических соединений. Гуза—

пая характеризуется высоким содержанием кислорода, достигающим 40%, пренебрежимо малым содержанием такого нежелательного элемента, как сера.

К недостаткам гуза-пай как сырья для получения моторных топлив относятся рассредоточенность ее запасов и необходимость поддержания экологического равновесия. Сырая гуза—пая отличается высокой влажностью (30–90)%. Энергоплотность сырой гуза-пай колеблется в пределах 1–15 ГДж/м³, и после сушки ее теплота сгорания 16–24 ГДж/Т.

Превращение гуза-пай в топливо пригодные для непосредственного использования, осуществляется светотермохимическими и светобиохимическими процессами. К светотермохимическим процессам переработки относятся прямое солнечно-электрическое сжигание, сол—

нечно-электрический пиролиз, солнечно-электрическая газификация и солнечно-электрическая экстракция масел, к светобиохимическим ферментация и анаэробное разложение. Перед переработкой гуза-пай обычно проходят стадии подготовки, включающие измельчение, сушку и другие.

Разработан и исследован солнечно-электрический способ переработки биомассы (гуза-пай) в условиях юга Республики [1]. Результаты расчетов и проведенных исследований приведены в таблицах 1 и 2.

Измельчения гуза-пай являются основными операциями в цикле подготовки сырья для солнечного электрического пиролиза и производятся с целью получения необходимых по длине и толщине размеров щепы для измельчения гуза-пай применяют двух щечковые измельчители или КДУ. Оптимальная длина составляет (3,2–6,3) 10⁻² м, оптимальная влажность щепы гуза-пай 15–25%.

Солнечный электрический пиролиз — процесс светотермические деструкции высокомолекулярных компонентов гуза-пай с образованием низкомолекулярных продуктов сопровождающийся вторичными реакциями фотодиссоциации, конденсации и т.п. реакциями усложнения молекул с образованием нелетучего остатка, под действием высоко концентрированного солнечного светового потока и тепла в среде, практически не содержащий кислорода. Солнечный электрический пиролиз гуза-пай можно разделить на четыре стадии:

1. Солнечная и электрическая сушка гуза-пай с оптимальной влажностью 15–25%, заканчивающийся примерно при 150°C. На этой стадии из гуза-пай удаляется содержащаяся в ней влага, химический состав гуза-пай почти не изменяется и летучих продуктов практически не образуется. Сушка гуза-пай осуществляется в реакторе солнечного параболоцилиндрического концентратора с термоэлектрическим нагревателем.

2. Начальная стадия свето-термораспада гуза-пай, протекающая при температуре от 150 до 270°C. В этот период начинается свето-терморазложение менее термостойких компонентов гуза-пай с выделением реакционной воды, углекислоты, окиси углерода, уксусной кислоты и некоторых других пирогенетических продуктов. Изменяется химический и элементный состав 1 и 2 стадии эндотермический, и идут лишь при подводе тепла от солнечного параболоцилиндрического концентратора и термоэлектрического нагревателя.

3. Стадия собственно солнечного и электрического пиролиза — бурного светотермораспада гуза-пай с выделением тепла (экзотермический процесс) и образованием основной массы продуктов разложения. Начинается она при 270–275°C и заканчивается примерно при 400°C. Подвод тепла извне отсутствует.

4. Стадия прокалки угля (не считая охлаждения угля) заканчивается в зависимости от вида реактора и способа солнечного и электрического пиролиза при температуре 450–600°C. При этом выделяется небольшой объем жидких продуктов и значительных газов. Осуществляется

снова за счет подвода тепла из солнечного параболоцилиндрического концентратора и термоэлектрического нагревателя.

Общая характеристика процесса солнечного и электрического пиролиза гуза-пай в реакторе периодического и электрического пиролиза гуза-пай в реакторе периодического действия с внешним нагревом показана на рис. 1.

Процесс светотермического распада заключается, с одной стороны в деструкции макромолекул компонентов гуза-пай с образованием низкомолекулярных летучих продуктов и с другой в образовании нелетучего твердого «полимерного» остатка — древесного угля. Изучены зависимости элементного состава древесного угля от температуры солнечного и электрического пиролиза (табл. 3).

Выход продуктов солнечного и электрического пиролиза гуза-пай, состав жидких продуктов и теплотехнические характеристики газов получаемые в реакторах приведены в таблицах 4, 5 и 6. При этом выход древесного угля из 1 м³ гуза-пай составляет 142–154 кг [2].

Расход тепла при солнечном и электрическом пиролизе гуза-пай определяется следующим образом. Удельный расход условного топлива непосредственно в опыте составляет 300–600 кг/т (9–18 ГДж/т), кроме того, на переработку жидких продуктов солнечного и электрического пиролиза расходуется технологический пар с удельным расходом энергии 8–16 ГДж/т.

Удельный расход тепла для солнечного электрического пиролиза в вертикальной реакторе выражен приближенно уравнением.

$$q_p = \frac{(9bw_k + 5,3t_n + 35k - 820)t_i}{t_T - t_n}$$

при $W_k = 25\%$, $t_T = 600^\circ\text{C}$, $t_n = 150^\circ\text{C}$, $K = 1 \text{ ДЖ}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
 $q_p = 3210 \text{ МДж/Т}$

Выход с 1 т абсолютно сухого гуза-пай: древесного угля до 28,7%, пирогаза — 18–20%, нефтеподобной жидкости — 22–25% и пирогенетические воды 20–26,3%. Для солнечного и электрического переработки применяют преимущественно отстойную смолу, из которой получают три основных фракции: легкие масла до 170°C, а креозотные масла 170–230°C, тяжелые масла до 300°C. Легкие масла применяются как топливо тут же на производстве, креозотные масла сбываются на деревопропиточные заводы, тяжелые масла идут в производство для выделения уксусной кислоты.

Выход легких масел из сухоперегонной смолы составляет 8–9%, выделенная в лабораторном реакторе легких масел имела удельный вес (при 20°C), 0,933 и кислотность (считая на СН₃ СООН) — 5,9%.

До 100°C перегонялось 5% до 200°C — 75%. Конец кипения наступал при 228°C [2,3].

Разработан метод получения из легких масел горючего для двигателей внутреннего сгорания — древесносмоляного бензина (бензина ДС) и древесносмоляного лиг-

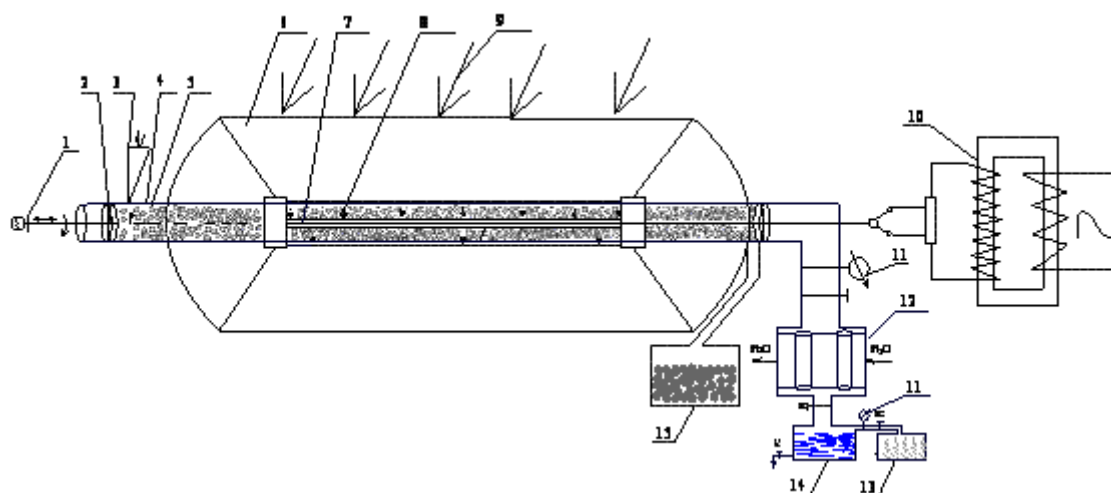


Рис. 1. Солнечный параболоцилиндрический концентратор с реактором

1-вращающий механизм; 2-поршень; 3-бункер для загрузки сырья; 4-реактор; 5-сырье; 6-солнечный параболоцилиндрический концентратор; 7-термоэлектрический нагреватель; 8-термопары; 9-солнечные лучи; 10-трансформатор тока; 11-расходомер; 12-конденсатор-холодильник; 13-газгольдер; 14-емкость для хранения нефтеподобного вещества; 15-емкость для древесного угля.

Таблица 1. Расчеты площадей складов при кучевом методе складирования гуза-паи

Мощность предприятия по перерабатываемому сырью, тыс. м ³	Максимальный объем кучи, тыс. м ³	Необходимый объем гуза-пай, тыс. м ³ При запасе, мес.		Необходимая площадь склада, м ² , при запасе, мес.	
		3	12	3	12
70	50	17,5	70	16400	38300
140	50	35,0	140	24400	65600
350	50	87,5	350	44200	148400

Таблица 2. Влияние кусков гуза-пай на выход продуктов

Продукт	Выход, % от массы аб. сухой гуза-пай, при длин кусков, 10 ⁻² м				
	3,2	6,3	12,5	25,0	50,0
Уксусная кислота	5,20	5,90	5,32	4,53	4,23
Метанол	1,60	1,67	1,42	1,30	1,20
Смола: Отстойная	7,00	6,02	6,90	6,90	2,52
Растворимая	4,30	4,83	4,09	3,03	—

Таблица 3. Зависимость элементного состава угля от температуры солнечного и электрического пиролиза

Температура солнечного и электрического пиролиза	Элементный состав, % на абс. сухой гуза-пай уголь		
	Углерод	Водород	Кислород + азот
400	78,82	4,04	17,14
500	87,22	3,74	9,04
600	90,47	3,05	6,48
700	92,23	1,63	6,14

Таблица 4. Выход продуктов солнечного и электрического пиролиза из древесины березы, сосны гуза-пай

Продукт	Выход, % от массы а.с.д.			Продукт	Выход % от массы а.с.д.		
	Березы	Сосны	гуза-пай		Березы	Сосны	гуза-пай
Уголь смолы:	31,8	37,8	28,7	Газы углекислот	10,0	10,1	9,9
отстойная	7,9	11,7	8,5				
растворимая	8,2	8,0	7,9				
уксусная кислота	7,1	3,5	4,5	окись углерода	3,3	3,7	3,0
метанол	1,6	0,9	1,4	метан	0,5	0,6	0,4
вода	27,8	22,3	26,2	непредельные углероды	0,2	0,2	0,2
				потери	1,6	1,2	1,50

Таблица 5. Состав жидких продуктов солнечного электрического пиролиза гуза-пай

Реактор	Жижка	Кислоты		Спирты	Альдегиды	Смолы	
		Общие	Летучие			Отстойная	Растворимая
Вертикальная непрерывно действующая	42,0-48,8	5,7-8,6	5,4-7,4	0,8-3,0	0,6-1,6	6,8-8,6	5,0-10,2
Горизонтальная периодически действующая	68,5-70,7	6,5-7,0	5,6-6,4	1,1-2,2	до 0,7	4,9-5,5	2,9-32

Таблица 6. Характеристика газов, получаемых в реакторах с различными способами и нагрева

Реактор	Состав газа, % по объема							Теплотворная способность Дж/м ³ , при нормальных условиях
	CO ₂	CO	CH ₄	C _n H _m	H ₂	U ₂	N ₂	
Вертикальная непрерывно действующая	28,1-28,8	14,0-17,0	2,0-6,0	0,4-0,9	6,8-8,3	0,3-0,4	44,2	(3,9-4,9)×10 ⁶
Горизонтальная периодически действующая	47,7	16,9	9,7	1,9	17,0	0,4	6,8	8,3×10 ⁶

Таблица 7. Влияние давления на выход продуктов солнечного и электрического пиролиза

Давление, Па	Выход, % от массы а.с.д.			
	Угля	Летучих кислот	Метанол	Смол
6,7 × 10 ²	19,5	9,4	1,2	37,2
9,8 × 10 ⁴	36,6	6,3	1,4	17,1
8,2 × 10 ⁵	40,9	5,4	1,5	9,1
8,8 × 10 ⁶	44,0	4,2	2,5	—

роина (лигроин). Метод заключается в перегонке масел из куба с отгонкой всех фракций до 190°C последующей двукратной обработкой дистиллята водой (в отношении 1:1), обработкой 10 % раствором NaOH (в отношении 0,25:1) и вторичной перегонкой. Выход очищенного бен-

зина ДС составлял 60% от сырой фракции с пределами кипения 150—200°C.

По этому направлению получены 5 патентов: 3 патента Российской Федерации и 2 патента Республики Узбекистан.

Литература:

1. Патент РФ. № 2005 406913. Способ и солнечная установка для получения искусственного жидкого топлива из углеродсодержащих материалов. Иванчевская Э.С., Раббимов Р.Т., Стребков Д.С., Трушевский С.Н. опубликовано 27.05.2006. Бюллетень № 15.
2. Раббимов Р.Т., Сафаров И.Э. Разработка и солнечная технология для получения синтетической нефти на основе с/х растительного сырья. Научные труды Самаркандского ВВАКИУ. г. Самарканд, с.4–7.
3. Раббимов Р.Т., Орипов М.К. Разработка и солнечная технология для получения моторного топлива и других химических продуктов на основе хлопковой шелухи и лигнина с использованием концентраторов солнечной энергии. Научные труды Самаркандского ВВАКИУ. г. Самарканд, с.10-13.

Теплотехнический расчет углубленного плодовоощехранилища с регулируемой газовой средой

Хужакулов С.М., ст. преподаватель; Узаков Г.Н., кандидат технических наук, доцент;

Вардияшвили А.Б., доктор технических наук, профессор

Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

Перевозка плодов и овощей на большие расстояния приводят к частичной потери продуктов и повышению транспортные расходы. Эту проблему можно решить соорудив небольшие углубленные плодовоощехранилища на полях вблизи мест выращивания плодов и овощей. Однако большинство полевых овощехранилищ будут расположены вдали от линий электропередач и централизованного теплоснабжения. Поэтому нами создана полевая углубленная плодовоощехранилища с автономным энергоснабжением и регулируемой газовой средой [1].

В углубленных плодовоощехранилищах значительно уменьшаются теплотери через стены, а грунт зимой

отдает тепло в хранилище, вследствие чего в таких хранилищах наблюдается ровная температура и обеспечивается достаточно устойчивый теплотехнический режим зимой и в теплое время года. Отопление углубленных хранилищ требуется только в суровых зимних условиях. Использование овощехранилищ с автономным нетрадиционным энергоснабжением и регулируемой газовой средой (РГС) позволяет выполнять задачи энергоэффективности, экологичности и экономичности реализации конкретных разработок. План и поперечный разрез опытной углубленной плодовоощехранилища со строительным объемом 180 м³ представлен на рис. 1.

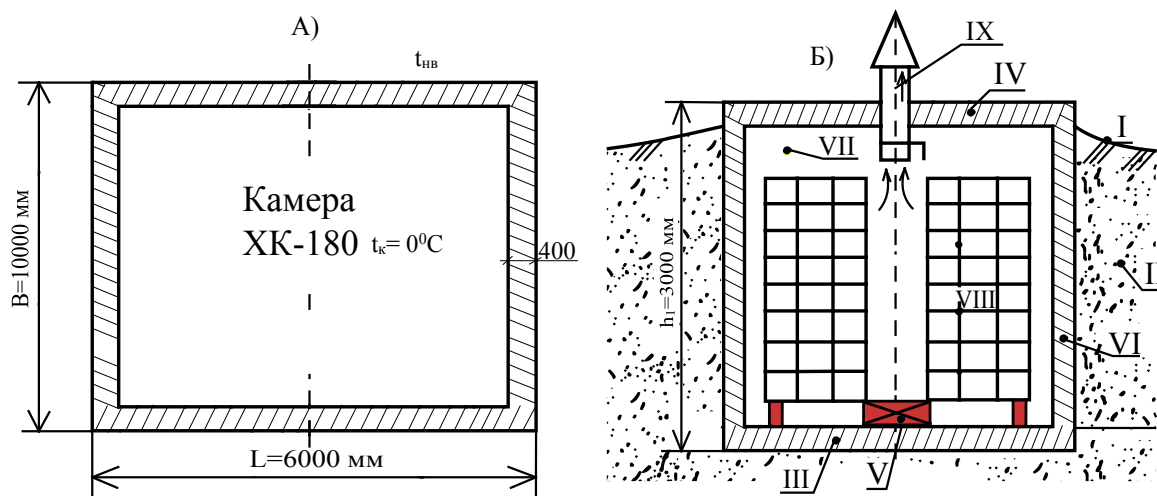


Рис.1. План (А) и поперечный разрез (Б) опытной углубленной плодовоощехранилища ХК – 180.

I – поверхность земли; II – грунтовой массив; III – пол, бетон толщиной d=50 мм; IV – кровли, содержит из:

а) ж/б плита (6х1,2)-8 штук, d=360 мм; б) керамзитный слой d=140 мм; в) 2 слоя рубероида d=2 мм на битумной мастике.

V – приточный вентиляционный канал; VI – наружная ограждения d=400 мм, пенобетон; VII – охлаждаемое помещение;

VIII – штабель овощей; IX – вытяжной канал.

Необходимый тепловлажностный и газовый режим в хранилище создается системами теплохладоснабжения, вентиляции, генераторами газовых сред и теплотехническими характеристиками ограждений. Рассматривая плодоовощехранилище как единое энергетическое целое можно решать все задачи, связанные с теплотехническим проектированием зданий этого типа, на основе решения уравнений баланса тепла, влаги и газа.

Теплотехнический расчет хранилищ с РГС проводятся для определения требуемого термического сопротивления ограждений и мощности систем вентиляции, отопления, охлаждения и генератора газовых сред [2, 3].

Для холодильной камеры с РГС характерны следующие четыре основных режима работы:

I режим — холодильная обработка (охлаждение) продукции после загрузки камеры;

II режим — формирование газовой среды заданного состава после охлаждения продукции и герметического закрытия камеры;

III режим (установившийся) — хранение продукции с поддержанием (корректировкой) заданного состава газовой среды при необходимости охлаждения камеры (осенний и весенне-летний режимы хранения);

IV режим (установившийся) — хранение продукции с поддержанием (корректировкой) заданного состава газовой среды при необходимости обогрева камеры (зимний режим хранения).

Определяющим для расчета максимальной потребной холодопроизводительности и подбора оборудования холодильной установки является I режим. На основании II режима определяют требуемую производительность установки регулирования газовых сред. По III режиму выявляют наиболее эффективные методы обработки газовых сред, обеспечивающие поддержание в камерах оптимальных температурно-влажностных и газовых условий хранения фруктов и овощей в теплое время года. На основании IV режима рассматривают вопрос о необходимости обогрева камер в холодное время года и определяют потребную мощность обогревающих устройств.

Общее уравнение теплового баланса холодильной камеры с РГС имеет следующий вид:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \quad (1)$$

где Q_0 — количество теплоты, подлежащей отводу воздухоохладителями камеры, Вт; Q_1 — теплоприток через ограждающие конструкции, Вт; Q_2 — теплота, отводимая от продукции, Вт; Q_3 — теплоприток, обусловленный обменом газовой среды камеры с наружным воздухом через неплотности в ограждениях, гидроклапан и оборудование для регулирования состава газовой среды, Вт; Q_4 — эксплуатационный теплоприток, Вт; Q_5 — теплоприток, связанный с искусственным увлажнением газовой среды в камере, Вт; Q_6 — теплоприток, связанный с работой установки регулирования состава газовой среды, Вт.

Отрицательное значение величины Q_0 , которое может быть получено для расчетного зимнего режима работы камеры, указывает на необходимость применения обог-

рева и определяет потребную мощность отопительных устройств.

$$Q_1 = Q_1' + Q_1'' + Q_1''', \quad (2)$$

где Q_1' — теплоприток через стены, перегородки и покрытие камеры, Вт; Q_1'' — теплоприток через полы, Вт; Q_1''' — дополнительный теплоприток от солнечной радиации в случае, если наружные ограждения подвергаются облучению солнцем, Вт.

$$Q_2 = Q_2' + Q_2'' + Q_2''', \quad (3)$$

где Q_2' — теплота, аккумулированная фруктами и овощами и отводимая при охлаждении продукции, Вт; Q_2'' — теплота, аккумулированная тарой и отводимая при охлаждении продукции, Вт; Q_2''' — теплота, выделяемая фруктами и овощами в процессе дыхания, Вт.

Теплоприток Q_3 вычисляют только для III и IV режимов работы камеры по формуле

$$Q_3 = a \cdot V \cdot \rho \cdot (i_n - i_k) / (24 \cdot 3600), \quad (4)$$

где a — расчетная кратность газообмена через неплотности в ограждения камеры, гидроклапан и пр.; V — объем камеры в незагруженном состоянии, м³; ρ — плотность газовой среды при расчетной температуре и относительной влажности в камере, кг/м³; i_n и i_k — удельные энтальпии соответственно наружного воздуха и газовой среды в камере, Дж/кг.

Эксплуатационный теплоприток определяется по формуле:

$$Q_4 = Q_4' + Q_4'' + Q_4''' + Q_4''', \quad (5)$$

где Q_4' — тепловыделения людей, работающих в камере, Вт; Q_4'' — теплопритоки, связанные с открыванием дверей, Вт; Q_4''' — теплопритоки от освещения, Вт; Q_4'''' — теплоприток от работающих вентиляторов воздухоохладителей, Вт.

Для холодильных камер с РГС первые три составляющие эксплуатационных теплопритоков можно не учитывать из-за, незначительности, кратковременности действия и несовпадений с максимумом основных теплопритоков.

$$Q_4 \approx Q_4'''' = 1000 N_e n / \eta_{эл}, \quad (6)$$

где N_e — эффективная мощность на валу вентилятора, кВт; n — количество вентиляторов воздухоохладителей в камере; $\eta_{эл}$ — КПД электродвигателей вентиляторов.

В холодильной камере принято водяное увлажнение, поэтому из-за незначительной величины энтальпии газовой среды теплоприток Q_5 равно нулю, т. е. энтальпия и температура газовой среды в камере практически не изменяются.

Теплоприток связанный с работой установки регулирования газовой среды, Q_6 надо учитывать при подаче в камеру искусственно приготавливаемых газовых смесей температурой на 5°C выше температуры газовой среды в камере.

Значение теплопритока Q_6 определяется по формуле [2]:

$$Q_6 = M_r \cdot C_r \cdot (t_r - t_k), \quad (7)$$

где M_r — массовый расход газовой смеси, направляемой из установки регулирования газового состава в холодильную камеру, кг/с; C_r — удельная теплоемкость приготавливаемой газовой смеси, Дж/(кг · °C); t_r — температура приготавливаемой газовой смеси на входе в камеру, °C; t_k — расчетная температура газовой среды в камере, °C.

При значительной разности температур $t_r - t_k > 15$ °C газовую смесь из установки следует подавать в камеру через воздухоохладители для дополнительного подохлаждения.

Поддержанию оптимальной относительной влажности газовой среды в холодильных камерах с РГС имеет особое значение по сравнению с камерами обычного хранения плодов и овощей. Это объясняется тем, что в герметично закрытой камере практически отсутствуют внешние притоки влаги и на относительную влажность внутренней газовой среды оказывают влияние в основном два фактора: влаговыделение плодов и конденсация влаги на охлаждающей поверхности воздухоохладителей. Интенсивность двух этих взаимосвязанных процессов определяет установившийся уровень равновесной относительной влажности газовой среды в камере с РГС.

Влажностной баланс холодильной камеры ХК — 180 с РГС имеет следующий вид:

$$W_0 = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6, \quad (8)$$

где W_1 — влагоприток, вызванный диффузией водяных паров через ограждения, кг/ч; W_2 — влаговыделение от продуктов, кг/ч; W_3 — влагоприток, обусловленный обменом газовой среды камеры с наружным воздухом через неплотности в ограждениях, гидроклапан и установку регулирования газовой среды, кг/ч; W_4 — эксплуатационный влагоприток, включающий влаговыделение людьми, находящимися в камере, W_4' , и влагоприток при воздухообмене во время открывания дверей W_4'' , кг/ч; W_5 — влагоприток от увлажняющей установки, кг/ч; W_6 — влагоприток от установки регулирования газовой среды, кг/ч.

В связи с герметизацией ограждающих конструкций и спецификой эксплуатации камер с РГС составляющие общего уравнения влажностного баланса W_1 , W_3 и W_4 относительно малы и можно не учитывать. Тогда уравнение влажностного баланса принимает вид

$$W_0 = W_2 + W_5 + W_6, \quad (9)$$

Откуда количество влаги (в кг/ч), требуемое для увлажнения газовой среды в камере,

$$W_5 = W_0 - W_2 - W_6, \quad (10)$$

При $W_5 = 0$ увлажнять или осушать газовую среду камеры не требуется, так как в этом случае параметры ее на выходе на воздухоохладителя удовлетворяют условиям влажностного баланса камеры. При $W_5 > 0$ газовую среду необходимо искусственно увлажнять, а при $W_5 < 0$ осушать.

На практике основное внимание уделяют только регулированию температуры воздуха в камере, причем не всегда с учетом особенностей конкретного сорта и ка-

чества заложенной на хранение продукции. Такой параметр, как влажность, практически непосредственно не регулируется из-за большей сложности и меньшей изученности процессов, а также отсутствия серийно изготавливаемых увлажнительных устройств для холодильных камер. Этим обстоятельством в определенной мере объясняются довольно значительные потери плодоовощной продукции при хранении в холодильных камерах.

Процесс газообмена холодильной камеры с РГС с окружающей средой при формировании в ней газовой среды заданного состава (II режим) является нестационарным. На следующем этапе (III или IV режимы) газообмен становится стационарным.

Для холодильной камеры с РГС с естественным формированием газовых сред общая формула изменения концентрации кислорода в камере в зависимости от ее технологических параметров II интенсивности дыхания продукции имеет вид [2]:

$$C_{O_2}^K = C_{O_2}^H - \tau_{в.к.} \left[\frac{2,185 \cdot (C_{O_2}^H + 0,99) + K(C_{O_2}^H - 0,2)}{z} \right] \quad (11)$$

где $C_{O_2}^H$, $C_{O_2}^K$ — объемная концентрация кислорода в среде камеры (в долях от суммарной концентрация, принимаемой за единицу) в начале — и конце расчетного периода вывода камеры на режим или его корректировки в процессе хранения; $\tau_{в.к.}$ — продолжительность вывода камеры на требуемый газовый режим по кислороду или корректировки режима в период хранения, ч.

В практических расчетах для упрощения используют параметры наиболее распространенного расчетного газового режима, характеризуемого концентрациями углекислого газа и кислорода, соответственно 5 и 3%. Тогда при подстановке соответствующих значений «постоянной камеры» K_z для субнормальных газовых сред расчетные формулы изменения концентрации кислорода принимают вид:

для герметичных камер с ограждениями высокой плотности:

в период формирования режима при $C_{O_2}^H = 0,21$ (воздух)

$$C_{O_2}^K = 0,21 - \tau_{в.к.} \frac{0,675 R_i}{z} \quad (12)$$

в период хранения — корректировки режима

$$C_{O_2}^K = C_{O_2}^H - \tau_{в.к.} \left[\frac{4,065 \cdot (C_{O_2}^H + 0,044)}{z} \right] \quad (13)$$

для герметичных камер с ограждениями пониженной плотности в период корректировки режима

$$C_{O_2}^K = C_{O_2}^H - \tau_{в.к.} \left[\frac{9,8 \cdot R_i \cdot (C_{O_2}^H + 0,135)}{z} \right] \quad (14)$$

Из полученных расчетных формул газового баланса по кислороду легко определяется продолжительность

(в ч) вывода камеры на заданный режим τ_b естественным путем, а также продолжительность изменения концентрации кислорода в камере в заданных пределах τ_k , т.е. промежуток времени между выключением и включением оборудования для корректировки режима (скрубберов, генераторов и пр.):

для герметичных камер с ограждениями высокой плотности:

в период формирования режима

$$\tau_s = \frac{1,48 \cdot z \cdot (0,21 - C_{O_2}^K)}{R_i} \quad (15)$$

в период хранения — корректировки режима

$$\tau_s = \frac{0,246 \cdot z \cdot (C_{O_2}^H - C_{O_2}^K)}{R_i \cdot (C_{O_2}^H - 0,044)} \quad (16)$$

Расчет продолжительности изменения концентрации кислорода в камере в установившемся режиме хранения в заданных пределах τ_k позволяет выявлять и задавать оптимальный режим работы оборудования, используемого для корректировки газовых сред.

Нами исследован тепловой баланс холодильной камеры ХК — 180 размером 6000×10000 мм при охлаждение яблок. Средняя температура воздуха в камере за цикл охлаждения $t_c = +0^\circ\text{C}$. Яблоки поступающие с температурой $t_1 = 25^\circ\text{C}$ охлаждаются перед хранением до температуры $t_2 = 6^\circ\text{C}$.

Строительная площадь пола камеры

$$F_{\text{стр}} = L_k \times B_k, \quad (17)$$

где L_k — длина камеры, м ($L_k = 10$ м); B_k — ширина камеры, м ($B_k = 6$ м),

Емкость камеры $G = F_{\text{стр}} \times g_F = 60 \times 400 = 24000$ кг = 24,0 т.

Продолжительность охлаждения упакованных в тару (деревянных ящиках) яблок τ можно найти из зависимости

$$\tau = \frac{1}{m} \cdot \ln \frac{t_1 - t_c}{t_2 - t_c} = 88640 \quad \text{сек} = 24,6 \text{ час}$$

где τ — темп охлаждения яблок, $^\circ\text{C}^{-1}$ (для яблок в таре $\tau = 0,0000197 \div 0,0000161$ $^\circ\text{C}^{-1}$); t_1, t_2 — температура яблок соответственно начальная ($t_1 = 25^\circ\text{C}$) и конечная ($t_2 = 6^\circ\text{C}$). Согласно технологическим нормам и правилам принимаем $t_c = \pm 0^\circ\text{C}$.

На основе полученных расчетных и экспериментальных данных определены теплопритоки в камеру хранения по месяцам (рис.2).

Как видно из рисунка, тепловыделения процесса хранения зимних сортов яблок составляет 51–82% от суммы всех теплопритоков в холодильную камеру и изменяются 2,5–3,0 раза.

Анализ влажностного баланса опытной холодильной камеры показывает, что влаговыделение от хранимых продуктов, т.е. потерь влаги продукцией (W_2) сильно влияет на потребную производительность увлажни-

тельных устройств для компенсации дефицита влаги в газовой среде и обеспечения оптимального влажностного режима хранения.

Для оценки значение W_2 в влажностном балансе и количество влаги, требуемое для увлажнения газовой среды в камере можно использовать выражение [4]:

$$W_2 = (Q/\epsilon_i) \cdot \tau \quad (18)$$

где Q — общий теплоприток к холодильную камеру, кВт; ϵ_i — тепловлажностная характеристика процесса охлаждения, кДж/кг; τ — период хранения, сек.

Для температуры $t = 0 - 15^\circ\text{C}$ можно использовать следующие уравнение [4]:

$$\epsilon_i = 6385 - 147 t, \quad (19)$$

где t — средняя температура охлаждающего воздуха в хранилище (холодильной камере).

В нашем случае при хранении зимних сортов

($t = 0 - 2^\circ\text{C}$) $\epsilon_i = 6385 \div 6238$ кДж/кг.

Как видно из уравнение (18) потери влаги продуктом при данном температуре прямо пропорционален теплопритоку к охлаждающему воздуху.

Обоснование величины теплопритоков к охлаждающему воздуху не представляет трудностей. При первичной обработке холодом эта величина представляет собой физическое тепло, выделяемое продукцией. В период хранения все тепло, воспринимаемое воздухом хранилища, в поле гравитационных сил воздействует на продукцию и вызывает ее усушку. Оно складывается из теплоты дыхания продуктов, трансмиссионных теплопритоков, поступающих к воздуху хранилища, и тепла выделяемого оборудованием. Для исследования тепловлажностного режима хранилища расчетно-экспериментальным путем определены потери влаги продукцией в период хранения яблок зимних сортов, и результаты представлены на рис.3.

Необходимый газовый режим в плодовоовощехранилище с РГС может быть достигнут естественным биологическим путем (в результате дыхания хранимой плодовоовощной продукции) или создан искусственным путем введения в камеру специально приготовленных газовых смесей или отдельных компонентов их.

Полезный объем (грузовой объем) камеры $V_n = 135$ м³, удельный объем опытной камеры:

$$z = \frac{V_m}{G_n} = 5,6 \frac{\text{м}^3}{\text{т}}$$

Интенсивность дыхания плодов в воздушной среде определяем по формуле:

$$R_t = R_0 (1 + bt), \quad (20)$$

Для яблок $R_0 = 2,24 \times 10^{-3}$ м³ CO₂/(т×ч); тогда, в нашем случае $R_t = 2,24 \times 10^{-3}$ м³ CO₂/(т×ч), (при $t = 0^\circ\text{C}$).

Определяем продолжительность естественного формирования газового режима в камеры по формуле (15) $\tau_b = 400$ ч. Значит в холодильной камере необходимый газовый режим устанавливается естественным путем через 16,7 суток. По уравнение (12) находим изменения концентрации кислорода в камере с РГС в зависимости продолжительности хранения яблок.

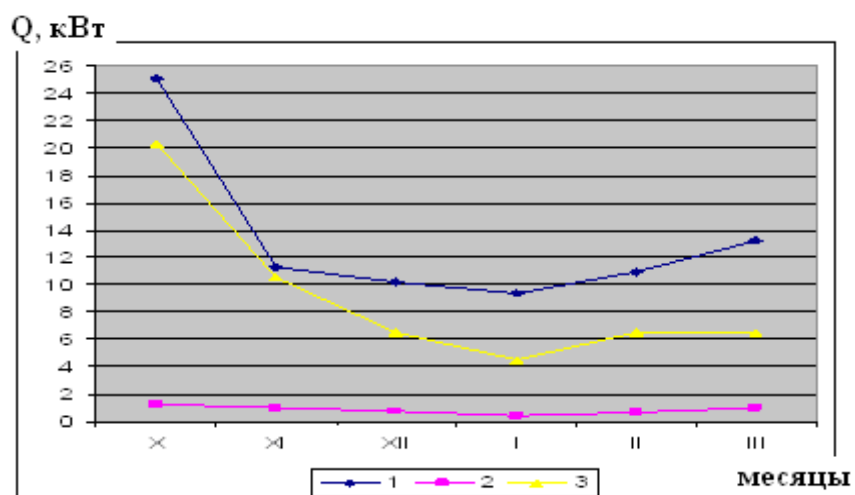


Рис.2. График изменений теплопритоков в периоде хранения в холодильную камеру

1 – суммарные теплопритоки с учетом изменения теплоты дыхания; 2 – теплопритоки через ограждения камеры;
3 – теплоприток от охлаждаемых продуктов с учетом теплоты дыхания.

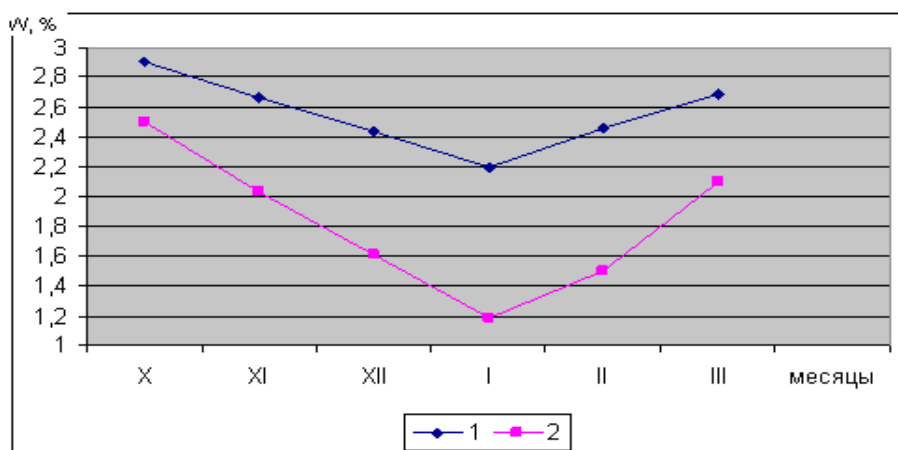


Рис.3. Сопоставление потери влаги продукцией (яблок) в углубленных хранилищах.

1 – обычная надземная хранилища; 2 – углубленная хранилища с РГС.

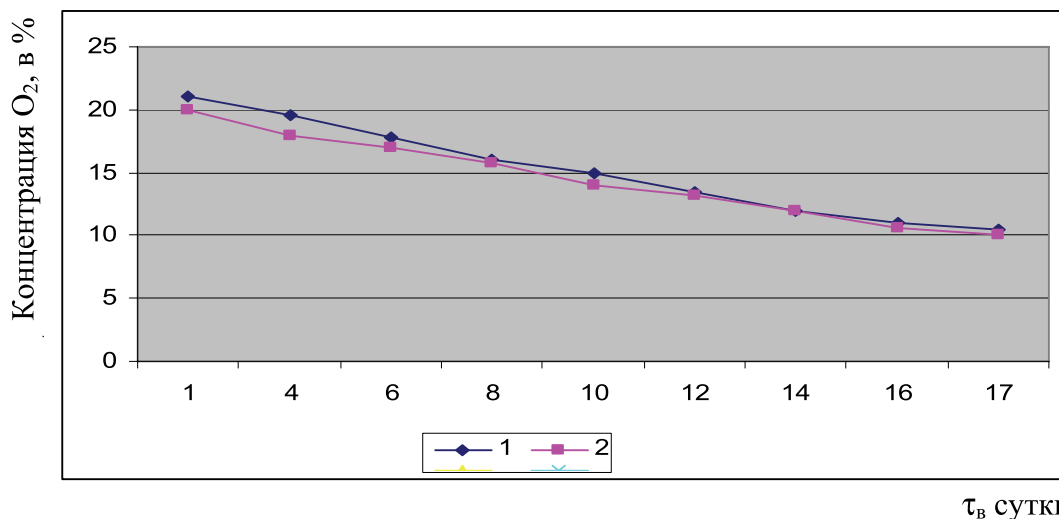


Рис. 4. Продолжительность формирования газового режима естественным способом в холодильной камере с РГС.

1 – теоретические кривые; 2 – опытные кривые.

Используя, выше приведенные формулы были построены теоретические и опытные кривые вывода камеры на заданный режим по кислороду (концентрация его 10 %) естественным путем (без включения генераторов газовых сред) (рис.4).

Установлено, что расчетное время вывода камеры на требуемый режим по кислороду (10 %) естественным способом, т.е. за счет «дыхания» плодов (яблок зимних

сортов) составляет 17 суток. Расхождение расчетных данных и данных полученных при натурных экспериментах составило около 5%. Таким образом, можно сделать вывод, что продолжительность создания в камере газовой среды заданного состава имеет большое практическое значение, так как от этого параметра непосредственно зависит сохранность плодоовощной продукции.

Литература:

1. Г. Н. Узаков, С. М. Хужакулов. Исследование углубленной холодильной камеры в регулируемой газовой среде с использованием нетрадиционных источников энергии. // Молодой ученый. — 2010. №5. с. 81–83.
2. Янюк В.Я., Бондарев В.И. Холодильные камеры для хранения фруктов и овощей в регулируемой газовой среде. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 128 с.
3. Расчет тепломассообмена в промышленных установках, системах и сооружениях: уч.пособие /Л.И. Архипов и др., под. ред. А.Л. Ефимова. — М.: МЭИ, 2001. — 52 с.
4. Жадан В.З. Влагообмен в плодоовощехранилищах. М.: Агропромиздат, 1985, — 197 с.

ИНФОРМАТИКА

Применение стандарта криптосистем DES для шифрования информации

Артюхов Ю.В., аспирант
Ставропольский государственный университет

Стандарт криптосистем *DES* (*Data Encryption Standard*) был разработан фирмой IBM и утвержден правительством США в конце 70-х годов как общепринятый стандарт шифрования. *DES* предназначен для работы с 64-битовыми блоками данных, который преобразуется к зашифрованному блоку (64-бит) за 16-шагов. Каждый из этих 16 ключей получается из 56 битного главного ключа, рис.1.

Перед тем как над исходным блоком начнут выполняться его 16 циклов шифрования, проводится его первичное преобразование, а после шифрования производится преобразование, обратное первичному. Результатом является зашифрованный блок [1, 3].

Каждый цикл шифрования i использует блок 64-битных исходных данных полученных из предыдущего цикла шифрования $i-1$, как показано на рис. 1,б. Каждые 64 бита разбиваются на левый 32-битный сегмент L_{i-1} и правый R_{i-1} . Во время следующего цикла сегменты меняются местами. Основную роль в алгоритме *DES* играет искажающая функция f . Данная функция принимает в качестве исходных данных 32-битный блок R_{i-1} и 48-битный ключ K_i , а затем генерирует 32-битный блок, предназначенный для использования в операции XOR («или») с блоком L_{i-1} . В результате вышеизложенной последовательности действий на каждом шаге цикла порождается R_i . Искажающая функция сначала добывает R_{i-1} до 48 бит, а потом проводит над ним операцию XOR с применением ключа K_i . В результате мы имеем восемь частей по шесть бит. На следующем шаге каждая часть проходит через один из восьми S-блоков (блоков подстановки), где преобразуется в набор из 4 битов. Иными словами S-блоки представляют собой нелинейные компоненты алгоритма *DES*, которые обеспечивают основную криптостойкость шифра. Каждый S-блок представляет собой поисковую таблицу из четырех строк и шестнадцати столбцов. Шесть входящих в S-блок битов определяют, какую строку и какой столбец необходимо использовать для замены. Первый и шестой бит задают номер строки, а остальные — номер столбца. Выход S-блока — значение соответствующей ячейки таблицы. Следующим этапом работы искажающей функции f является обработка P-блоком групп из восьми 4-битовых элементов. Данные последовательности битов компонуются в 32-битовую строку и перемешиваются, формируя тем самым

выход функции f .

Стандарт шифрования *DES* предусматривает различные режимы работы с информацией [2].

Режим **ECB** электронная кодовая книга (Electronic Code Book). Этот режим прост в обращении, но слабо защищен от возможных атак с удалениями и вставками. Ошибка, допущенная в одном из битов шифротекста, влияет на целый блок в расшифрованном тексте.

Данные m , которые необходимо зашифровать, делятся на блоки по n бит:

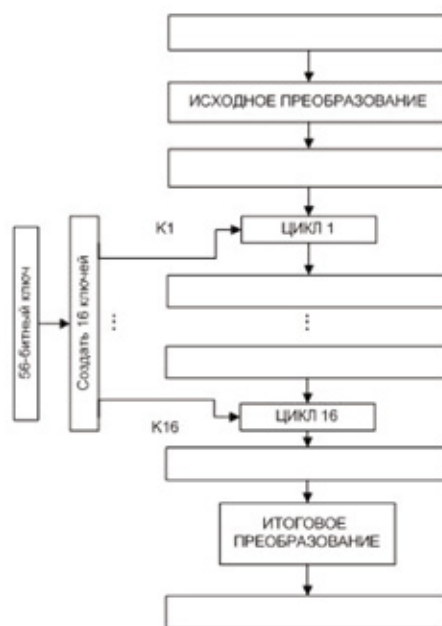


Рис. 1. Общая схема алгоритма DES

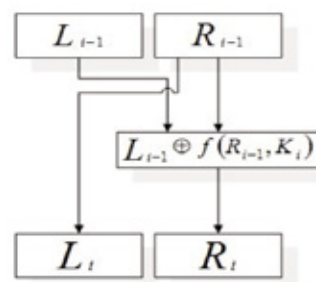


Рис. 2. Схема раунда шифрования алгоритма DES

$$m_1, m_2, \dots, m_q. \quad (1)$$

Последний из блоков, если необходимо, дополняется до длины n . По ним определяются блоки C_1, \dots, C_q как результат воздействия функции шифрования

$$C_i = E_k(m_i). \quad (2)$$

Режим **CBC** (Cipher Block Chaining) предназначен для минимизации потерь в результате атаки с использованием удаленных вставок. Здесь ошибочный бит шифротекста при расшифровании не только превращает в ошибочный блок, в котором содержится, но и портит один бит в следующем блоке открытого текста, что можно легко определить и интерпретировать как сигнал о предпринятой атаке. В данном режиме информация разбивается на блоки и дополняется последний как и в режиме **ECB** (1). Шифрование ведётся согласно формулам

$$C_1 = E_k(m_1 \oplus IV), \quad C_i = E_k(m_i \oplus C_{i-1}) \text{ при } i > 1. \quad (3)$$

Следует особое внимание уделить величине IV (начальное значение), которая используется в шифровании тем, чтобы зашифрованные версии одинаковых частей открытой информации выглядели по-разному. Скрывать значение IV нет необходимости.

Режим **OFB** называемый обратной связью по выходу (Output Feedback) применяется для использования блочного шифра в качестве поточного. Для этого необходимо выбрать переменную j , где $(1 \leq j \leq n)$, которая обозначает число битов на выходе генератора потока ключей при каждой итерации. Далее выполняем операцию, описанную формулой (1). В данном случае каждый блок данных состоит из j битов. Зашифрование происходит следующим образом:

1. переменной x_1 присваивается начальное значение IV ;

2. на каждом шаге, при $i = 1, 2, \dots, q$, выполняются преобразования;

$$3. y_i = E_k(x_i);$$

$$4. e_i = j \text{ крайний слева битов блока } y_i;$$

$$5. C_i = m_i \oplus e_i;$$

$$6. x_{i+1} = y_i.$$

Режим **CFB** (Cipher Feed Back) обратная связь по шифротексту. Он имеет много общего с режимом **OFB**. Блочный шифр в нем преобразуется в поточный. В режиме **CFB** поток ключей возникает в результате еще одного шифрования блоков криптограммы

$$y_0 = IV \quad z_i = E_k(y_{i-1})$$

$$e_i = j \text{ крайний слева битов блока } z_i \quad y_i = m_i \oplus e_i. \quad (4)$$

DES уже много лет применяется в качестве технологии шифрования, но постепенно происходит переход к более защищенным и производительным шифрам, которые позволяют изыскать новые возможности для применения в повседневной жизни. Важность этого возрастает с каждым днем.

Как уже не раз отмечалось, в первом приближении **DES** — это шифр Фейстеля с 16 раундами (рис. 1), за исключением того, что как перед, так и после основных итераций алгоритма Фейстеля осуществляются некоторые перестановки. Обратите внимание (рис. 1) на то, как два блока меняются местами перед последней перестановкой алгоритма. Эта замена никак не влияет на стойкость шифра, и пользователи часто задавались вопросом: зачем вообще это делать. Один из членов творческого коллектива, разработавшего **DES** утверждал, что она облегчает микросхемную реализацию процедуры шифрования. Шифр **DES** преобразует открытый текст следующим образом.

- производит начальную перестановку (IP);
- расщепляет блок на левую и правую половины;
- осуществляет 16 раундов с одним и тем же набором операций;
- соединяет половины блока;
- производит конечную перестановку.

Конечная перестановка обратная начальной. Это позволяет использовать одно и то же программное обеспечение и оборудование для двух сторон процесса: шифрования и расшифрования. Разворачивание ключа дает 16 подключен по 48 битов каждый, выделяя их из 56-битного основного ключа.

Работа функции F . Каждый цикл алгоритма **DES** состоит из 6 шагов, опишем их:

- **Перестановка с расширением.** Правая половина из 32 битов растягивается до 48 битов и перемешивается. Это помогает рассеиванию связи между входными битами и выходными. Перестановка с расширением (отличная от начальной) выбирается так, чтобы один входной бит воздействовал на две замены через S-блоки, о которых речь пойдет ниже. Это помогает распространять зависимости и создает *лавинный эффект* (малое различие между двумя наборами входных данных превращается в большое на выходе);
- **Сложение с подключом.** К строке из 48 битов, полученной после перестановки с расширением, и подключу (его длина тоже 48 битов) применяется операция исключающего ИЛИ, т. е. каждая пара соответствующих битов складывается по модулю 2. Заметим, что подключ используется только в этом месте алгоритма;
- **Расщепление.** Результат предыдущего шага расщепляется на 6 частей по 8 битов в каждом;
- **S-блок.** Каждый 6-битовый кусок передается в один из восьми S-блоков (блоков подстановки), где он превращается в набор из 4 битов. S-блоки — нелинейные компоненты алгоритма **DES** и именно они дают основной вклад в криптостойкость шифра. Каждый S-блок представляет собой поисковую таблицу из четырех строк и шестнадцати столбцов. Шесть входящих в S-блок битов определяют, какую строку и какой столбец необходимо использовать для

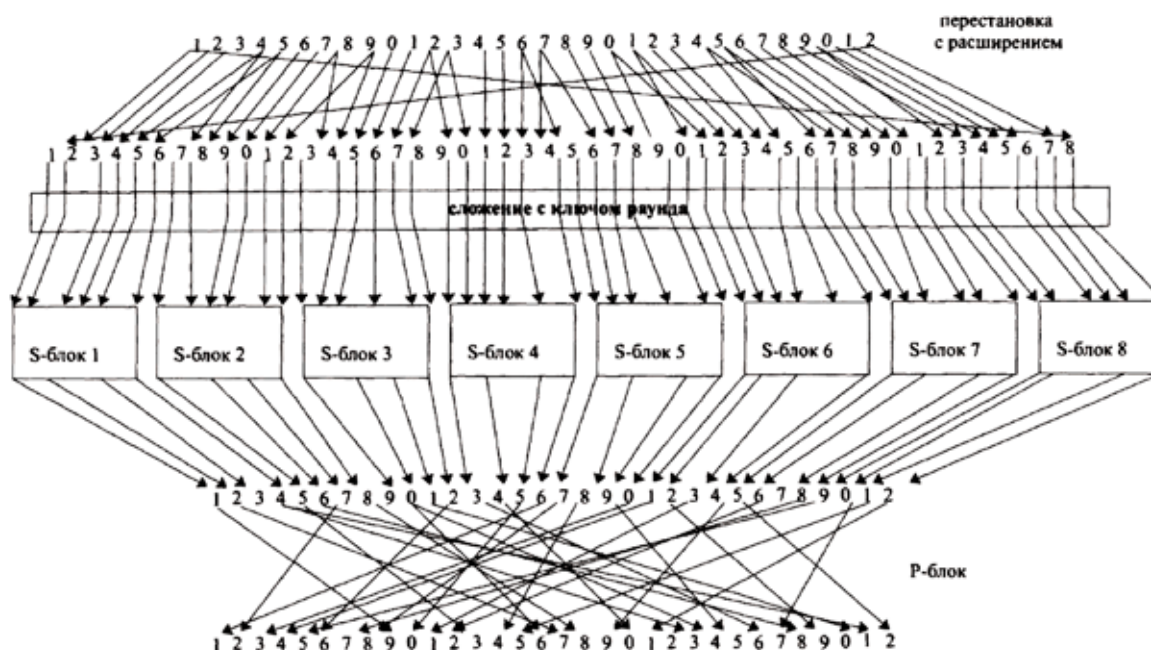


Рис. 3. Структура функции F алгоритма DES

замены. Первый и шестой бит задают номер строки, а остальные — номер столбца. Выход S-блока — значение соответствующей ячейки таблицы.

- *Р-блок.* На этот момент у нас есть восемь групп 4-битовых элементов, которые комбинируются здесь в 32-битовую строку и перемешиваются, формируя выход функции F .

Графически функция F алгоритма DES схематически изображена на рисунке 3.

Начальная перестановка, IP. Начальная перестановка алгоритма DES определяется таблицей 1. Эту и все другие таблицы, изображающие перестановки, следует читать слева направо и сверху вниз. Так, число 58, расположенное в первой строке и первом столбце таблицы, означает, что IP перемещает пятьдесят восьмой бит входных данных на первое место. Аналогично, согласно этой таблице, второй бит перемещается в позицию 50, и т. д.

Таблица 1.

58	50	42	34	26	18	10	2
60	52	44	36	28	20	12	4
62	54	46	38	30	22	14	6
64	56	48	40	32	24	16	8
57	49	41	33	25	17	9	1
59	51	43	35	27	19	11	3
61	53	45	37	29	21	13	5
63	55	47	39	31	23	15	7

Перестановка с расширением E. Перестановка E также представляется таблицей (таб. 3). Каждая строка в ней соответствует битам, входящим в соответствующий S-блок на следующем шаге. Обратите внимание, как биты, нумерующие строку одного S-блока (первый и пос-

ледний бит каждой строки), влияют на выбор столбца другого S-блока.

Таблица 2.

40	8	48	16	56	24	64	32
39	7	47	15	55	23	63	31
38	6	46	14	54	22	62	30
37	54	5	13	53	21	61	29
36	4	44	12	52	20	60	28
35	3	43	11	51	19	59	27
34	2	42	10	50	18	58	26
33	1	41	9	49	17	57	25

Таблица 3.

32	1	2	3	4	5
4	5	6	7	8	9
8	9	10	11	12	13
12	13	14	15	16	17
16	17	18	19	20	21
20	21	22	23	24	25
24	25	26	27	28	29
28	29	30	31	32	1

Перестановка в Р-блоке, P. Эта перестановка превращает 8 групп 4-битовых элементов на выходе из S-блоков, в 32-битовую строку, соединяя и перемешивая их, как показано в табл. 4. *S-блок.* содержимое восьми S-блоков алгоритма представлено в табл. 5. Напомним, что каждый из них представляет собой таблицу из 4 строк и 16 столбцов.

Таблица 4.

16	7	20	21
29	12	28	17
1	15	23	26
5	18	31	10
2	8	24	14
32	27	3	9
19	13	30	6
22	11	4	25

Далее происходит разворачивание ключа с 56-битовым ключом, который представлен строкой из 64 знаков, которая включает в себя контрольные биты, следящие за

четкостью. Каждый восьмой бит этой строки (стоящий на позициях 8, 16, ..., 64) отвечает за то, чтобы каждый байт ключа состоял из нечетного числа битов.

Для разворачивания ключа необходимо перемешать биты (согласно перестановке в таблице 6). Перестановка имеет 64 входа и 56 выходов.

Таблица 6. Перестановка PC-1

57	49	41	33	25	17	9
1	58	50	42	34	26	18
10	2	59	51	43	35	27
19	11	3	60	52	44	36
63	55	47	39	31	23	15
7	62	54	46	38	30	22
14	6	61	53	45	37	29
21	13	5	28	20	12	4

Таблица 5. Состояния S-блоков

S-блок 1	14	4	13	1	2	15	11	8	3	10	6	12	5	9	0	7
	0	15	7	4	14	2	13	1	10	6	12	11	9	5	3	8
	4	1	14	8	13	6	2	11	15	12	9	7	3	10	5	0
	15	12	8	2	4	9	1	7	5	11	3	14	10	0	6	13
S-блок 2	15	1	8	14	6	11	3	4	9	7	2	13	12	0	5	10
	3	13	4	7	15	2	8	14	12	0	1	10	6	9	11	5
	0	14	7	11	10	4	13	1	5	8	12	6	9	3	2	15
	13	8	10	1	3	15	4	2	11	6	7	12	0	5	14	9
S-блок 3	10	0	9	14	6	3	15	5	1	13	12	7	11	4	2	8
	13	7	0	9	3	4	6	10	2	8	5	14	12	11	15	1
	13	6	4	9	8	15	3	0	11	1	2	12	5	10	14	7
	1	10	13	0	6	9	8	7	4	15	14	3	11	5	2	12
S-блок 4	7	13	14	3	0	6	9	10	1	2	8	5	11	12	4	15
	13	8	11	5	6	15	0	3	4	7	2	12	1	10	14	9
	10	6	9	0	12	11	7	13	15	1	3	14	5	2	8	4
	3	15	0	6	10	1	13	8	9	4	5	11	12	7	2	14
S-блок 5	2	12	4	1	7	10	11	6	8	5	3	15	13	0	14	9
	14	11	2	12	4	7	13	1	5	0	15	10	3	9	8	6
	4	2	1	11	10	13	7	8	15	9	12	5	6	3	0	14
	11	8	12	7	1	14	2	13	6	15	0	9	10	4	5	3
S-блок 6	12	1	10	15	9	2	6	8	0	13	3	4	14	7	5	11
	10	15	4	2	7	12	9	5	6	1	13	14	0	11	3	8
	9	14	15	5	2	8	12	3	7	0	4	10	1	13	11	6
	4	3	2	12	9	5	15	10	11	14	1	7	6	0	8	13
cS-блок 7	4	11	2	14	15	0	8	13	3	12	9	7	5	10	6	1
	13	0	11	7	4	9	1	10	14	3	5	12	2	15	8	6
	1	4	11	13	12	3	7	14	10	15	6	8	0	5	9	2
	6	11	13	8	1	4	10	7	9	5	0	15	14	2	3	12
S-блок 8	13	2	8	4	6	15	11	1	10	9	3	14	5	0	12	7
	1	15	13	8	10	3	7	4	12	5	6	11	0	14	9	2
	7	11	4	1	9	12	14	2	0	6	10	13	15	3	5	8
	2	1	14	7	4	10	8	13	15	12	9	0	3	5	6	11

Результат этой перестановки, называемой в литературе РС-1, делится на две половины (по 28 битов каждой). Левая часть обозначается через C_0 , а правая — через D_0 . Теперь для каждого раунда с номером i вычисляется

$$C_i = C_{i-1} \lll p_i, D_i = D_{i-1} \lll p_i,$$

где $x \lll p_i$ обозначает циклический сдвиг строки бит x влево на p_i позиций. Для раундов $i = 1, 2, 3, 9, 16$ применим $p_i = 1$, а для остальных — $p_i = 2$. Затем C_i, D_i соединяются вместе и подаются на вход перестановки РС-2, выходом которой и будет 48-битовый под-ключ i -го раунда.

Соответственно можно сделать следующий вывод относительно основных достоинств шифра DES:

- используется только один ключ длиной 56 битов;
- зашифровав сообщение с помощью одного пакета,

для расшифровки вы можете использовать любой другой;

- относительная простота алгоритма обеспечивает высокую скорость обработки информации;
- достаточно высокая стойкость алгоритма.

Таблица 7. Перестановка РС-2

14	17	11	24	1	5
3	28	15	6	21	10
23	19	12	4	26	8
16	7	27	20	13	2
41	52	31	37	47	55
30	40	51	45	33	48
44	49	39	56	34	53
46	42	50	36	29	32

Литература:

1. Таненбаум Э., М ванн Стеен. Распределенные системы СПб: Питер, 2003 — 877 с.
2. Смарт Н. Криптография М: Техносфера, 2003 — 528 с.
3. Шнайер Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си = Applied Cryptography. Protocols, Algorithms and Source Code in C. — М.: Триумф, 2002. — 816 с.

Анализ поисковых алгоритмов при решении задач идентификации объектов в слабоструктурированных базах данных

Беленький В.М., кандидат технических наук, профессор
Московский государственный университет технологий и управления;

Карахтанов Д.С., аспирант
Университет Российской Академии образования

В статье рассмотрены проблемы идентификации объектов в слабоструктурированной БД, представлены результаты сравнительного анализа применяющихся для их решения алгоритмов поиска.

Ключевые слова: База данных; расстояние Хемминга; сравнение строк; расстояние Левенштейна; метод расширенной выборки; сигнатурный алгоритм; метод N-gram; алгоритм последовательного перебора; деревья поиска; поиск данных.

The algorithms of data search for decision object identification problems in semistructured databases

Belenkiy V.M., Ph.D., professor; Karakhtanov D. S., Post-graduate Student
The University of the Russian Academy of Education

The identification problems in semistructured databases are depicted in the article, results of comparative analyses are presented.

Keyword: database; Hamming distance; string matching; Levenstein distance; method of advanced sample; signature algorithm; N-gram method; exhaustive search algorithm; searching tree; data search.

Проблемы идентификации объектов в базах данных

Эффективность управления современным бизнесом основана на возможности получения управленческим персоналом всесторонней информации по всем направлениям деятельности компании. При этом важно установ-

ление контроля над растущими потоками информации, ускорение процесса их обработки, обобщения и анализа. Необходимость постоянно обеспечивать всех участников процесса управления достоверной, целостной, непротиворечивой и актуальной информацией определяет ключевую задачу сегодняшнего дня в области повышения эффектив-

ности управления — внедрение современных информационных технологий в систему управления предприятием. Для многих компаний информация является основным активом. Потеря важной информации может привести к существенным финансовым потерям или под угрозой оказывается весь бизнес. Особенно сильно страдают печатные и электронные СМИ, библиотеки и архивы. Основную часть рабочих материалов таких организаций составляет неструктурированная информация (бумажные документы, фотоматериалы, видео, аудиозаписи, электронные документы в различных форматах). Управлять информацией и обеспечивать её сохранность в указанном виде является крайне непростой задачей.

Для решения проблем, связанных с организации хранения и централизованного управления большими объемами разнородных данных необходимо комплексное решение. Внедрение данного решения за счёт использования современных информационных технологий позволит не только повысить качество решения задачи сохранности информации, но и расширяет возможности использования информации за счёт появления новых функций, таких, как ускоренный поиск, разграничение доступа сотрудников к данным, управление жизненным циклом информации и других.

Управление дисковым пространством, увеличение емкости систем хранения и рост их производительности, миграция данных с устаревших хранилищ на новые — все эти, и многие другие задачи приходится постоянно решать компаниям, использующим системы хранения. Современный подход к операциям с данными позволяет изменить существующее положение вещей. Многие типы данных можно рассматривать не как набор чисел и символов, которыми оперируют вычислительные системы, а в виде объектов, с которыми оперирует пользователь: финансовые документы, почтовые сообщения, техническая документация, фотографии, видеоролики, звуковые записи, сканированные документы и т.д.

В подобной ситуации значительно возросла необходимость в создании и внедрении эффективных систем поиска и анализа данных.

Интегрированные в СУБД системы поиска слабо адаптированы для обработки неструктурированной информации. По статистике, доля структурированных данных в современных базах данных составляет не более 35-50%, остальные же приходится на долю различных справочников, сканированных документов и другой разрозненной информации. В этом случае возникает проблема поиска и выборки необходимой информации из большого неструктурированного массива. При организации поиска данных в подобных базах возникают характерные проблемы, связанные с наличием в запросах орфографических и фонетических ошибок, ошибок ввода информации, а также отсутствием единых стандартов транскрипции с иностранных языков.

Анализируя данные, полученные из открытых источников и научных публикаций, можно выделить основные

виды потерь, возникающие вследствие ошибок и искажений информации в базах данных:

1. *Потери вследствие неверного, плохого оказания услуг («брак» в информации).* К таким ошибкам можно отнести следующие.

- Орфографические ошибки (опечатки) — ошибки, возникающие при вводе информации.
- Отсутствие данных — происходят по причине отсутствия у оператора соответствующих данных при вводе информации. Оператор может пропустить ввод неизвестных ему данных.
- Фиктивные значения — значения, введенные оператором, но не имеющие смысла. Наиболее часто такая проблема встречается в полях, обязательных для заполнения, когда при отсутствии реальных данных оператор вынужден вводить бессмысленные данные. Например: номер социального страхования 999999999, или возраст клиента 99, или почтовый индекс 99999. Проблема усугубляется, если существует вероятность появления реальных данных, которые могут быть приняты за фиктивные.
- Логически неверные данные (в поле «Город» находится значение «Россия»).
- Закодированные значения — сокращенная запись или кодировка реальных данных в одной ячейке таблицы.

2. *Потери оплачиваемого времени сотрудников на непродуктивную деятельность.* В том или ином виде данный вид потерь встречается в любой организации и может достигать, например, у менеджеров среднего звена более 50% рабочего времени, у менеджеров низовой категории до 80%.

3. *Потери вследствие использования не оптимальных технологических цепочек.* Данный вид потерь присутствует почти в любой организации. По этим причинам в среднем организация теряет около 35% рабочего времени задействованных сотрудников и это может привести к удорожанию одной операции до 100%.

4. *Потери времени, денежных средств, клиентов по причине отсутствия либо дублирования информации.* Данный вид потерь присутствует почти в любой организации. Потери составляют около 15% времени сотрудников, что влечет увеличение стоимости выполняемой операции.

Вследствие указанных причин задача поиска в базах данных, не может быть в полной мере решена только методами проверки на *точное соответствие*. Становится актуальной задача разработки специальных методов и технологий текстового поиска с использованием нетривиальных решений, в том числе с использованием аппарата нечеткой логики (fuzzy logic), а также алгоритмов нечеткого поиска.

Нечеткий поиск целесообразно применять при поиске слов с опечатками, а также в тех случаях, когда возникают сомнения в правильном написании — персональных данных (Ф.И.О.), наименования юридического лица (ком-

пании, организации), адресных данных, реквизитов документов и т.п. Алгоритмы, используемые при реализации нечеткого поиска, основаны на особой системе ассоциативного доступа к словам, содержащимся в текстовом индексе полнотекстового хранилища документов. В качестве единиц поиска используются цепочки составляющих слово букв. Для ускорения поиска предварительно создается специальный индекс, содержащий фрагменты слов со ссылками на слова, в которых эти фрагменты встретились. Алгоритм нечеткого поиска позволяет быстро отобрать все слова, фрагменты которых совпадают с фрагментами слова в запросе, лежащие в заданной окрестности допустимых искажений. Задавая размер этой окрестности (процент отличающихся фрагментов и допустимые смещения их позиций в слове), можно легко регулировать точность и полноту поиска — отбирать слова по степени близости к запросу. Скорость поиска пропорциональна логарифму от числа индексируемых слов и составляет менее одной секунды при индексе в несколько миллионов слов (такой полнотекстовый индекс соответствует нескольким гигабайтам полнотекстовых документов).

С помощью нечеткого поиска возможно решение следующих прикладных задач:

1. Полная идентификация субъекта или объекта при наличии искажений информации в базе данных или в поисковых запросах.
2. Устранение дубликатов записей при поступлении в БД из множественных источников со слабоструктурированной информацией.
3. Поиск и корректировка ошибок в персональных данных (физических и юридических лиц), адресных данных, телефонных номерах, текстовых примечаниях и др.

Обзор алгоритмов поиска

1. Расстояние между строками

Пусть a , b — некоторые строки — последовательности символов алфавита S длин m и n , и соответственно, задан набор операций, преобразующих данные строки:

- вставка символа;
- удаление символа;
- замена одного символа на другой.

Каждой операции присвоена стоимость. Существует последовательность операций, результатом применения которой к строке a будет являться строка b . Такая последовательность не является единственной. Стоимость последовательности определяется как суммарная стоимость входящих в нее операций. Тогда последовательность операций минимальной стоимости определяет метрику на множестве строк.

Расстояние Хемминга между двумя словами, равными по длине, вычисляется по числу позиций, символы в которых не равны. Это равносильно минимальному количеству операций замены (при запрете удаления/вставки), необходимых для преобразования одной строки в другую. Если проводится сравнение слов имеющих разную длину,

то необходимы также операции удаления и вставки. Если они имеют тот же вес, что и замена, то минимальная цена преобразования одной строки в другую задает метрику, именуемую *расстоянием Левенштейна*.

Еще одна метрика равна минимальной цене преобразования при условии, что разрешено использовать только операции удаления и вставки. Это эквивалентно присваиванию замене цены 2, а удалению и вставке цены 1, потому что операцию замены можно симитировать парой удаление-вставка. Описанная метрика называется *расстоянием редактирования*.

Таким образом, расстояние Левенштейна целесообразно использовать для определения степени близости строковых значений и нахождения «похожих» значений ключевых атрибутов.

2. Метод расширения выборки

Довольно часто, в основном в программах проверки орфографии, применяют метод расширения выборки (спел-чекера). Суть метода заключается в сведении поиска по сходству к точному поиску. Для этого формируется множество всех «ошибочных» слов, которые получаются из поискового образца в результате одной-двух операций редактирования: вставки, замены, удаления и транспозиции, после чего построенные термины ищутся в словаре (на точное соответствие).

Нередко метод спел-чекера используется вместе с набором эмпирических правил, которые позволяют уменьшить размер такого множества.

Метод отлично работает со словарями натурального языка, размер которых относительно не велик. Для русского языка такой словарь на сегодняшний день составляет порядка 40 000 слов [9], что на несколько порядков меньше, например списка клиентов среднего российского банка.

3. Сигнатурные алгоритмы

Основой сигнатурных алгоритмов является буквенное сэмплирование. В случае *хеширования по сигнатуре* сэмпл преобразуется в сигнатурный вектор, который можно рассматривать, как запись числа в двоичном представлении. Таким образом, хеш-функция $H(a)$ однозначно определяет преобразование $F(w)$ строки в целое число. Функция $F(w)$ является хеш-функцией и может быть использована для процедуры индексации словаря. К примеру, выберем несколько слов и запишем их сигнатуру простейшей хеш-функцией (табл. 1). Удаление или добавление одной буквы слова приведет к изменению не более одного бита сигнатуры. При этом может не измениться ни один бит сигнатуры, в том случае, если удаленная буква встречается в слове более одного раза (для представленной в примере хэш-функции). Если заменить один символ, то изменится не более двух битов сигнатуры. При изменении двух бит сигнатуры, один бит обнуляется, а другой становится равным единице.

Из [2] следует, что для выборки всех слов, отличающихся от искомого на одну операцию редактирования, требуется прочесть не более: $1 + m + m^2/4$ списков, где

Таблица 1. Запись сигнатуры слов хеш-функцией

	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	...	Я
Текст	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	...	0
Тест	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	...	0
Кекс	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	...	0
Кокс	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	...	0
Потоп	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	...	0
Ротор	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0		

m размер сигнатуры. Общее число списков равно 2^m . Если m достаточно велико, то количество списков, проверяемых в процессе поиска, будет значительно меньше общего числа списков хеш-таблицы. Метод хеширования по сигнатуре обладает следующими достоинствами:

- Позволяет осуществлять с высокой скоростью поиск на точное равенство и поиск, допускающий одну-две «ошибки» в задании поискового запроса.
- При правильном выборе параметров объем индекса не более чем на 10-20% превышает размер файла, содержащего список терминов словаря.
- Отличается простотой реализации.

Хешированию по сигнатуре присущи и довольно существенные недостатки: он медленно работает, если индекс фрагментирован: то есть в том случае, если списки слов с одинаковыми сигнатурами разбросаны по несмежным секторам на диске. В настоящее время это не является большой проблемой, потому что, с одной стороны, размеры памяти компьютера часто позволяют загрузить словарь целиком, а с другой стороны, дефрагментация словаря, как правило, осуществляется в течении нескольких минут. Вторым существенным недостатком является слишком большой размер конечной выборки, если слова отличаются больше чем на два символа.

4. Метод N-gram

N-грамм модели широко используются в статистической обработке естественного языка, в том числе в задачах распознавании речи, фонем, а также последовательностей фонем. При этом последовательности букв моделируются с учетом специфики и лексики каждого типа языка.

Рассматривают две основных задачи, которые нужно решить, используя алгоритм N-грамм:

1) Способ разбиения на граммы. Например, для последовательности символов «good morning» 3-грамм (иногда именуемые «триграммы») являются буквенные сочетания: «goo», «ood», «od », «d m», « mo», «мог» и так далее. Аналогичным способом можно построить биграмы, 4-граммы и т.д. Следовательно, перед разбиением необходимо определить порядок грамм наиболее выгодный для применения на конкретной выборке, а также следует ли учитывать начало и конец слова. От этого будет зависеть скорость, точность и объем хранения грамм. Некоторые строки полезно предварительной очистить от пробелов.

Пунктуация также обычно удаляется препроцессором.

2) Способ подсчета релевантности. Функция релевантности в данном алгоритме имеет исключительное значение. В классических описаниях данная функция представляется как отношение количества совпавших грамм к общему количеству буквенных сочетаний.

Необходимо также отметить основной недостаток метода N-грамм — относительно большой объем дискового пространства, необходимый для хранения грамм. Однако данный недостаток компенсируется точностью поиска, что отмечено в работах [3,4,5,6,7].

5. Алгоритмы последовательного перебора

Простейшее решение задачи перебора состоит в последовательном сравнении, начиная с $t(1)$ и $p(1)$, символов слов T и P до тех пор, пока не будет обнаружено равенство или неравенство сравниваемых символов. В последнем случае следует вернуться к началу сравнения и, сдвинувшись на один символ по тексту (теперь это будет $t(2)$), и повторить процедуру.

Применение данных алгоритмов обусловлено их высокой эффективностью. При последовательном переборе строки считываются последовательно и сравниваются непосредственно с поисковым образцом. Для сравнения строк используются битовые алгоритмы типа agrep [8]. Несмотря на то, что алгоритм последовательного перебора работает относительно медленно, далеко не все альтернативные алгоритмы, как показали эксперименты, намного эффективнее простого последовательного перебора. В частности для максимально допустимого расстояния редактирования равного двум, большинство алгоритмов на практике оказываются медленнее.

Данный алгоритм требует выполнения не менее $n-m+1$ сравнений и работает достаточно медленно. Вместе с тем он относительно прост для реализации и позволяет проводить поиск с использованием шаблона любой длины.

Точный поиск по алгоритму Бойера-Мура. Известно несколько модификаций исходного алгоритма. Наиболее известны два из них: алгоритм Бойера-Мура (Boyer-Moore) и алгоритм Кнута-Морриса-Пратта (Knuth-Morris-Pratt). На практике при решении задач точного поиска в большинстве случаев алгоритм Бойера-Мура работает быстрее.

Точный поиск по алгоритму СДВИГ-И (SHIFT-AND). Алгоритм СДВИГ-И показал хорошую скорость

поиска и достаточно просто программируется. Кроме того, данный алгоритм обладает уникальной особенностью: он может быть легко модифицирован для задач нечеткого (приблизительного) поиска.

6. Деревья поиска

Trie-деревья представляют собой структуру, поиск в которой основан на представлении термина последовательностью символов. В отличие от обычных сбалансированных деревьев, в trie-дереве все строки, имеющие общее начало, располагаются в одном поддереве. Каждое ребро помечено некоторой строкой. Терминальным вершинам («листьям») соответствуют слова списка. Корнем дерева является вершина, которой соответствует «пустое» слово длины ноль. Из нее выходит столько дуг, сколько символов встречается на первой позиции в терминах словаря (самое большое — число символов в алфавите). Вершины второго уровня соответствуют символам второй позиции, и так далее. Каждая конечная вершина — термин, символы которого записаны в единственном пути из корневой вершины в эту конечную.

В случае неудачи поиск возвращает термин словаря, совпадающий с искомым образцом в наибольшем числе начальных символов. Обычно Trie-деревья используются для поиска по подстроке, но их можно использовать, и весьма эффективно, для поиска по сходству.

Достоинства

- эффективно хранят локализованные в пространстве группы объектов
- если дерево сбалансировано, то обеспечивает быстрый поиск в худшем случае
- вставка/удаление одной точки не требует существенной перестройки дерева (динамический индекс)

Недостатки

- чувствительно к порядку добавляемых данных
- данные в листьях могут перекрываться
- подходит для точного поиска, при приблизительном поиске возвращает слишком большой набор

Заключение

Актуальность вопросов разработки поисковых систем уже давно ни у кого не вызывает сомнений. Однако сегодня к поисковым системам предъявляется ряд дополнительных требований, таких как построение запроса на естественном языке, поиск информации не только по формально заданным терминам, но и расширение запроса, возможность создания сложных запросов с итеративным и интерактивным уточнением его параметров, интеллектуальное ранжирование выдаваемой информации. Полноценного решения совокупности указанных задач пока не найдено. Однако пути их решения можно наметить уже сейчас. Для расширения границ поиска с целью охвата всей предметной области могут быть использованы алгоритмы нечеткого поиска.

Представленный в данной работе анализ поисковых алгоритмов, составляющих обширную область информационных технологий, не является исчерпывающим. Однако учитывая вышеизложенное, а также и результаты экспериментального сравнения алгоритмов, можно сделать вывод о том, что современные алгоритмы словарного нечеткого поиска намного эффективнее алгоритма последовательного перебора. В то же время при работе со строками большой длины последовательный перебор существенно выигрывает в скорости.

Таблица 2. Сравнение алгоритмов

Критерий/алгоритм	Эффективность	Скорость	Размер диск. пространства	Итог
Расширения выборки	Высокая (на малых размерах словаря)	Высокая (при размере словаря до 100 тыс. записей)	Низкий	Не применим , т.к не эффективен на словарях большой размерности
N-gram	Высокая	Средняя линейно зависит от длины строк.	Высокий	Применим (возможно увеличить с помощью хэширования и индексирования)
Деревья поиска	Низкая	Высокая	Средний	Применим как способ индексирования.
Расстояние между строк	Низкая	Выше среднего	Низкий	Применим как способ сортировки, ранжирования результатов другого алгоритма (например, n-грамм)
Хеш. сигнат.	Ниже среднего	Выше среднего	Средний	Применим
Перебор	Высокая только при поиске с малым количеством опечаток по большому массиву текста или при сравнении на полное соответствие	Выше среднего	Низкий	Применим

Из наиболее эффективных алгоритмов следует отметить алгоритмы n-грамм, trie-деревьев, а также сигнатурные алгоритмы, которые обеспечивают хорошее соотношение между размером индекса и скоростью поиска. Оценки результатов тестирования алгоритмов по критериям эффективности, скорости и занимаемого дискового

пространства представлены в таблице 2. Требования к алгоритмам расположены в порядке убывания их значимости: эффективность — скорость — размер дискового пространства. В столбце Итог кратко резюмированы возможности применения алгоритма к задачам идентификации объектов в слабоструктурированной БД

Литература:

1. Бойцов Л.М. Классификация и экспериментальное исследование современных алгоритмов нечеткого словарного поиска // Труды 6-й Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» — RCDL2004, Пушкино, Россия, 2004.
2. Бойцов Л.М. Использование хеширования по сигнатуре для поиска по сходству // Прикладная математика и информатика, ВМиК МГУ, № 8, 2001, с. 135—154.
3. Buckley, J. Solving fuzzy equations in economics and finance // Fuzzy Sets & Systems, 1992, # 48.
4. Chávez E., Navarro G. Proceedings of the 5th Latin American Symposium on Theoretical Informatics. A Metric Index for Approximate String Matching, pages 181—195, 2002.
5. Masek U., Peterson M. S. A faster algorithm for computing string-edit distances. In Journal of Computer and System Sciences, volume 20(1), 1980, p. 785—807.
6. Myers E.W. A Fast Bit-Vector Algorithm for Approximate String Matching Based on Dynamic Programming, In Journal of the ACM (JACM), volume 46(3), 1998, p. 395—415.
7. Ukkonen E. Approximate String Matching with q- Grams and maximal matches. In Theoretical Computer Science, volume 92(1), 1992, p. 191—211.
8. Wu S., Manber U. Fast Text Searching with Errors. In Communications of the ACM, volume 35 pages 83—91, 1992.
9. Материалы сайта: <http://www.lingvotech.com/skolkoslov>

Использование алгоритмов нечеткого поиска при решении задачи устранения дубликатов в массивах данных

Карахтанов Д.С., аспирант
Университет Российской Академии образования

В статье описан алгоритм устранения дубликатов записей в базе данных при наличии нескольких источников информации и ошибок операторского ввода. Предложен алгоритм вычисления функции релевантности на основании метода N-gram.

Ключевые слова: Нечеткий поиск; N-gram; релевантность строк; поиск данных; приблизительное сравнения строк; порог идентификации; база данных; код Хаффмана; сжатие данных без потерь; код переменной длины; Теория информации; префиксный код.

Using algorithm fuzzy search in processing of recognize duplicates in database

Karakhtanov D. S., Post-graduate Student
The University of the Russian Academy of Education

Author described the algorithm of duplicate records elimination under condition of several data sources and errors of operator input. The algorithm based on relevance function using N-gram method.

Keyword: Fuzzy search; N-gram; string relevance; data search; approximate string matching; identification limit; database; Huffman coding; lossless data compression; variable-length code; Information theory; prefix code.

Администратор баз данных рано или поздно сталкивается с проблемой управления качеством данных, то есть необходимостью приведения информации к состоянию, которое удовлетворяет требованиям по критериям достоверности, актуальности, логической полноты

и непротиворечивости.

Для выполнения всех перечисленных требований понадобится целый комплекс мер, одной из составляющих которого будет обеспечение отсутствия дубликатов.

В любой базе данных можно выделить два основных типа дублирования информации:

- имеющая жестко заданную структуру (формат) содержания;
- слабоструктурированная, не имеющая жестко заданной структуры содержания.

В первом случае речь идет о различных кодах из различных справочников и классификаторов, идентификаторах сущностей, используемых в качестве ключевых атрибутов поиска. Во втором случае рассматривается вариант работы с разнообразными именами собственными, используемыми для идентификации людей: фамилий, имен, отчеств; адресов; наименований государственных учреждений; организаций и т. д.

Проблема дублирования жестко структурированных атрибутов решается ограничением на ввод данных в соответствующие поля. Поиск дубликатов в этом случае ведется по точному совпадению и не вызывает сложностей.

Ситуация со слабоструктурированными полями несколько сложнее, так как нет возможности использовать ограничения формата, а также нельзя применять словари-справочники, поскольку их требуемый объем может выйти за допустимые пределы и многократно превысить объем основной информации базы данных.

Для устранения ошибок операторского ввода и проверки дублирования слабоструктурированной информации предложен алгоритм нечеткого поиска, позволяющий находить дубликаты на основании неполного совпадения и оценки их релевантности — количественного критерия схожести.

Следует учитывать, что данный алгоритм не дает 100% гарантии от ошибок, то есть сохраняется вероятность того, что будут пропущены дублирующие данные или данные будут распознаны как дубликаты, не являясь таковыми. Поэтому для принятия окончательного решения необходимо участие человека.

Словарная n -граммная индексация основана на следующем свойстве: если слово u получается из слова w в результате не более чем k элементарных операций редактирования (за исключением перестановок символов), то при любом представлении u в виде конкатенации из $k+1$ -ой строки, одна из строк такого представления будет точной подстрокой w . Это свойство можно усилить, заметив, что среди подстрок представления существует такая, что разность между её позицией в строках w и u не больше k . Таким образом, задача поиска сводится к задаче выборки всех слов, содержащих заданную подстроку.

Функция сравнения подстрок

Функция нечёткого сравнения использует в качестве аргументов две строки и параметр сравнения — максимальную длину сравниваемых подстрок. Подстроки содержат буквы кириллического алфавита и пробел. Ре-

зультатом работы функции является число, лежащее в пределах от 0 до 1, где 0 соответствует полному несовпадению двух строк, а 1 — полной их идентичности. Сравнение строк происходит по следующей схеме: функция сравнения составляет все возможные комбинации подстрок с длиной вплоть до указанной и подсчитывает их совпадения. Количество совпадений, разделённое на число вариантов, объявляется коэффициентом схожести строк для фиксированного N и выдаётся в качестве результата работы функции, далее берётся среднее значение для всех коэффициентов. Формула релевантности будет выглядеть следующим образом:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N r(i)}{N}, \quad (1)$$

$$\text{где } r(i) = \frac{\text{Match}(\text{Str1}, \text{Str2}, i) + \text{Match}(\text{Str2}, \text{Str1}, i)}{\text{Count}(\text{Str1}, i) + \text{Count}(\text{Str2}, i)}, \quad (2)$$

$\text{Count}(\text{Str}, i) = (\text{len}(\text{Str}) - i + 1)$; $\text{len}(S)$ — длина строки S ; $\text{Match}(S_1, S_2, i)$ = сумма совпадений всех подстрок длиной i из S_1 в строке S_2 .

Пусть, например, в качестве аргументов заданы две строки «Привет» и «Превед» и некоторая максимальная длина подстрок, скажем, 4, тогда получаем значения коэффициента, равные 0,75, при $n=1$; 0,4 при $n=2$; 0 при $n=3$ и $n=4$.

Таким образом, общая релевантность двух строк:

$$R = (0,75 + 0,4 + 0 + 0) / 4 = 0,2875 = 28,75\%$$

Увеличение длины максимальной подстроки приводит к увеличению времени работы функции. С другой стороны, поиск становится более чётким.

Устранение дубликатов

Общий принцип применения функции для поиска дубликатов следующий:

1. Производится вычисление релевантности.
2. Данный показатель приводится к относительной шкале соответствия в интервале от 0 до 1 (0 — полное несовпадение, 1 — полное совпадение).
3. Экспериментальным путем для тестового массива данных определяется нижний порог автоматической обработки (P_a), за которым количество ошибок распознавания дубликатов становится неприемлемым и нижний порог ручной обработки (P_p), за которым поиск выдает практически одни ошибки.
4. P_a может быть использован для дальнейшей уточняющей обработки дубликатов в автоматическом режиме, оставляя найденные элементы со значениями соответствия ниже P_a , но выше P_p для обработки человеком.

Основными способами внесения и изменения информации в базу данных являются:

- непосредственный ввод пользователями;
- импорт данных из внешних источников

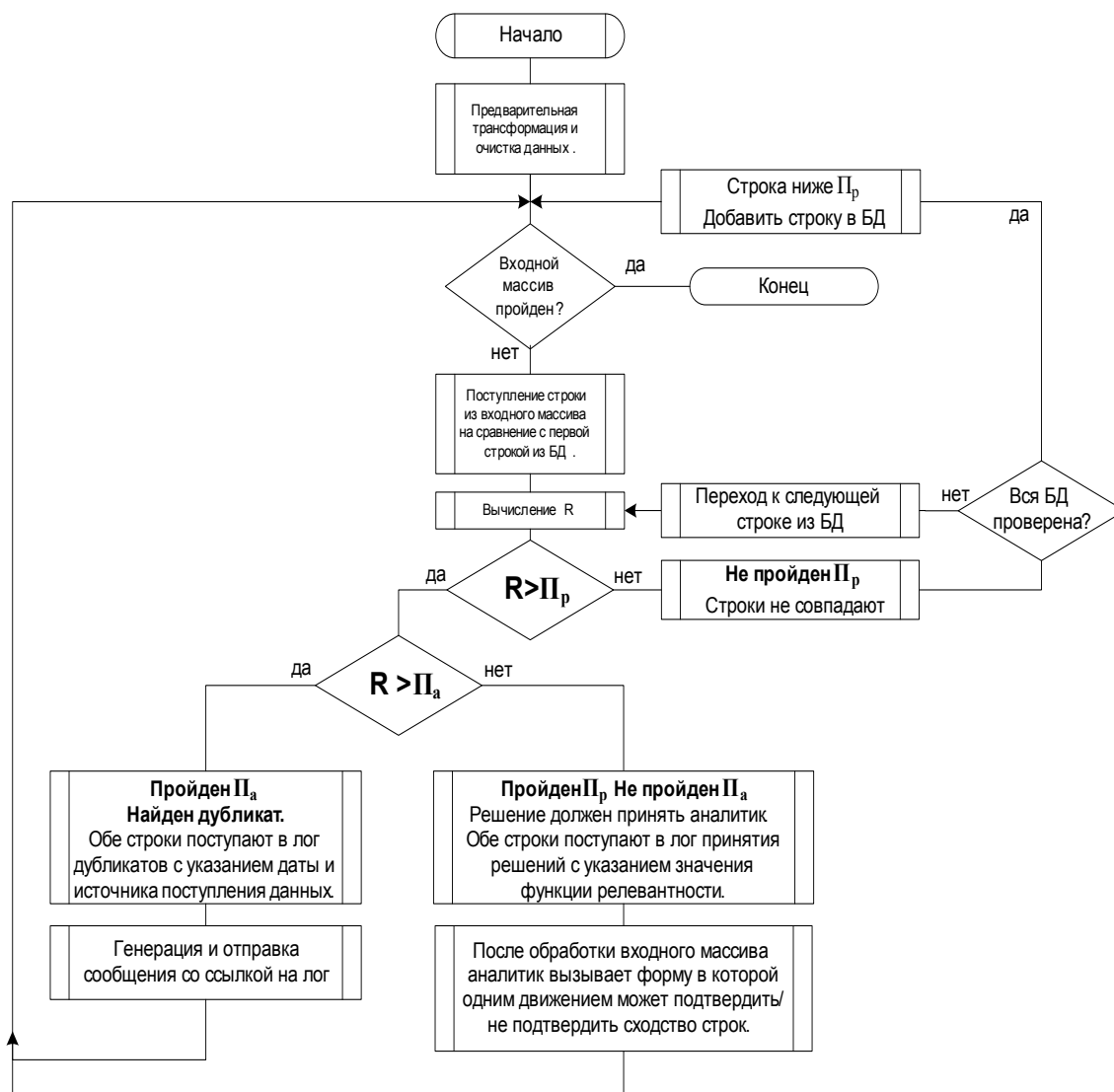


Рис. 1. Алгоритм проверки на дубликаты

Так как система распознавания не может предоставить 100% точность, пользователь должен также иметь возможность игнорировать подсказку системы и ввести данные. При таких условиях в базу данных неизбежно будет попадать часть некачественной информации, которая должна быть обнаружена в дальнейшем. Таким образом, задачу выявления и устранения дубликатов можно разбить на три этапа:

1. Выявление дубликатов на уровне ввода информации и их отклонение.
2. Выявление дубликатов путем сравнения и анализа уже введенных данных в соответствии с заданным Π_a
3. Автоматическое удаление дублирующей информации.
4. Анализ и обработка человеком результатов п.2, которые не могут быть обработаны автоматически (показатель соответствия ниже Π_a , но выше Π_p).

Алгоритм работы блока представлен на рисунке 1.

Заключение

Полученные в ходе тестирования алгоритма результаты позволяют сделать следующие выводы:

Предложенную функцию релевантности целесообразно использовать в условиях больших объемов данных.

Характерной особенностью всех полученных результатов является относительная стабильность в точности.

Устойчивость в точности дает возможность создания различных модификаций алгоритма с целью увеличения логической полноты.

Для дальнейших исследований представляет интерес проведение тестирования, с включением в алфавит спецсимволов. В рамках данного тестирования необходимо провести сравнительный анализ эффективности нахождения дубликатов по одной и по нескольким базам данных. Кроме того, становится актуальной задача создания тестовой коллекции, содержащей наборы «идеальных» пар дубликатов по отдельным полям, что позволит проводить исследования эффективности алгоритмов по различным критериям.

Литература:

1. Web site of the Computer science department of Maryland University. Research on N-Grams in Information Retrieval. <http://www.cs.umbc.edu/ngram/>
2. А.В. Левитин. Алгоритмы: введение в разработку и анализ. «Вильямс», 2006. С. 392-398.
3. H. Shang, T.H. Merret. Tries for Approximate String Matching. In IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, volume 8(4), pages 540 – 547, 1996.
4. E. Ukkonen. Algorithms for approximate string matching. In Information and Control, volume (64), pages 100-118, 1985.
5. E. Ukkonen. Finding approximate patterns in strings, $O(k * n)$ time. In Journal of Algorithms volume 6, pages 132-137, 1985.
6. E. Ukkonen. Approximate String Matching with q- Grams and maximal matches. In Theoretical Computer Science, volume 92(1), pages 191-211, 1992.

Программная реализация алгоритма Левенштейна для устранения опечаток в записях баз данных

Карахтанов Д.С., аспирант
Университет Российской Академии образования

В статье описан пример реализации алгоритма Левенштейна на языке PL/SQL для устранения опечаток в записях баз данных.

Ключевые слова: Сравнение строк; база данных; редакционное расстояние; расстояние Левенштейна; дистанция редактирования; алгоритм Левенштейна; поиск данных; устранение опечаток.

Levenshtein algorithm software realization for misprint elimination in databases

Karakhtanov D. S., Post-graduate Student
The University of the Russian Academy of Education

The example of Levenstein algorithm software realization by PL/SQL language tools for misprint elimination in databases is described in the article.

Keyword: String matching; database; edit distance; Levenstein distance; distance of edit; Levenstein algorithm; data search; misprint elimination.

Введение

Расстояние Левенштейна (также известное как редакционное расстояние или дистанция редактирования) в теории информации и компьютерной лингвистике — мера различия двух последовательностей символов (строк) относительно минимального количества операций вставки, удаления и замены, необходимых для перевода одной строки в другую [1]. Для одинаковых строк расстояние редактирования равно нулю.

В 1965 году советский математик Владимир Иосифович Левенштейн разработал алгоритм, который позволяет оценить, насколько похожа одна строка на другую. Алгоритм Левенштейна [1] дает возможность получить именно численную оценку схожести строк.

Основная идея алгоритма состоит в том, чтобы посчитать минимальное количество операций удаления, вставки и замены, которые необходимо сделать над одной из строк, чтобы получить вторую.

В настоящее время алгоритм Левенштейна активно применяется в различных программных продуктах, в том числе грамматических приложениях, таких как в MS Office или подобных для решения следующих прикладных задач:

1. В поисковых системах для нахождения объектов или записей по имени.
2. В базах данных при поиске с неполно-заданным или неточно-заданным именем.
3. Для исправления ошибок при вводе текста.
4. Для исправления ошибок в результате автоматического распознавания отсканированного текста или записей речи.
5. В приложениях, связанных с автоматической обработкой текстов.

Функция Левенштейна может играть роль фильтра, заведомо отбрасывающего неприемлемые варианты (у которых значение функции больше некоторой заданной константы).

Допустим, имеются слова Текст и Тост. Необходимо преобразовать одно слово в другое, используя только операции: удаления, добавления и замены.

Текст Тост — исходное состояние

Шаг 1. Текст Тост (замена)

Шаг 2. Тост Тост (удаление)

Таким образом, для вычисления расстояния Левенштейна от строки Текст до строки Тост потребовалось два шага. В данном случае, расстояние будет равно двум.

Формальное определение

Пусть S_1 и S_2 — две строки (длиной n и m соответственно) над некоторым алфавитом, тогда редакционное расстояние $d(S_1, S_2)$ можно подсчитать по следующей рекуррентной формуле:

$$d(S_1, S_2) = D(n, m) = \begin{cases} 0 & ; i = 0, j = 0 \\ i & ; j = 0, i > 0 \\ j & ; i = 0, j > 0 \\ \min(& \\ \quad D(i, j - 1) + 1 & \\ \quad D(i - 1, j) + 1 & ; j > 0, i > 0 \\ \quad D(i - 1, j - 1) + m(S_1[i], S_2[j]) & \\) & \end{cases}$$

где $m(a, b)$ равна нулю, если $a = b$ и единице в противном случае;

$\min(a, b, c)$ возвращает наименьший из аргументов.

Рассмотрим формулу более подробно. Здесь шаг по i символизирует удаление (**D**) из первой строки, по j — вставку (**I**) в первую строку, а шаг по обоим индексам символизирует замену символа (**R**) или отсутствие изменений (**M**). Очевидно, что редакционное расстояние между двумя пустыми строками равно нулю. Так же очевидно то, что чтобы получить пустую строку из строки длиной i , следует совершить i операций удаления, а чтобы получить строку длиной j из пустой, требуется произвести j операций вставки. В нетривиальном случае необходимо выбрать минимальную «стоимость» из трёх вариантов. Вставка/удаление будет в любом случае стоить одну операцию, а вот замена может не потребоваться, если символы равны — тогда шаг по обоим индексам бесплатный. Формализация этих рассуждений приводит к формуле, указанной выше.

Очевидно, справедливы следующие утверждения:

1. $d(S_1, S_2) \geq ||S_1| - |S_2||$
2. $d(S_1, S_2) \leq \max(|S_1|, |S_2|)$
3. $d(S_1, S_2) = 0 \Leftrightarrow S_1 = S_2$

Продолжая пример, построим матрицу преобразования Текст в Тост.

Изначально матрица выглядит, как показано в таблице 1

Таблица 1. Изначальное состояние матрицы

		Т	о	с	т
	0	1	2	3	4
Т	1				
е	2				
к	3				
с	4				
т	5				

Проставление значений в матрице происходит по следующей формуле:

$$a(i, j) = \min(a(i-1, j) + 1; a(i, j-1) + 1; a(i-1, j-1) + \text{if}(S[i] = S[j], 0, 1))$$

$\text{if}(S[i]=S[j],0,1)$ – возвращает 0, если буквы, стоящие в соответствующих позициях одинаковы, 1 если различаются.

Следовательно, чтобы получить значение элемента необходимо узнать значения его соседей сверху, снизу и по диагонали. Для элемента $a(1,1)$ получается:

$$a(1,1) = \min(a(0,1)+1; a(1,0)+1; a(0,0) + \text{if}(S[1]=S[1],0,1)),$$

$$a(1,1) = \min(2; 2; 0 + \text{if}(T=T, 0, 1)) = \min(2; 2; 0) = 0$$

$$a(1,2) = \min(a(0,2)+1; a(1,1)+1; a(0,1) + \text{if}(T=O,0,1)),$$

$$a(1,2) = \min(3; 1; 1 + \text{if}(T=O,0,1)) = \min(3; 1; 2) = 1$$

... и тд

В итоге получаем матрицу, значение элемента $a(n,m)$ которой равно расстоянию Левенштейна от $S_1 = \text{Тост}$ до $S_2 = \text{Текст}$.

Таблица 2. Заполненная матрица

		Т	о	с	т
	0	1	2	3	4
Т	1	0	1	2	3
е	2	1	1	2	3
к	3	2	2	2	3
с	4	3	3	2	3
т	5	4	4	3	2

Трудоёмкость алгоритма

Алгоритм в виде, описанном выше, требует $O(m*n)$ операций и такую же память. Если требуется только расстояние, легко уменьшить требуемую память до $O(\min(m,n))$.

Однако всё несколько усложняется, если требуется также найти редакционное предписание. В таком случае снижение использования памяти возможно только за счёт понижения производительности. Наиболее широко распространены следующие варианты ($n = \max(|S_1|, |S_2|)$):

- $O(n^2)$ времени и $O(n^2)$ памяти;

При вычислении редакционного расстояния хранятся все шаги, затем предписание восстанавливается явно, возвращаясь по сохранённым шагам.

- $O(n^3)$ времени и $O(n)$ памяти;

Хранится только две строки – текущая и предыдущая. Для восстановления предписания $O(n)$ раз идут до текущего элемента (после каждого раза его индекс уменьшается на $O(1)$).

- $O(n^2 \cdot \sqrt{n})$ времени и $O(n \cdot \sqrt{n})$ памяти.

Метод схож с предыдущим, только каждый раз хранятся полосы высотой $\lceil \sqrt{n} \rceil$, а индекс уменьшается на $O(\sqrt{n})$.

Реализация алгоритма на языке PL/SQL

CREATE OR REPLACE FUNCTION LD (

as_src_i IN VARCHAR2

, as_trg_i IN VARCHAR2)

RETURN NUMBER

DETERMINISTIC

AS

ln_src_len PLS_INTEGER := NVL(LENGTH(as_src_i), 0);

ln_trg_len PLS_INTEGER := NVL(LENGTH(as_trg_i), 0);

ln_hlen PLS_INTEGER;

ln_cost PLS_INTEGER;

TYPE t_numtbl IS TABLE OF PLS_INTEGER INDEX BY BINARY_INTEGER;

la_ldmatrix t_numtbl;

BEGIN

IF (ln_src_len = 0) THEN RETURN ln_trg_len;

ELSIF (ln_trg_len = 0) THEN RETURN ln_src_len;

```
END IF;

ln_hlen := ln_src_len + 1;
FOR h IN 0 .. ln_src_len
LOOP la_ldmatrix(h) := h;
END LOOP;

FOR v IN 0 .. ln_trg_len
LOOP la_ldmatrix(v * ln_hlen) := v;
END LOOP;

FOR h IN 1 .. ln_src_len
LOOP
FOR v IN 1 .. ln_trg_len
LOOP
IF (SUBSTR(as_src_i, h, 1) = SUBSTR(as_trg_i, v, 1))
THEN
ln_cost := 0;
ELSE
ln_cost := 1;
END IF;
la_ldmatrix(v * ln_hlen + h) :=
LEAST(
la_ldmatrix((v - 1) * ln_hlen + h) + 1
, la_ldmatrix(v * ln_hlen + h - 1) + 1
, la_ldmatrix((v - 1) * ln_hlen + h - 1) + ln_cost
)
;
END LOOP;
END LOOP;
RETURN la_ldmatrix(ln_trg_len * ln_hlen + ln_src_len);
END ld;
```

Заключение

Полученные в ходе программной реализации и тестирования рассмотренной функции Левенштейна $D(p, m)$ на различных базах данных результаты позволяют сделать выводы об оправданности применения расстояния Левенштейна в тех случаях, когда нужна грубая, но быстроедействующая категоризация, а также для устранения опечаток, когда данные содержат лишние или пропущенные символы. Наиболее приемлемые результаты алгоритм показал для устранения опечаток следующих трех наиболее распространенных типов:

1. Пропущенная буква.
2. Лишняя буква/символ.
3. Нарушенный порядок букв в слове («перепутанные» буквы).

Для поиска более точных различий между словами рекомендуется использовать другие алгоритмы, например N-Gram, расширенной выборки, дерева поиска и другие.

Литература:

1. Левенштейн В.И. Двоичные коды с исправлением выпадений, вставок и замещений символов. Докл. АН СССР, 1965, 163, 4, с. 845-848.
2. Web site of the Computer science department of Maryland University. Research on N-Grams in Information Retrieval. <http://www.cs.umbc.edu/ngram/>
3. А.В. Левитин. Алгоритмы: введение в разработку и анализ. «Вильямс», 2006. С. 392-398.
4. H. Shang, T.H. Merret. Tries for Approximate String Matching. In IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, volume 8(4), pages 540 – 547, 1996.

5. E. Ukkonen. Algorithms for approximate string matching. In Information and Control, volume (64), pages 100-118, 1985.
6. E. Ukkonen. Finding approximate patterns in strings, $O(k * n)$ time. In Journal of Algorithms volume 6, pages 132-137, 1985.
7. E. Ukkonen. Approximate String Matching with q- Grams and maximal matches. In Theoretical Computer Science, volume 92(1), pages 191-211, 1992.

Реализация алгоритма Metaphone для кириллических фамилий средствами языка PL/SQL

Карахтанов Д.С., аспирант
Университет Российской Академии образования

В статье описан пример собственной реализации алгоритма формирования ключа MetaPhone для кириллических фамилий средствами языка PL/SQL.

Ключевые слова база данных; фонетический алгоритм; Metaphone; Soundex; генерация ключа; ключ Metaphone; сравнение строк; поиск данных; индексирование слов; фонетическая классификация звуков.

Metaphone algorithm realization for cyrillic families by PL/SQL tools

Karakhtanov D. S., Post-graduate Student
The University of the Russian Academy of Education

Author described own Metaphone algorithm realization for Cyrillic families by PL/SQL tools.

Keyword database, Metaphone, Soundex, key generation, Metaphone key, string matching, phonetic algorithm, data search, word index; phonetic classification.

Ввод и обработка имен и фамилий представляют проблему для разработчиков баз данных. Длины фамилий (имен) могут быть различны, они не уникальны, их написание может быть необычным. Например, английские имена имеют множество этнических корней, поэтому некоторые из них произносятся одинаково, но пишутся по-разному, и наоборот.

Данная ситуация знакома всем, кто получает большое количество писем по электронной почте. Помимо фонетических ошибок, часто встречаются и ошибки в написании. В результате по одному адресу отправляется несколько копий документа.

Для решения указанных проблем были разработаны фонетические алгоритмы, определявшие схожие фамилии и имена.

В настоящее время получили широкое распространение фонетические алгоритмы Soundex и Metaphone, предназначенные для индексирования слов по их звучанию с учётом основных правил произношения, принятых в английском языке. При наличии функции преобразования, генерирующей общий хэш для похожих строк (ключ), процесс сравнения сводится к хэш-преобразованию эталонов и рабочих строк и их последующего строгого сравнения. Строки, которые имеют одинаковый хэш, считаются похожими. Алгоритмы достаточно просты в реализации, если не учитывать затраты на подбор подходящей функции преобразования.

Оригинальный алгоритм Soundex

Первый алгоритм Soundex был запатентован М. О'Делл и Р. С. Расселом в 1918 г. Он основан на фонетической классификации звуков по способу их произнесения.

Алгоритм очень прост и не требует ни возвратов, ни нескольких проходов одного слова.

Сам алгоритм описан ниже.

1. Все буквы в слове сделать заглавными. На каждом этапе при необходимости дополняйте слово справа пробелами.
2. Запомнить первую букву слова.
3. Удалить все вхождения после первой позиции букв: A, E, H, I, O, U, W, Y.
4. Выполнить преобразование букв в цифры следующим способом:
1 = B, F, P, V
2 = C, G, J, K, Q, S, X, Z
3 = D, T

4 = L

5 = M, N

6 = R

5. Удалить все последовательные пары двойных цифр из строки, полученной на четвертом этапе.

6. Дополнить полученную на пятом этапе строку нулями справа и вернуть первые четыре символа.

В соответствии с альтернативной версией алгоритма, буквы на третьем этапе превращаются в девятки и сохраняются. Этап 5 может быть разделен на два подэтапа: 5.1 удаляет дубликаты, а 5.2 удаляет все девятки и закрывает пробелы. В результате в строке результата могут появиться пары повторяющихся цифр. Данная версия более детализирована и лучше обрабатывает большие выборки фамилий.

Усовершенствованный алгоритм Soundex

Усовершенствованный алгоритм Soundex также обрабатывает исходную фамилию и возвращает код из четырех символов. Если оригинальный алгоритм включал только 26000 ($26 * 10 * 10 * 10$) групп кода, то модернизированный алгоритм содержит 456976 ($26 * 26 * 26 * 26$) данных групп. Большая степень детализации кода позволяет разделять фонетически близкие имена на меньшие группы, чем оригинальный алгоритм.

Алгоритм Metaphone

Данный алгоритм был разработан Лоренсом Филипсом в 1990 году в качестве альтернативы алгоритму Soundex, обладающему рядом недостатков. Алгоритм Metaphone более точен, чем Soundex, потому что использует больший набор правил английского произношения. В отличие от алгоритма Soundex, который генерирует ключи с фиксированной длиной, алгоритм Metaphone после преобразования формирует ключи переменной длины. Из схожих по звучанию слов получаются одинаковые ключи.

Алгоритм Метафон (Metaphone) фонетически кодирует слова путем уменьшения их до 16 согласных звуков: B, X, S, K, J, T, F, H, L, M, N, P, R, O, W, Y. Ноль представляет звук «th»; X представляет «sh».

Процедура:

1. Удалить вторую из двойных букв, за исключением C.
2. Если слово начинается с KN, GN, PN, AE, WR, удалить первую букву.
3. Удалить B в конце слова после M.
4. $C \rightarrow X$ в CIA или CH; $C \rightarrow S$ в CI, CE или CY; $C \rightarrow K$ в противном случае.
5. $D \rightarrow J$ в DGE, DGY или DGI; $D \rightarrow T$ в противном случае.
6. Удалить G в GH и если не в конце или перед гласным в GN или GNED; $G \rightarrow J$ перед I или E или Y если не двойная GG; $G \rightarrow K$ в противном случае.
7. Удалить H после гласной и если следующая буква не гласная.
8. Удалить K после C.
9. $P \rightarrow F$ в PH.
10. $Q \rightarrow K$.
11. $S \rightarrow X$ в SH или SIO или SIA.
12. $T \rightarrow X$ в TIA или TIO; $T \rightarrow O$ в TH; T удаляется в TCH.
13. $V \rightarrow F$.
14. Если слово начинается с WH, удалить H; удалить W если следующая буква не гласная.
15. Если слово начинается с X, тогда $X \rightarrow S$; $X \rightarrow KS$ в противном случае.
16. Удалить Y если следующая буква не гласная.
17. $Z \rightarrow S$.
18. Если гласные находятся в начале слова, они не удаляются.
19. Во всех остальных случаях буквы не меняются.

Примеры

1. ALEXANDRE \rightarrow ALEKSANTRE \rightarrow ALKSNTNR
2. ALEKSANDER \rightarrow ALEKSANTER \rightarrow ALKSNTNR

Алгоритм фонетической похожести (Metaphone).

Задавшись целью разработать подобный алгоритм для русского языка, для начала рассмотрим тестовую базу данных, сформированную, например, на основе клиентской базы крупной кредитной организации выпишем из нее «сомнительные» фамилии.

На первых же записях были обнаружены фамилии: *Ааб, Абаза, Абоймова, Ахмадова* и *Африкантов*, которые на слух вряд ли можно сразу напечатать верно. Дальше следуют не менее интересные фамилии — после *Вегнера, Вагнера, Вайгеля, Вайгульта, Вайлера, Вайлерта, Ваймана, Вайнера, Вайсборда* и *Вайшутца* встретились: *Седьуров, Кинъябулатова, Объедугин, Подъём, Подъёма, Подъёмов, Явъяковская, Гъртанова, Покинъ-Черета* и *Матъешайтис*. Среди не слишком благозвучных фамилий *Аръяхова, Пукась, Дрынь, Дубс, Ниций, Нахрынова* и *Нафикова* попался великолепный, на взгляд автора, *Объедько*. Собственно фамилия *Карахтанов* коверкалась сотней разных способов при заполнении анкет, медицинских карт, пропусков и прочих документов и может пополнить этот список. Так же можно выделить группу условно-ошибочных: *Неъмонов, Маъбудов, Маъдиев, Маъруфов, Маъсумиоев*, то есть те фамилии, о которых без дополнительной проверки не представляется возможным сказать, существуют они или это опечатка.

Итак, вначале мы теоретически рассмотрим разные преобразования букв фамилий. С помощью программы перевести фамилии в традиционную фонетическую запись весьма сложно, так как ударение в тексте не обозначается, и некоторые буквосочетания произносятся по-разному в разных диалектах и людьми разных поколений. Но и не в этом наша задача, а в том, чтобы на практике находить один ключ для похожих фамилий. Поэтому ключ RuMetaPhone отличается от фонетической записи (*Майя Серебрянникова*: и МАЙАСИРИБРАНИК9), но в целом преобразования соответствуют русской фонетике и графике:

1. Гласные. Разница между *Вагнером* и *Вегнером* явно не меньше, чем между *Вайгелем* и *Вайгультом*, а англоязычные алгоритмы её не учитывают. Лучше не убирать гласные, а превращать их в те, что слышатся на их месте в безударном слоге: *О* в *А*, *Е* в *И* и т.п. Так и делает RuMetaPhone, преобразуя *Зицер* и *Зицир* в *Зицир* (здесь и далее верны первые написания фамилий). Сложность здесь в том, что в многосложном слове невозможно без словаря определить ударение, и ударные гласные тоже будут преобразованы: *Козлов* в *Казлав*. Но разные распространенные фамилии не будут преобразованы в одну, и этот недостаток можно проигнорировать. Вот ряд, согласно которому RuMetaPhone объединяет похожие гласные:

Таблица 1 Сопоставление гласных

Исходные символы	Конечный символ
<i>О, Ы, А, Я</i>	<i>А</i>
<i>Ю, У</i>	<i>У</i>
<i>Е, Ё, Э, И</i>	<i>И</i>

Казалось бы, примитивная схема, но она верно распознаёт довольно сложные похожие фамилии *Бауэр* и *Бауер* (оба написания верные), создавая для них ключ *Бауир*.

2. Оглушение согласных в слабой позиции («сомнительный» согласный). Например, *лаг* и *лак* звучат одинаково и имеют один ключ *ЛАК*. Звонкие согласные превращаются в глухие перед другими согласными и в конце слова.

Алгоритм: в первую позицию строки записывается пробел, и далее строка, начиная со второго символа, сканируется на наличие согласной в текущем и предыдущем символе. Найденный звонкий согласный заменяется соответствующим глухим. До основного цикла мы проверяем последний символ строки и также оглушаем его при необходимости. Пример: *Гудз* и *Гутс* переходят в *Гутс*, *Гефт* и *Гевт* — в *Гефт*, *Бовт* и *Бофт* — в *Бофт*.

Особенность: алгоритм не оглушает согласные до сонорных звуков (*м, н, л*): ключи для фамилий *Готлиб* и *Годлиб* будут отличаться. Обычно согласные до сонорных слышны чётко: *зло, блага, обнимать* (для сравнения *здесь, обточить*). Если это нужно, вы можете исправить строку поиска `spn3$`, заставив функцию производить и это преобразование.

3. Исключение повторяющихся символов. Здесь всё просто — *Бопп* может по ошибке быть написан с одной *П*, а *Метревели* многие напишут как *Метревелли* (по аналогии с *Растрелли*). Для этих фамилий будут созданы одинаковые ключи с одной повторяющейся буквой, и они будут найдены вне зависимости от написания.

Заметим, что, выполняя оглушение до исключения повторов, можно без лишних усилий генерировать тот же ключ для *Шмидт* и *Шмит* и подобных фамилий, так как *Шмидт* будет сначала преобразована в *Шмитт*, затем будет удалён повторяющийся *Т*, и получится *Шмит*.

4. Сжатие окончаний. Типичные концовки фамилий заменяются спецсимволами и цифрами, например, *Раневская* превратится в *РАН%*. Это экономит место на хранение, ликвидирует ненужные преобразования окончаний, сокращая время работы алгоритма. Пример: вместо того, чтобы менять окончание —*ова* на —*ава* в фамилиях *Огольцова* и *Агальцова* (здесь верны оба написания), RuMetaPhone преобразует только основу и создаёт для обеих фамилий ключ *АГАЛЦ9*.

Схожие окончания преобразуются в один спецсимвол, например, *Грицюк* и *Грицук*, как и *Грецук*, дадут *ГРИЦ0*.

5. Исключение Ъ, Ь и дефиса между частями двойной фамилии. Твёрдый знак редко встречается в фамилиях, а мягкий ставят по ошибке на конце фамилии вроде *Гусарьф* или не ставят в *Оганьян*. Дефис иногда также может быть

поставлен неверно. Проще всего убрать эти знаки вообще, и они будут игнорироваться при сравнении ключей.

А вот и пример работы с этой функцией:

```
SELECT dbo.MetaPhoneRu ('Трицук')
UNION ALL
SELECT dbo.MetaPhoneRu ('Трицук')
UNION ALL
SELECT dbo.MetaPhoneRu ('Трецуk')
UNION ALL
SELECT dbo.MetaPhoneRu ('Аввакумов')
UNION ALL
SELECT dbo.MetaPhoneRu ('Авакумов')
UNION ALL
SELECT dbo.MetaPhoneRu ('Авакуумов')
```

Результат:

```
ГРИЦО
ГРИЦО
ГРИЦО
АВАКУМ4
АВАКУМ4
АВАКУМ4
(6 row(s) affected)
```

Функция MetaPhone

IF exists (SELECT * from dbo.sysobjects where id =
object_id(N'[dbo].[MetaPhoneRu]') and xtype in (N'FN', N'IF', N'TF'))

```
drop function [dbo].[MetaPhoneRu]
GO
CREATE FUNCTION dbo.MetaPhoneRu (@W varchar(4000))
```

```
RETURNS varchar(4000)
AS
BEGIN
```

```
DECLARE @alf varchar(4000), @cns1 varchar(4000), @cns2 varchar(4000), @cns3  
varchar(4000), @ch varchar(4000), @ct varchar(4000)
```

```
SET @alf = 'ОЕАИУЭЮЯПСТРКЛМНБВГДЖЗЙФХЦЧШЩЁЫ'  
SET @cns1 = 'БЗДВГ'  
SET @cns2 = 'ПСТФК'  
SET @cns3 = 'ПСТКБВГДЖЗФХЦЧШЩ'  
SET @ch = 'ОЮЕЭЯЁЫ'  
SET @ct = 'АУИИАИА'
```

```
-- @alf — алфавит кроме исключаемых букв,  
-- @cns1 и @cns2 — звонкие и глухие согласные,  
-- @cns3 — согласные, перед которыми звонкие оглушаются,  
-- @ch, @ct — образец и замена гласных
```

```
DECLARE @S varchar(4000), @V varchar(4000), @i int, @B int, @c char(1), @old_c char(1)
```

```
-- @S, @V — промежуточные строки, @i-счётчик цикла,  
-- @B — позиция найденного элемента, @c — текущий символ
```

```
SET @W = UPPER(@W)
```

```
SET @S = ''
```

```
SET @V = ''
```

```
SET @i = 1
```

```
WHILE @i <= LEN(@W)
BEGIN
SET @c = SUBSTRING(@W, @i, 1)
IF CHARINDEX(@c, @alf) > 0 SET @S = @S + @c
SET @i = @i + 1
END
```

```
IF LEN(@S) = 0 RETURN ''
```

```
-- Заменяем окончания
```

```
IF LEN(@S) > 6
SET @S = LEFT(@S, LEN(@S) - 6) +
```

```
CASE RIGHT(@S, 6)
WHEN 'ОВСКИЙ' THEN '@'
WHEN 'ЕВСКИЙ' THEN '#'
WHEN 'ОВСКАЯ' THEN '$'
WHEN 'ЕВСКАЯ' THEN '%'
ELSE RIGHT(@S, 6)
END
IF LEN(@S) > 4
SET @S = LEFT(@S, LEN(@S) - 4) +
```

```
CASE RIGHT(@S, 4)
WHEN 'ИЕВА' THEN '9'
WHEN 'ЕЕВА' THEN '9'
ELSE RIGHT(@S, 4)
END
```

```
IF LEN(@S) > 3
SET @S = LEFT(@S, LEN(@S) - 3) +
CASE RIGHT(@S, 3)
WHEN 'ОВА' THEN '9'
WHEN 'ЕВА' THEN '9'
WHEN 'ИНА' THEN '1'
WHEN 'ИЕВ' THEN '4'
WHEN 'ЕЕВ' THEN '4'
WHEN 'НКО' THEN '3'
ELSE RIGHT(@S, 3)
END
```

```
IF LEN(@S) > 2
SET @S = LEFT(@S, LEN(@S) - 2) +
CASE RIGHT(@S, 2)
WHEN 'ОВ' THEN '4'
WHEN 'ЕВ' THEN '4'
WHEN 'АЯ' THEN '6'
WHEN 'ИЙ' THEN '7'
WHEN 'ЫЙ' THEN '7'
WHEN 'ЫХ' THEN '5'
WHEN 'ИХ' THEN '5'
WHEN 'ИН' THEN '8'
WHEN 'ИК' THEN '2'
WHEN 'ЕК' THEN '2'
WHEN 'УК' THEN '0'
WHEN 'ЮК' THEN '0'
ELSE RIGHT(@S, 2)
```

```

END
-- Оглушаем последний символ, если он — звонкий согласный:
SET @B = CHARINDEX(RIGHT(@S, 1), @cns1)
IF @B > 0
SET @S = LEFT(@S, LEN(@S)-1) + SUBSTRING(@cns2, @B, 1)
SET @old_c = ''
SET @i = 1
WHILE @i <= LEN(@S)
BEGIN
SET @c = SUBSTRING(@S, @i, 1)
SET @B = CHARINDEX(@c, @ch)
IF @B > 0
BEGIN
IF @old_c = 'Й' OR @old_c = 'И'
BEGIN
IF @c = 'О' OR @c = 'Е'
BEGIN
SET @old_c = 'И'
SET @S = LEFT(@S, LEN(@S)-1) + @old_c
END
ELSE
IF @c <> @old_c SET @V = @V + SUBSTRING(@ct, @B, 1)
END
ELSE
BEGIN
IF @c <> @old_c SET @V = @V + SUBSTRING(@ct, @B, 1)
END
END
ELSE
BEGIN
IF @c <> @old_c
AND CHARINDEX(@c, @cns3) > 0
BEGIN
SET @B = CHARINDEX(@old_c, @cns1)
IF @B > 0
BEGIN
SET @old_c = SUBSTRING(@cns2, @B, 1)
SET @V = LEFT(@V, LEN(@V)-1) + @old_c
END
END
IF @c <> @old_c SET @V = @V + @c
END
SET @old_c = @c
SET @i = @i + 1
END
RETURN (@V)
END
GO

```

Заключение

В настоящее время высококачественные фонетические алгоритмы для русского языка только проходят стадию внедрения и адаптации под требования корпоративных стандартов.

Предложенный вариант программной реализации алгоритма MetaPhone позволяет организовать поиск в базе данных схожих по звучанию слов, в частности, довольно быстро и правильно обрабатывать большинство русских фамилий (оптимизирован непосредственно для русских фамилий). Применение данной реализации позволит существенно

облегчить решение бизнес-задач, связанных с обработкой персональных данных клиентов, а также максимально исключить влияние искажений информации, связанных с ошибками операторского ввода.

Литература:

1. Буч Г., Максимчук Р.А., Энгл М.У., Янг Б. Дж., Коналлен Д., Хьюстон К.А. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений. — М.: Вильямс, 2008, — 720 с.
2. Виейра Р. Программирование баз данных Microsoft SQL Server 2008. Базовый курс. — Киев.: Диалектика, 2009, — 816 с.
3. Вирт Н. Алгоритмы и структуры данных. — М.: ДМК Пресс, 2010, — 272 с.
4. Гагарина Л. Г., Колдаев В. Д. Алгоритмы и структуры данных. — М.: Инфра-М, 2009, — 304 с.
5. Гасанов Э.Э., Кудрявцев В.Б. Теория хранения и поиска информации. М.: Физматлит, 2002, — 156 с.

Использование байесового сетевого подхода для управления транспортным потоком

Кузнецов А.В, аспирант; Карахтанов Д.С., аспирант
Университет Российской Академии образования

В статье рассмотрен алгоритм построения Байесовой сети, на основании которой в дальнейшем предполагается управлять транспортным потоком.

Using bayesian network approach to highway traffic management

To control traffic flow Bayesian network consists of nodes and directional causality between variables. Each node has a finite set of mutually exclusive states. Directed edges represent the causal relationship between variables. Tops and directed bonds form a directed graph without cycles.

В настоящее время развитие транспортной сети и увеличение количества автомобилей сделало актуальной задачу создания автоматизированной системы дорожного движения (АСУ ДД), которая бы осуществляла функции контроля дорожной ситуации и управления транспортным потоком. В решения этой задачи для мониторинга состояний и свойств сложных объектов непрерывном изучении свойств и характеристик этих объектов путем обобщения прошлого опыта работы и вновь поступающей информации с позиций измерительного подхода, принципиальную основу которого составляет метрологическое обоснование получаемых решений в данной работе предлагается использование байесового сетевого подхода. Новые знания, получаемые в ходе такого измерительного процесса, объединяются с массивами прошлых и служат априорной информацией для будущих экспериментов мониторинга. Байесова сеть для управления транспортным потоком состоит из вершин и направленных причинно-следственных связей между переменными. Каждая вершина имеет конечное множество взаимоисключающих состояний. Направленные рёбра отражают причинно-следственную связь между переменными. Вершины и направленные связи образуют ориентированный граф без циклов. Для каждой переменной A с родителями B_1, \dots, B_n задаётся таблица условных вероятностей $P(A|B_1, \dots, B_n)$,

численно выражающая причинную связь между ними. На рис. 1 показан пример байесовой сети.

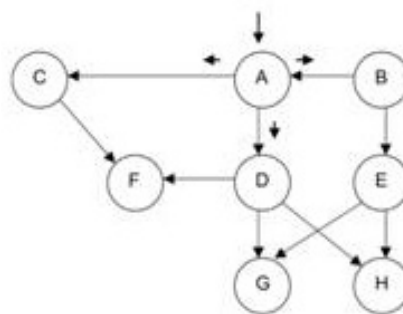


Рис. 1. Байесова сеть

Допустим, что U — пространство переменных. Предположим, что мы имеем беспрепятственный доступ к $P(U)$, объединённой таблице вероятностей, тогда распределение вероятностей $P(A)$ для любой переменной A из U можно легко вычислить при помощи маргинализации.

$$P(A) = \sum_{U \setminus \{A\}} P(U) \quad (1)$$

Байесова сеть на U — это более компактное представление $P(U)$, т.е., это способ хранения информации, исходя из которой, при необходимости можно вычислить

$P(U)$. Допустим, что BN — Байесова сеть на основе $U = \{A_1, \dots, A_n\}$. Если условные независимости в BN действительны и для U , тогда $P(U)$ является результатом произведения всех условных вероятностей, заданных в BN [14].

$$P(U) = \prod_i P(A_i | pa(A_i)) \quad (2)$$

где $pa(A_i)$ — это родительский комплект A_i , а $pa(A_i) \cap U$ — наше априорное знание об A_i в U .

Допустим, что A — переменная в U с n состояниями. Вывод f по A — это n -мерная таблица нулей и единиц. Способ введения f в BN можно представить как перемножение $Pa(A)$ с таблицей f , в результате чего получается $Pa(A, e)$, где e — это свидетельство того, что в вершине произошло некоторое событие.

Используя уравнение (1) и обновлённое распределение вероятностей $P(U|e)$, можно вычислить апостериорное распределение вероятностей любой переменной A в U , $P(A|e)$.

Для построения таблицы условных вероятностей байесовой сети, сеть делится на несколько кластеров, которые содержат пары узлов родитель-дочка. В каждом кластере

узлов из каждого элемента знания, касающегося взаимоотношений между определённым параметром дорожного движения и событиями, относящимися к состоянию движения, составляются субъективные правила движения. Наконец, этим правилам присваиваются численные значения, и они преобразуются в элементы таблицы условной вероятности, которые прикрепляются к узлам данного кластера. Важным моментом в управлении потоком является выбор пороговых значений параметров дорожного движения (интенсивности движения, заполненность определённого пространства и скорость). Пороговые величины используются для определения состояний параметров дорожного движения.

Прозрачность байесовой сети обеспечивает полный доступ к её таблицам условных вероятностей. Путём обновления определённых элементов байесовой сети можно на любой стадии эффективно учесть любые изменения условий дорожного движения. Эта особенность может рассматриваться как субъективное обучение сети, а выбор пороговых величин параметров дорожного движения как субъективная оценка конкретных обстоятельств дорожного движения.

Литература:

1. Woolley, J.E., Taylor, M.A.P., Zito, R., 2001. Modelling of the Southern Expressway using Paramics microsimulation software. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* 4 (4), 279–295.
2. Zhang, K., Taylor, M.A.P., 2002. Automated incident detection — Bayesian networks approach. In: *Proceedings of the 24th Conference of Australian Institutes of Transport Research*, Sydney.
3. Zhang, K., Taylor, M.A.P., 2004. Incident detection on freeways: a Bayesian network approach. In: *Proceedings of the 27th Australasian Transport Research Forum*, Adelaide.
4. Thomas, K., Dia, H., Cottman, N., 2001. Simulation of arterial incident detection using neural networks. In: *8th World Congress on ITS*, Sydney.
5. Woolley, J., Dyson, C., Taylor, M.A.P., 2001. Evaluation of a South Australian 40 km/h urban speed limit. *Transport Engineering in Australia* 7 (1–2).
6. Yuan, F., Cheu, R.L., 2003. Incident detection using support vector machines. *Transportation Research C* 11, 309–328.

Компьютерная адаптивная обучающая система для диагностики обученности студентов

Ракова О.А., кандидат педагогических наук, доцент; Шорников А.П., студент

Димитровградский институт технологии, управления и дизайна (филиал) Ульяновского государственного технического университета (г. Димитровград)

Проблема подготовки кадров высшей квалификации в области информационных технологий в настоящее время уделяется особое внимание. При сохранении времени, отведенного на занятия, увеличивается объем информации, который должны усвоить студенты. Возрастает интенсивность занятий, которая в свою очередь, оказывает влияние и на систему образования, и, в частности, на систему преподавания технических дисциплин. Перед преподавателем возникает проблема, состоящая в

противоречии между большим объемом информации, которую необходимо передать студенту, и ограниченностью во времени занятий, ограниченностью доступной литературы, способностью студентов к восприятию этой информации.

В настоящее время при обучении широко используются компьютерные технологии. Одним из самых главных преимуществ использования информационных технологий в учебном процессе является возможность ин-

дивидуализации обучения. Качественное преподавание характеризуется эффективным использованием таких педагогических средств воспитания, обучения и развития, которые адекватны индивидуальным особенностям учащихся и позволяют достигнуть поставленных образовательных целей. Ценность индивидуального подхода в том, что он основан на уважении личности обучающегося и дает возможность достигать принципиально более высокого уровня развития при обучении. Образование при использовании информационных технологий приобретает персонифицированный, ориентированный характер. Обучающийся становится основным, если не единственным субъектом образовательного процесса, а его главным элементом — не только знание, но и информация [1].

Наблюдения и специальные исследования показали, что предоставление обучающимся возможности самостоятельно управлять ходом учебного процесса оказывает положительное влияние на мотивацию и способствует лучшему усвоению материала.

В настоящее время, для интенсификации учебного процесса появляется много отдельных тестирующих и обучающих программ, а также разработаны различные оболочки, которые могут быть использованы для интеграции уже готовых курсов в единую систему, которая обеспечивает работу с электронной почтой, организацию дебатов/форумов/чата и т.д. Но, к сожалению, одним из недостатков этих систем является то, что они не позволяют организовать индивидуализацию, адаптацию к студенту, что значительно снижает эффективность обучения и, следовательно, качество программы. Этот недостаток устранен в компьютерных адаптивных системах обучения (КАСО). На наш взгляд, именно КАСО в той или иной степени учитывая индивидуальные особенности учащихся, предоставляют каждому из них возможность наиболее быстро и качественно получить новые знания. Такие системы могут эффективно использоваться как для проведения дистанционного обучения, так и для интеграции в традиционный (очный) учебный процесс.

Согласно определению Н.П. Капустина, *адаптивной* (от позднелатинского *adaptatio* — приспособление) называется «образовательная система, способная каждому ученику помочь достичь оптимального уровня интеллектуального развития в соответствии с его природными задатками и способностями. Обладая такими свойствами, как гибкость, полиструктурность, открытость, адаптивная образовательная система выводит обучаемого на более высокий потенциально возможный уровень развития, приспособлявая (адаптируя) его к своим требованиям» [2]. Таким образом, адаптивность — это свойство системы приспособляться к действиям пользователя, т.е. система изменяет свои параметры и структуру в зависимости от работы пользователя. В соответствии с классификацией, предложенной П.Л. Брусиловским [3], технологии адаптации делятся на две категории: во-первых, это адаптивное планирование обучения, во-вторых, — адаптивное представление информации и адаптивная навигация. В

работе Л.В. Зайцевой [4] рассмотрены уровни адаптации в обучающих системах:

- адаптация к студентам как категории пользователей;
- адаптация к группе студентов;
- адаптация к отдельному студенту.

Первый уровень адаптации предусматривает адаптацию к каждой категории пользователей компьютерной системы обучения в зависимости от их потребностей и обычно реализуется созданием специального интерфейса для каждого класса пользователей. Такой подход характерен для любых компьютерных систем. В интеллектуальных обучающих системах учащемуся необходимо предоставить следующие возможности: обучение, проверка знаний, упражнения, помощь и справочная информация, вопросы преподавателю, конференции, студенческие форумы, электронные методические пособия, ввод комментариев по ходу занятия и др.

Адаптация к группе студентов обеспечивает адаптацию в зависимости от выбранной специальности, образовательной программы, возраста и психологической направленности личности. Этот уровень адаптации базируется, в первую очередь, на решении двух основных вопросов дидактики: «чему учить?» и «как учить?». Ответ на первый вопрос определяет цели обучения, т.е. объем необходимых знаний, умений и навыков и степень их освоения. Решение второго вопроса дидактики («как учить?») обуславливает выбор методов обучения, наиболее подходящих для группы учащихся, а также способов представления информации [4]. На выбор методов обучения и способов представления информации влияют как возраст обучаемого, так и его психологическая направленность личности (ориентация на себя, на задачу, на взаимодействие).

На третьем уровне достигается максимальная степень адаптации к учащемуся, т.к. он основан на учете личностных характеристик студента, его предшествующих и текущих знаний, умений и навыков, опыта, способностей и т.п. Именно этот уровень адаптации используется в разработанной нами КАСО.

Как известно, существует три основных вида адаптации: начальная, текущая и рубежная [5].

С помощью начальной адаптации можно установить психологические характеристики и общий уровень подготовленности обучаемого, которые в последствие помогут определить подходящие комментарии, пояснения и т.д. Рубежная адаптация выполняется по результатам выполнения конкретного этапа работы с системой. Текущая адаптация даёт возможность определить сценарий обучения для каждого студента, основываясь на его работу с системой. Очевидно, что этот вид адаптации позволяет достичь максимальной индивидуализации процесса обучения.

Так как все программные средства обучения, в первую очередь, служат задачам педагогики, то они должны подчиняться дидактическим закономерностям процесса познания. Современные требования к интеллектуальным обучающим системам с очевидностью доказывают необходимость включения в их состав модели обучаемого,

имеющей в своей архитектуре не только познавательный, но и психофизиологический компонент.

Гипотетически для каждого обучаемого существует свой оптимальный набор методических воздействий, способствующих наиболее эффективной познавательной деятельности. Важной задачей любой интеллектуальной обучающей системы является выявление различий в восприятии, формировании представлений и усвоении знаний студентами, которые позволят наиболее эффективно управлять процессом обучения.

На основе выявленных различий осуществляется настройка сценария обучения, параметрами которого будут являться:

- стиль презентации учебного материала;
- стиль освоения материала (от общего к частному или от частного к общему);
- стиль помощи;
- формулировка заданий;
- подсказки и наводящие вопросы;
- длительность порций учебного материала;
- длительность сеансов тестирования;
- время окончания учебного сеанса;
- время предъявления контрольных заданий;
- время, отводимое обучаемому на решение задачи.[6]

Информационной базой для принятия решения о педагогических воздействиях является модель обучаемого (МО). Она содержит достаточно полную информацию об обучаемом: уровень его знаний, умений и навыков; способность к обучению; способность выполнения заданий (умеет ли он использовать полученную информацию); уровень мотивации и другие параметры. Модель студента динамична, т.е. изменяется в процессе прохождения курса, в ходе работы с системой. Главное ее назначение: хранение информации об обучаемом; отбор и анализ необходимых данных для последующей адаптации системы; оценка уровня знаний обучаемого.

Таким образом, МО в общем случае, хотя и необязательно, является вектором $M = \{M_1, M_2, M_3, \dots, M_n\}$ и может включать следующие компоненты, как правило, векторы: M_1 — предыстория обучения; M_2 — результаты текущей работы с курсом (тип выполненных заданий, время выполнения заданий и т.д.); M_3 — личностные психологические характеристики (тип и направленность личности, мотивация, репрезентативная система, способность к обучению, уровень беспокойства-тревоги, особенности памяти и др.); M_4 — опыт работы с компьютерной системой; M_5 — общий уровень подготовленности и др. [7]

Для построения первоначальной МО в КАСО каждый студент-первокурсник должен пройти входное анкетирование. Анкета состоит из четырех основных блоков:

1. Вопросы общего характера для исследования контингента студентов, регистрируемых в КАСО, среди которых: наименование учебной группы; пол; состав семьи, средний доход на члена семьи, образование родителей, место жительства до поступления в вуз; последнее учебное

заведение, которое окончил студент до поступления в вуз; наличие медали за отличную учебу в школе.

2. Вопросы, касающиеся знаний по дисциплине «Информатика», полученных в школе, такие как: изучалась ли в школе дисциплина «Информатика»; класс и технические характеристики ЭВМ, использовавшихся при изучении дисциплины «Информатика»; язык программирования, который изучали в школе.

3. Вопросы, характеризующие общий уровень подготовленности студентов к использованию в учебном процессе информационных технологий, среди которых: каким программным обеспечением владеете и уровень владения; какими языками программирования владеете и уровень владения; есть ли постоянный доступ к персональным компьютерам, если есть, то где (дома, у друзей, в Интернет-клубе, на работе у родителей, др.); наличие доступа к Интернет; какими носителями для переноса информации располагаете (см. рисунок 1)

4. Психофизиологический компонент (ПФК).

Вопросы первой части позволяют получить представление о социальном составе студентов, выяснить, где студенты получили полное общее среднее образование. Ответы на вопросы второй части дают представления о том, как изучалась информатика в школе и каким может быть средний уровень подготовки студентов в области информатики. Третий блок вопросов дает оценку технической базы, которой располагают студенты. Эта оценка важна для определения возможности самостоятельной работы студентов с учебными материалами по изучаемым дисциплинам. Четвертый блок — ПФК — включает минимально необходимый набор базовых характеристик, которые позволяют дифференцировать пользователей по ограниченному набору свойств, связанному с восприятием и переработкой учебной информации: мотивация к учению, работоспособность, восприятие информации, усидчивость.

Разработанное входное анкетирование позволяет получить первоначальную информацию об обучаемом, которая ложится в основу его индивидуальной модели. В процессе прохождения курса модель обучаемого изменяется и дополняется.

Построенная нами компьютерная адаптивная система обучения выполняет следующие задачи и функции:

- создание и обслуживание модели структуры ВУЗа, включающей схемы кафедра-преподаватель с одной стороны и специальность-поток-студент с другой;
- организация учебного плана;
- поддержка механизма аутентификации пользователей системы: студентов и преподавателей, — с помощью паролей;
- проведение входного анкетирования студента для построения его модели;
- определение показателей обученности студента с помощью регулярного промежуточного тестирования.

Взаимодействие пользователей: студентов, преподавателей и администратора, — осуществляется посредством соответствующих, одноименных модулей.

Модуль «Администратор» выполняет следующие функции:

— Обслуживание структуры ВУЗа: создание элементов, редактирование параметров и удаление. В качестве элементов выделены следующие атрибуты учебного процесса:

- Дисциплины (самостоятельны, к ним посредством учебного плана привязаны специальности, потоки и преподаватель);
- Кафедры (самостоятельны);
- Преподаватели (принадлежат кафедре, по основной ставке);
- Специальности (самостоятельны);
- Потоки — год поступления (принадлежат специальности);
- Студенты (принадлежат потоку).

— Обслуживание записей учебного плана (см. рисунок 1).

Каждая запись в плане состоит из следующих полей:

- Дисциплина;
- Семестр;
- Специальность;
- Преподаватель.

— Управление информацией для авторизации студентов и преподавателей. Аутентификация осуществляется посредством паролей. С помощью модуля «Администратор» выполняются следующие задачи:

- Надежная шифровка паролей для хранения в БД;
- Задание пароля для каждого пользователя путем прямого ввода;
- Массовая генерация паролей для отмеченных пользователей, с выводом результатов генерации в электронной таблице Excel.

Модуль «Студент» выполняет следующие функции:

— Авторизация студента для работы с системой;

— Проведение входного анкетирования для построения модели студента. Среди вопросов анкеты выделяются следующие разделы:

- Вопросы общего характера (пол, возраст, состав семьи и т.д.);
- Вопросы, касающиеся знаний по дисциплине «Информатика», полученных в школе;
- Вопросы, характеризующие общий уровень подготовленности к использованию в учебном процессе информационных технологий.

— Диагностика мотивации учения по разработанной методике;

— Проведение промежуточного тестирования по всем поддерживаемым дисциплинам для диагностики текущей обученности (см. рисунок 2).

Модуль «Преподаватель» выполняет следующие функции:

— Авторизация преподавателя для фильтрации выводимой информации о дисциплинах, потоках и студентах;

— Обслуживание структуры дисциплины «лекция — тест».

— Визуальное представление модели отдельного студента, что помогает преподавателю формировать индивидуальный сценарий обучения (см. рисунок 3);

— Вывод требуемой информации о выбранном потоке студентов как в табличном, так и графическом видах с помощью диаграмм (см. рисунок 4). Это поможет преподавателю оценить степень усвоения конкретной темы лекционного курса и сделать необходимые корректирующие воздействия на программу обучения (см. рисунок 5).

Созданная КАСО была внедрена на кафедре и информационных технологий ДИТУД и апробирована преподавателями кафедры и студентами специальности «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем».

Все студенты, участвовавшие в эксперименте, были занесены в базу данных, и для них были сгенерированы индивидуальные пароли. В результате прохождения входного анкетирования для каждого зарегистрированного

Дисциплина	Семестр	Специальность	Преподаватель
Информатика	1, курс 1, осень	23010565, ВТ	Павлова Татьяна Николаевна
Методы оптимизации	4, курс 2, весна	23010565, ВТ	Ракова Оксана Анатольевна
Алгоритмические языки и програм...	1, курс 1, осень	23010565, ВТ	Павлова Татьяна Николаевна
Технология разработки программ...	8, курс 4, весна	23010565, ВТ	Нестеркин Владимир Николаевич
Технология разработки программ...	7, курс 4, осень	23010565, ВТ	Нестеркин Владимир Николаевич
Информатика	1, курс 1, осень	26090265, КШ	Павлова Татьяна Николаевна
Структуры и алгоритмы обработки ...	3, курс 2, осень	23010565, ВТ	Нестеркин Владимир Николаевич
Структуры и алгоритмы обработки ...	4, курс 2, весна	23010565, ВТ	Нестеркин Владимир Николаевич

Рис. 1. Учебный план

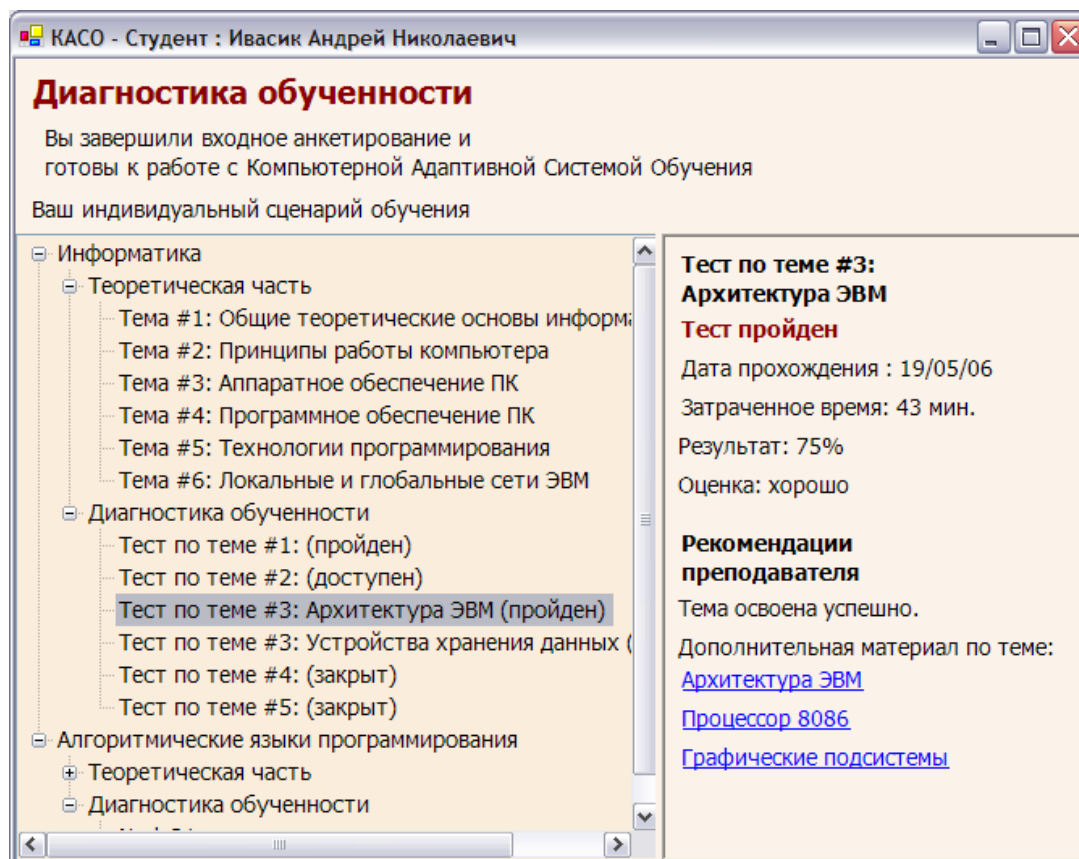


Рис. 2. Результаты тестирования и рекомендации преподавателя

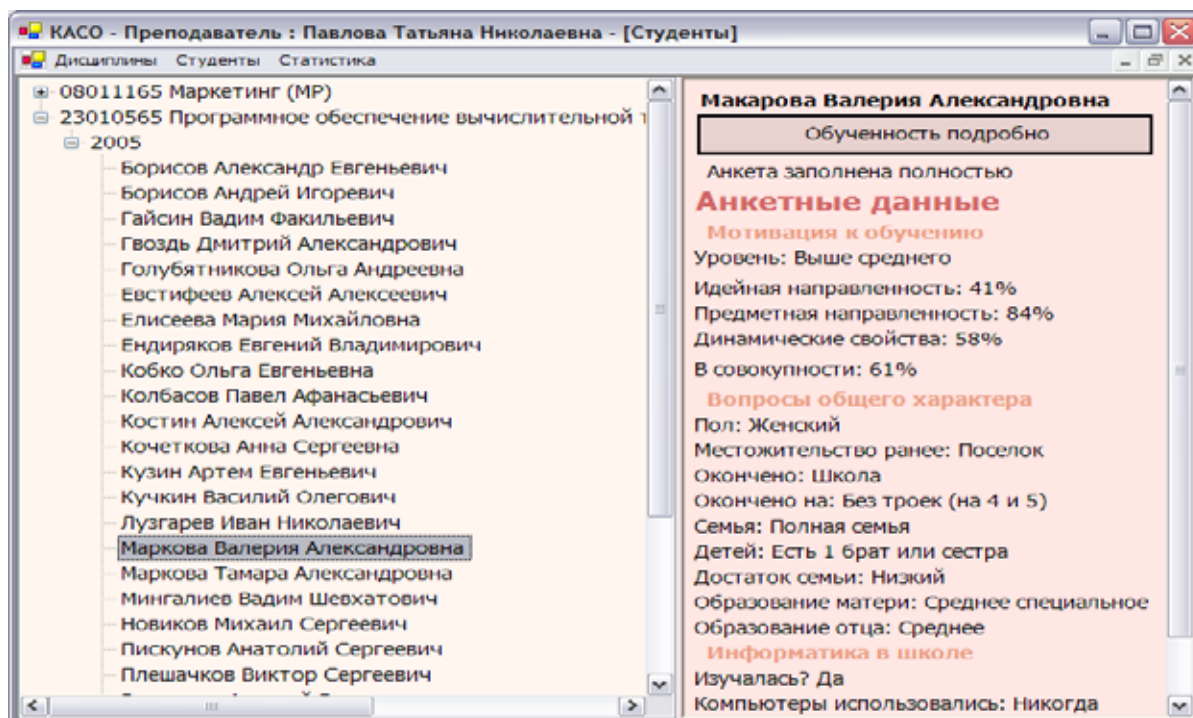


Рис. 3. Построенная модель студента

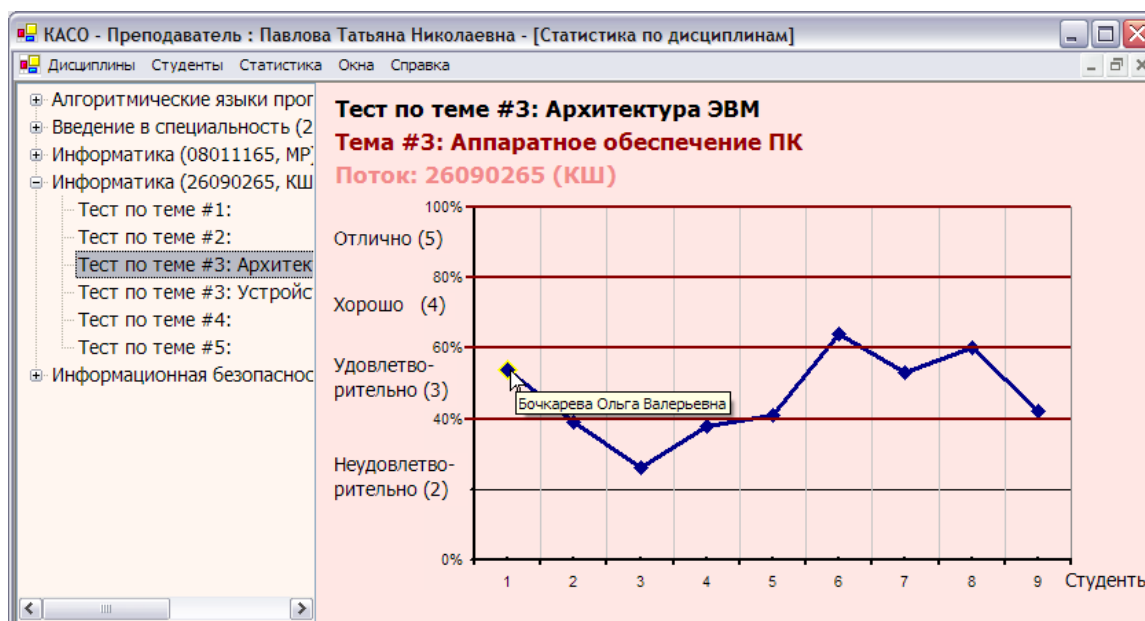


Рис. 4. Статистика усвоения по дисциплине

The screenshot shows the 'KASO - Преподаватель : Павлова Татьяна Николаевна - [Сценарий обучения]' window. The left sidebar lists students, with 'Маркова Валерия Александровна' selected. The main area displays the learning scenario for 'Тема #4: Динамическая память'. It shows the student's progress: 'Пройден, 58% (удовлетворительно)'. There are buttons for 'Назначить повторно', 'Назначить', 'Отменить', and 'Каталог'. Below these is a table of additional materials.

Материал	URI
Примитив Стек	http://learningserver.
Динамические одномерные м...	http://learningserver.
Примитив Очередь	http://learningserver.

Рис. 5. Редактирования сценария обучения

студента в КАСО была сформирована карточка, содержащая общие сведения о студенте, его первоначальные знания по информатике, готовность к использованию информационных технологий при самообучении и установлен уровень мотивации к учению.

Благодаря полученным данным у преподавателя появилась возможность адаптивно управлять процессом обучения. Разработанная система предоставляет возможность преподавателю отслеживать динамику обученности

студентов по мере изучения лекционного курса и выстраивать индивидуальный сценарий обучения как для каждого студента, так и для потока в целом. Как показал проведенный эксперимент, разработанная КАСО выполняет такие функции, как мотивационная, информационная, управления и оптимизации процесса обучения. Последняя позволяет достичь лучших результатов в обучении с наименьшей затратой сил и времени.

Литература:

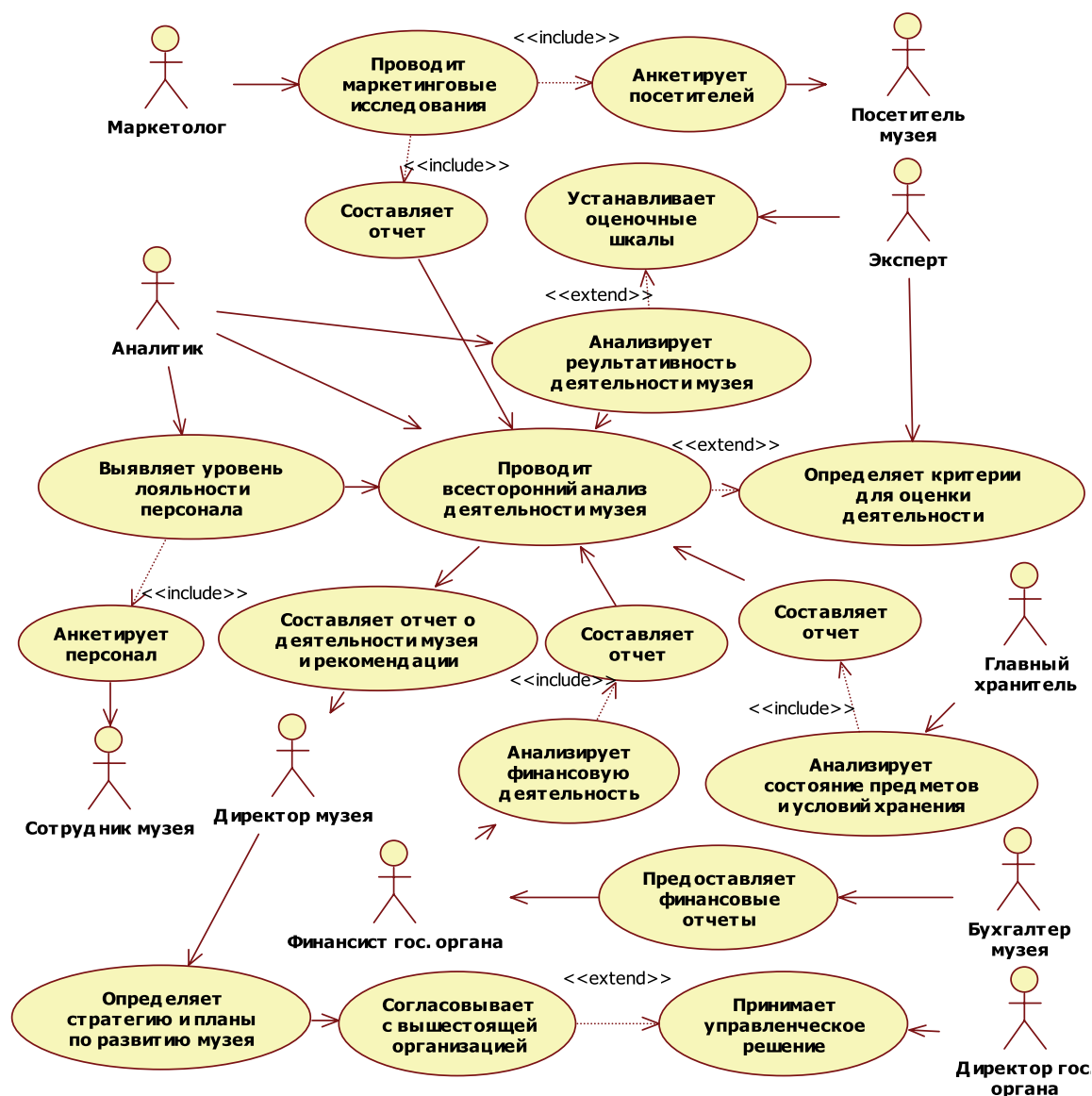
1. Ильин Г. От педагогической парадигмы к образовательной // Высшее образование в России. — 2000. — № 1. — С. 64 — 69.
2. Капустин Н.П. Педагогические технологии адаптивной школы. — М.: Академия, 1999. — 216 с.
3. 1. Брусиловский П.Л. Адаптивные обучающие системы в Word Wide Web: обзор имеющихся в распоряжении технологий//Авт. пер. на сайте <http://ifets.ieee.org/russian/depositary/WWWITS.html>
4. Зайцева Л.В. Методы и модели адаптации к учащимся в системах компьютерного обучения// Educational Technology&Society 6(4) 2003. ISSN 1436-4522.-P.204-211.
5. Зайцева Л.В. От традиционного к дистанционному обучению. — Новый коллегиум. — №3, 2000, стр. 58—60.
6. Ахремчик О.Л., Филатова Н.А. Разработка и исследование программно-методического комплекса для построения ПФК модели обучаемого// Educational Technology&Society 7(1) 2004. ISSN 1436—4522.-P.182—197.
7. Zaitseva L., Boule C. Student models in Computer-based Education // Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. ICALT 2003. — Athens, Greece, 2003, p. 451.

Применение процессного подхода в рамках региональной системы качества в сфере культуры

Драгунова Е.В., кандидат экономических наук, доцент; Сучкова М.С., магистрант
Новосибирский государственный технический университет

В настоящее время государственным учреждениям культуры регионального уровня становится сложнее конкурировать с коммерческими организациями сферы досуга. Одной из причин является использование традиционных методов и способов управления учреждениями. В частности, при разработке планов деятельности, некоммерческое учреждение практически не ориентируется на мнение потенциальных потребителей предлагаемых им услуг. Одним из способов решения данных проблем является внедрение системы качества, которая будет способствовать эффективной реализации политики в сфере культуры. Основными принципами системы менеджмента качества в соответствии со стандартом ИСО 9000 [1] являются: клиентоориентированный подход; вовлечение работников; процессный подход; системный подход к управлению; непрерывное улучшение; принятие решений, основанное на фактах; взаимовыгодные отношения с контрагентами, лидерство руководителя. Остановимся более подробно на четвертом принципе. Для эффективного достижения своих целей, учреждения должны определять и управлять множеством взаимосвязанных процессов. Часто выход одного процесса является входом другого. Систематическое выявление и управление применяемых учреждениями процессов, и особенно их взаимодействием, могут считаться «процессным подходом» [1]. В процессе управления деятельностью бюджетных учреждений культуры участвуют руководители самого учреждения и департамент (комитет) культуры. Анализ деятельности учреждений культуры является одним из подпроцессов управления наряду с планированием, учетом, контролем и регулированием. На практике чаще всего анализируются отдельные аспекты деятельности учреждения культуры, например, финансовый и организационный, однако

для формирования полной картины деятельности учреждения культуры, необходимо проведение всестороннего анализа, который должен включать в себя мониторинг удовлетворенности посетителей; мониторинг лояльности сотрудников; анализ результативности деятельности учреждения; анализ финансовой деятельности учреждения; анализ инфраструктуры учреждения. Процесс всестороннего анализа деятельности учреждения культуры входит в состав системы качества. При моделировании данного процесса могут возникнуть сложности, связанные с тем, что в практике описаний такого процесса нет, поэтому необходимо выбрать такое средство моделирования, которое позволит представить процесс анализа с различных точек зрения. Для этих целей приемлемым вариантом является использование универсального языка моделирования данных UML, который позволяет моделировать как бизнес-процесс, так и функциональные требования к программному обеспечению. Рассмотрим моделирование процесса всестороннего анализа учреждений культуры на примере музеев. Моделирование бизнес-процесса начинается с построения диаграммы прецедентов, которая позволит выявить функциональные требования к процессу комплексного анализа. При построении диаграммы прецедентов можно ориентироваться на алгоритм, предложенный Коберном [4]. Сначала необходимо определить масштаб моделируемой системы, в данном случае — это процесс проведения комплексного анализа на уровне исполнителей данного процесса. После этого определяется основной список действующих лиц, а также выявляются варианты использования. Далее происходит моделирование непосредственно вариантов использования, то есть определение последовательности действий и выделение наиболее сложных потоков. В результате моделирования



для процесса комплексного анализа деятельности музея была построена диаграмма прецедентов, представленная на рисунке 1.

В качестве актеров в данном процессе выступает не только административный персонал (директор, бухгалтер и т.д.), но и посетители, эксперты и сотрудники музея. Это в свою очередь обеспечивает реализацию принципов системы менеджмента качества, таких как ориентация на потребителя, вовлечение работников, постоянное улучшение, принятие решений, основанное на фактах [6]. На этой диаграмме также подчеркивается, что аналитик прибегает к помощи эксперта только в определенных случаях, например, когда учреждение начинает предоставлять новый вид услуг и требуется разработка критериев для оценивания деятельности музеев (данная ситуация отображена с помощью типа связи <<extend>>). С помощью связи <<include>> выделяются подпроцессы ос-

нового варианта использования, который связывает один вариант использования с другим, в данном случае это подпроцесс «составление отчетов».

Необходимо учитывать, что для спецификации прецедентов должен быть выбран единый стандарт, что несколько упростит моделирование процесса всестороннего анализа и его реализацию. В качестве примера такой спецификации может использоваться вариант, предложенный Арлоу Д. и Нейштадт И. [3]. Примеры спецификации приведены в таблице 1.

После построения диаграммы прецедентов можно перейти к построению диаграмм видов деятельности. С помощью данной диаграммы можно графически отобразить последовательность действий для реализации варианта использования, также здесь можно показать параллельные и альтернативные потоки. В примере, представленном на рисунке 2, альтернативный поток вводится условием на-

Таблица 1. Спецификация прецедента «Анализирует результативность деятельности музея»

<i>Прецедент:</i> Анализирует результативность деятельности музея
<i>ID:</i> A1
<i>Краткое описание:</i> проводится анализ и оценка показателей деятельности музея (например, прирост музейных фондов, количество посетителей), далее приводится агрегированный показатель результатов деятельности музея.
<i>Главные актеры:</i> аналитики.
<i>Второстепенные актеры:</i> эксперты.
<i>Предусловия:</i> наступление отчетного периода.
<i>Основной поток:</i> 1. Поступают отчеты от музеев по показателям. 2. Определяется структура агрегированных показателей. 3. Происходит расчет агрегированных показателей. 4. Составляется отчет о результативности деятельности музеев.
<i>Постусловия:</i> отчет о проведении анализа результативности деятельности музея поступает на вход процесса «Всесторонний анализ деятельности музея».
<i>Альтернативный поток:</i> нет.

личия шкал оценивания для показателей деятельности музея. В том случае, если шкал для определенных показателей нет, то необходимо обратиться к помощи экспертов предметной области (специалистам по оценке деятельности музеев). Распараллеливание потоков объясняется возможностью проводить анализ деятельности музея и

сравнения различных музеев обособленно.

При описании процесса важно отобразить не только последовательность действий, как это представлено в диаграмме видов деятельности, но и описать входы, выходы и исполнителей процесса. Спецификация диаграммы представлена в таблице 2.

Таблица 2. Спецификация диаграммы видов деятельности для прецедента «Анализирует результативность деятельности музея»

№ п/п	Название операции	Вход	Выход	Исполнитель
1	Сбор отчетов о деятельности музеев	Отчет о деятельности музея	Комплект отчетов	Секретарь
2	Классификация показателей, представленных в отчете	Устав музеев, комплект отчетов, статистика показателей по России	Перечень частных и агрегированных показателей	Аналитик
3	Проведение опроса среди экспертов	Перечень частных и агрегированных показателей	Шкалы оценок для частных и агрегированных показателей	Интервьюер
4	Расчет значений агрегированных показателей	Шкалы оценок для показателей, комплект отчетов	Значения агрегированных показателей	Аналитик
5	Интерпретация полученных показателей	Шкалы оценок для агрегированных показателей, значения агрегированных показателей	Качественная оценка деятельности музеев	Аналитик
6	Составление отчетов о результатах деятельности музеев	Отчет о деятельности музея, шкалы оценок для агрегированных показателей, значения агрегированных показателей, качественная оценка деятельности музеев	Отчет о результатах деятельности музея	Аналитик
7	Сравнение агрегированных показателей различных музеев	Отчет о деятельности музея, шкалы оценок для агрегированных показателей, значения агрегированных показателей	Результаты сравнения	Аналитик
8	Составление отчета о результатах деятельности музеев по региону	Отчет о деятельности музея, шкалы оценок для агрегированных показателей, значения агрегированных показателей, результаты сравнения	Отчет о результатах деятельности музеев на региональном уровне	Аналитик

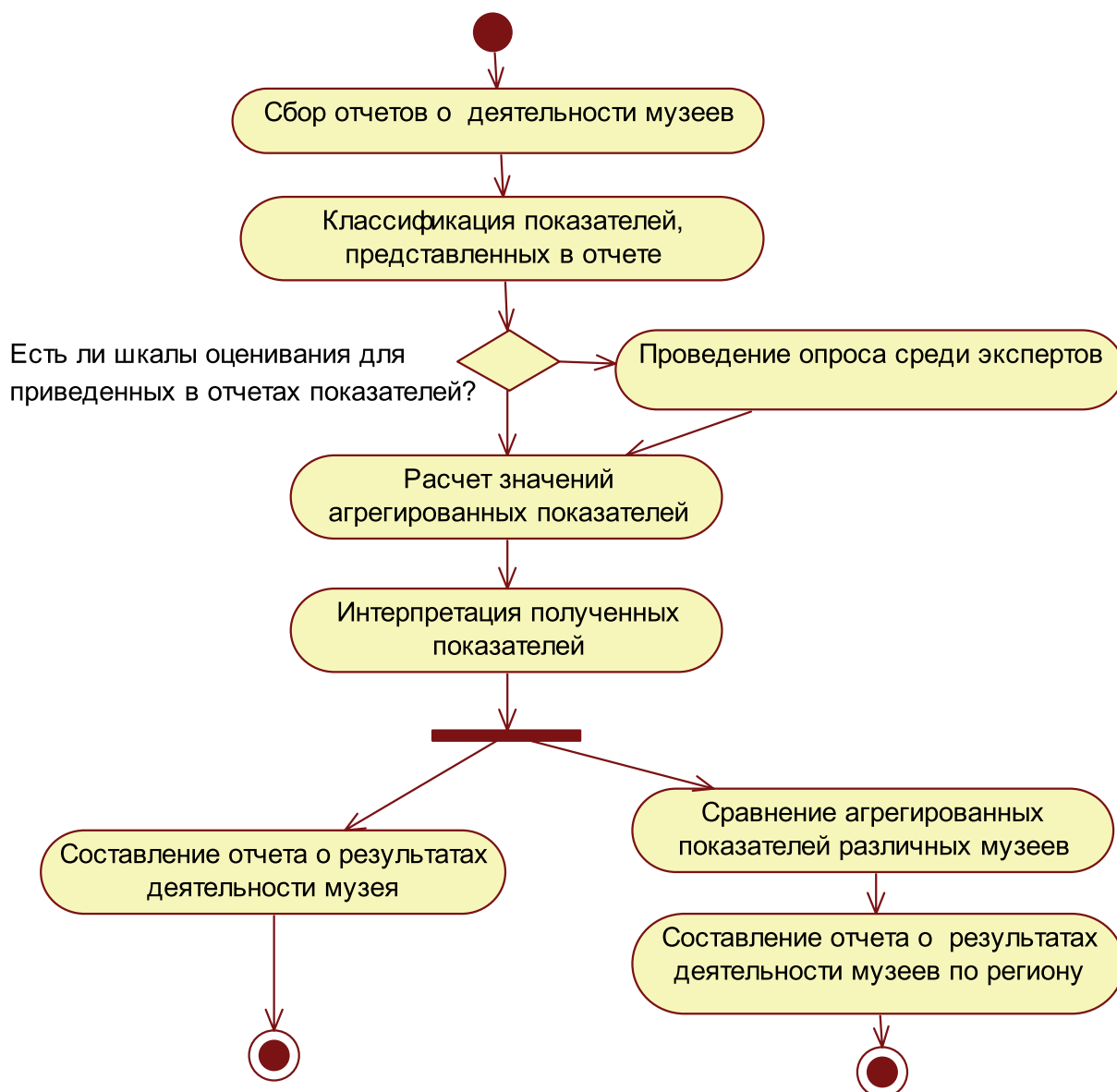


Рис. 2. Диаграмма видов деятельности для прецедента «Анализирует результативность деятельности музея»

При разработке региональной системы качества в сфере услуг очень важным этапом является идентификация и формализация процессов управления системой и ее функционирования. В частности на данном этапе необходимо определить участников, пользователей процесса, а также основные функции и результаты процесса. Все эти элементы выявляются в процессе построения диаграммы прецедентов. Особое внимание при моделировании процессов необходимо уделять новым процессам, поскольку их внедрение может повлиять на функционирование других систем, поэтому после построения диаграммы прецедентов следует анализировать последовательность действий при реализации каждого прецедента на более низком уровне. Помимо формального представления потока операций на диаграмме видов деятельности необходимо привести спецификацию каждой операции, где должны быть представлены входы, выходы и исполнители. Построенные в результате моделирования

диаграммы и их спецификации являются одним из инструментов процессного подхода к управлению и будут особенно полезны при внедрении системы качества, поскольку позволяют определить ресурсы, необходимые для реализации процессов, установить реальные сроки для выполнения определенных заданий. Это является особенно важным при управлении процессом всестороннего анализа деятельности музеев, поскольку в данном процессе принимают участие большое количество представителей музея и департамента культуры. С помощью процесса всестороннего анализа одновременно реализуются несколько принципов системы качества: клиентоориентированный подход (мнение посетителей выявляется в процессе мониторинга), вовлеченность работников (выявляется уровень лояльности сотрудников), принятие решений, основанных на фактах. Все это, в свою очередь, ведет к непрерывному развитию музея, а также к эффективной реализации политики в сфере культуры.

Литература:

1. ISO 9000-1:1994, Quality management and quality assurance standards — Part 1: Guidelines for selection and use. [Стандарты на менеджмент качества и обеспечение качества. Часть 1. Руководящие указания по выбору и применению.]
2. ISO9001:2000, Quality management systems — Requirements. [Системы менеджмента качества. Требования.]
3. Арлоу Д., Нейштадт И. UML 2 и Унифицированный процесс. Практический объектно-ориентированный анализ и проектирование, 2-е издание. — Пер. с англ. — СПб: Символ-Плюс, 2007. — 624 с., ил.
4. Коберн А. Современные методы описания функциональных требований к системе. — Пер. с англ. — М.: Издательство «Лори», 2002. — 263 с., ил.
5. Драгунова Е.В., Сучкова М.С. Моделирование процесса управления учреждениями культуры Новосибирской области // Сборник научных трудов НГТУ, Новосибирск, 2010. № 1(59) — С. 103–109.
6. Драгунова Е.В., Сучкова М.С. Технология оценки уровня лояльности персонала некоммерческой организации // Научно-теоретический и прикладной журнал Альманах современной науки и образования, Тамбов: Грамота, 2010. №3(34) Ч.2 — С. 96–99.

Анализ угроз и выработка практических рекомендаций по построению программно-аппаратных средств защиты информации на постоянных носителях

Таныгин М.О., кандидат технических наук, доцент
Юго-западный государственный университет
(Курский государственный технический университет)

В настоящее время вопросы обеспечения безопасности при обработке данных становятся не менее актуальными, чем, скажем, десять — двадцать лет назад вопросы производительности средств вычислительной техники или рационального использования ресурсов в вычислительных процессах. Причём если совсем недавно под безопасностью понимали в основном отсутствие ошибок в данных вследствие сбоев в работе или помех, то сейчас безопасность — это, прежде всего, невозможность осуществить несанкционированный доступ (НСД) к информации.

Одновременно изменился и характер угроз: раньше основной целью злоумышленников являлась информация, обрабатываемая в крупных вычислительных центрах. Сейчас же объектами атак становятся в основном персональные данные пользователей: пароли, коды доступа к платежным системам, ресурсы их персональных ЭВМ. То есть угрозы стали более универсальными, ориентированными сразу на миллионы потенциальных жертв. В то же время современные ЭВМ сохранили основные архитектурные особенности первых компьютеров, которые не предназначались для защиты от НСД хранящейся в них информации.

Недостатки унаследованной от ЭВМ прошлого архитектуры, основным из которых является невозможность контролировать исполняемый код, пытаются нивелировать не путём кардинального пересмотра функциональности всех компонентов ЭВМ, а введением в её состав дополнительных систем, которые бы брали на себя функции обеспечения безопасности при обработке данных. Разработка подобных систем, интеграция их в существующие ЭВМ, обеспечение их согласованной работы с другими

компонентами компьютеров является актуальной задачей, решение которой способствует повышению безопасности обработки данных средствами ЭВМ

Целью настоящей работы является выработка на основе накопленного опыта использования ЭВМ, программно-аппаратных систем защиты информации (СЗИ), на основе анализа существующих механизмов осуществления НСД, выработать общие подходы и принципы, на которых должна базироваться разработка новых систем защиты персональных компьютеров, обеспечивающих должный уровень защищённости, но при этом создающие минимальные неудобства в работе.

Прежде чем приступить к выработке мер по противодействию несанкционированному доступу к данным в ЭВМ, следует обозначить круг объектов и процессов (то есть распределённого во времени взаимодействия субъектов и объектов), безопасность которых необходимо обеспечить.

Из объектов защиты можно выделить следующие: файловая система, системный диск, каталог с установленными программами, реестр операционной системы, файл подкачки и база данных системы защиты информации [1]. Без обеспечения безопасности вышеперечисленных объектов вопрос о разграничении доступа к файлам пользователя становится неактуальным.

Файловая таблица с главной загрузочной записью (Master Boot Record — MBR) является наиболее критичным объектом как с точки зрения защиты файлов от несанкционированной записи, так и защиты данных от прочтения с похищенного носителя. Искривлённая MBR превратит логически организованные данные на диске в

набор секторов со случайной информацией. Восстановить данные после этого путём восстановления логических связей между элементами MFT (Master File Table — эталонная файловая таблица) возможно, но любой метод восстановления не гарантирует стопроцентного восстановления всех потерянных данных [2]. К тому же MBR является первым читаемым блоком данных и в нём записывается исполнимый код, обеспечивающий загрузку операционной системы. Поэтому именно он становится потенциальной мишенью для одной из наиболее опасных категорий компьютерных вирусов — загрузочных вирусов [3]. Невозможность же несанкционированного прочтения MBR существенно затрудняет несанкционированное прочтение данных злоумышленником. Одним из наиболее эффективных методов предотвращения несанкционированного прочтения или изменения MBR является её удаление с жёсткого диска и размещение на съёмном носителе. Естественно, подобная операция требует работы специализированного программного обеспечения, на которое ложатся функции загрузки со съёмного носителя, размещение на диске в нулевом секторе и секторах с копией MBR содержимого главной загрузочной записи, предварительно сохранённого на внешнем носителе, и продолжение загрузки в штатном режиме. После завершения работы это программное обеспечение должно (опять же без участия операционной системы) скопировать содержимое MBR на носитель, записав на её место случайные последовательности.

Возможен альтернативный способ реализации защиты главной загрузочной записи. Если СЗИ сконфигурирована так, что её аппаратная компонента является фильтром данных, передаваемых по интерфейсному кабелю в контроллер жёсткого диска [4], то существует возможность хранить содержимое MBR непосредственно в адресном пространстве внутренней памяти такого аппаратного средства. Все запросы на обращение к MBR будут переадресовываться устройством в свою память и удовлетворяться в том случае, если у пользователя СЗИ будет соот-

ветствующие полномочия. В результате MBR вообще не будет храниться на диске, даже во время работы. Данный способ защиты по сравнению с первым выглядит более предпочтительным с точки зрения надёжности и стойкости защиты, однако более сложен в реализации и способен вызывать аппаратные конфликты и ошибки в работе ЭВМ.

Переходя к защите файлов, каталогов и компонентов операционной системы, можно сказать, что с точки зрения администратора безопасности, чем меньше объектов защиты, тем проще реализовывать выбранную политику безопасности, тем меньше вероятность ошибки при администрировании. С этой точки зрения оптимальным было бы размещение объектов с одинаковыми правилами доступа на одном разделе и определение для каждого из полученных разделов своих правил доступа. Однако, если данные различных пользователей можно разместить на разных дисках (что позволяет существенно снизить риск НСД пользователей к данным друг друга — современные СЗИ позволяют даже сделать разделы «невидимыми» для пользователей), то в любой компьютерной системе присутствуют объекты общие для всех. Это файлы операционной системы, системные программы, файл подкачки, компоненты реестра. Опыт эксплуатации компьютеров с установленными на них дополнительными программно-аппаратными СЗИ, обеспечивающими независимые от операционной системы механизмы защиты, показывает, что при размещении подобных объектов на едином носителе, запрет записи на него приводит в многочисленным ошибками и полностью делает невозможной работу с ЭВМ [5]. Поэтому целесообразно вынести вышеозначенные объекты их на отдельный раздел с возможностью записи на него. Данные же и программы различных пользователей размещать на отдельных разделах, а права доступа к ним определять комбинацией масок прав доступа к томам и атрибутов доступа отдельных объектов.

Все вышеизложенные угрозы и меры для их предотвращения представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные объекты защиты в компьютерных системах

Объект защиты	Последствия НСД	Предлагаемые методы защиты
Главная загрузочная запись	Невозможность прочтения данных с жёсткого диска, повышение вероятности прочтения данных с украденного диска	Хранение содержимого главной загрузочной записи на отдельном носителе или во внутренней памяти аппаратной компоненты СЗИ
Компоненты операционной системы	Утрата операционной системой работоспособности	Размещение операционной системы на отдельном разделе с детальным разграничением доступа к отдельным её компонентам
Файл подкачки	Возможность прочтения содержимого оперативной памяти в случае аварийного завершения работы	Размещение файла подкачки на отдельном разделе жёсткого диска, защита описателей данного раздела
Программы пользователей	Возможность неправомерного запуска программ	Размещение программ разных пользователей на разных разделах, назначение унифицированных атрибутов безопасности в рамках раздела или каталога программ пользователя

Таблица 2. Критические информационные процессы в компьютерных системах

Процесс	Последствия нарушений процесса	Предлагаемые методы защиты
Идентификация пользователя	Возможность осуществления неправомерного обращения к данным от имени другого пользователя	Независимая от программной части идентификация субъекта на этапе начальной загрузки системы
Настройка параметров безопасности СЗИ	Утрата СЗИ своей функциональности, неправильная реализация политики безопасности	Выполнение настройки СЗИ до момента загрузки операционной системы, контроль данных, передаваемых между компонентами СЗИ, идентификация пользователя

Если говорить о защите информационных процессов, протекающих в компьютерной системе, то критичными с точки зрения безопасности являются два из них: процесс идентификации пользователей и процесс настройки параметров безопасности СЗИ. В идеальном случае идентификация должна происходить до загрузки ОС и всех программ и выполняться независимо от идентификации пользователя механизмами ОС. Преимущественным является выполнение аппаратной идентификации пользователя и его аутентификация с помощью специализированных программных средств, целостность кода которых так же необходимо контролировать. Угроза процессу идентификации — аутентификации могут привести как к возможности неправомерного получения доступа как к данным и ЭВМ, так и к возможности несанкционированного изменения настроечных параметров СЗИ, влияющих на её работоспособность и функциональность [6]. Выполнение идентификации и аутентификации независимыми от ОС средствами создаёт дополнительный барьер на пути проникновения злоумышленника в систему, а так же делает эти процессы независимыми от возможных уязвимостей в самой ОС.

Настройка параметров безопасности является одним из самых критичных процессов, так как именно она сопровождается возможностью модификации атрибутов безопасности в базах данных СЗИ. В обычном же режиме базы данных могут быть защищены от редактирования за счёт структурных особенностей самой системы. Поэтому настройка должна выполняться по возможности в от-

сутствии посторонних программ. В случае рассматриваемой нами независимой программно—аппаратной СЗИ, настройку параметров безопасности, под которой в основном понимается модификация атрибутов, добавление или удаление пользователей, расчет эталонных контрольных сумм объектов, следует производить до загрузки операционной системы, по аналогии с тем, как это сделано в АМДЗ «Аккорд» [5].

Если же модификация производится в штатном режиме работы ЭВМ, при работающих системных и пользовательских программах, то необходимы методы и средства для обеспечения защищённой и верифицированной передачи данных между программным обеспечением, с помощью которого пользователем выдаются инструкции на модификацию атрибутов безопасности, и аппаратным средством, хранящим и обрабатывающим данные атрибуты. То есть, протокол обмена данными между программным обеспечением СЗИ и аппаратным средством должен исключать возможность исполнения последним команд, выданных не данным программным обеспечением, а посторонними программами. В свою очередь, все исполненные аппаратными компонентами СЗИ команды должны быть проверены программными модулями [7]. Кроме того, непременным условием внесения изменений в базы данных СЗИ является подтверждение независимой от операционной системы идентификацией пользователя.

По аналогии с объектами, сведём все сведения о защите процессов в таблицу 2.

Литература:

1. Таненбаум, Э. Операционные системы: разработка и реализация [Текст] / Э. Таненбаум, А. Вудхал — СПб. : Издательский дом «Питер», 2006. — 576 с.: ил.
2. Кэрриэ, Б. Криминалистический анализ файловых систем [Текст] / Б. Кэрриэ — СПб. : Издательский дом «Питер», 2007 — 480 с. : ил.
3. Безруков, Н. Н. Компьютерная вирусология: справочное руководство [Текст] / Н.Н. Безруков — М.: УРЕ, 1991. — 416 с. : ил.
4. Таныгин, М.О Методы аутентификации устройств защиты информации и управляющих программных средств [Текст] / М.О Таныгин, Типикин А.П. // Телекоммуникации. — 2005. — №9. — С.37–42.
5. Коняевский, В.А. Управление защитой информации на базе СЗИ НСД «Аккорд» / В.А. Коняевский — М.: Радио и связь, 1999. — 325 с., ил.
6. Хади, Р. А. О возможностях использования уязвимых звеньев современного программного обеспечения [Текст] / Р. А. Хади // Искусственный интеллект. — 2005. — №4. — С. 783–790.
7. Таныгин, М.О Методы аутентификации устройств защиты информации и управляющих программных средств [Текст] / М.О Таныгин, Типикин А.П. // Телекоммуникации. — 2005. — №9. — С.37–42.

[illegible]

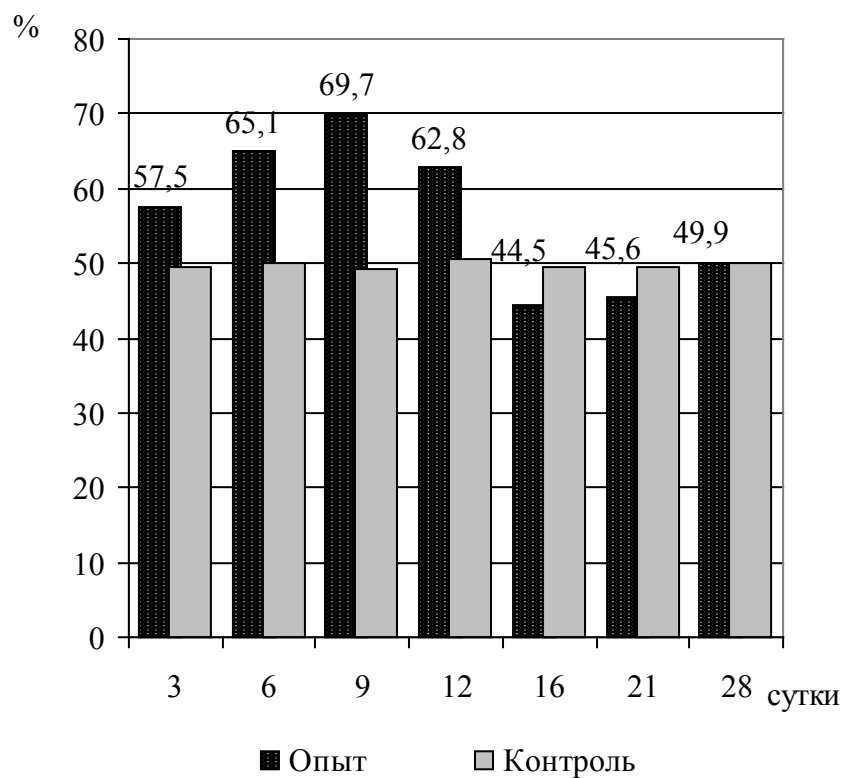


Рис. 1. Динамика показателей базального фагоцитоза у опытных и контрольных животных

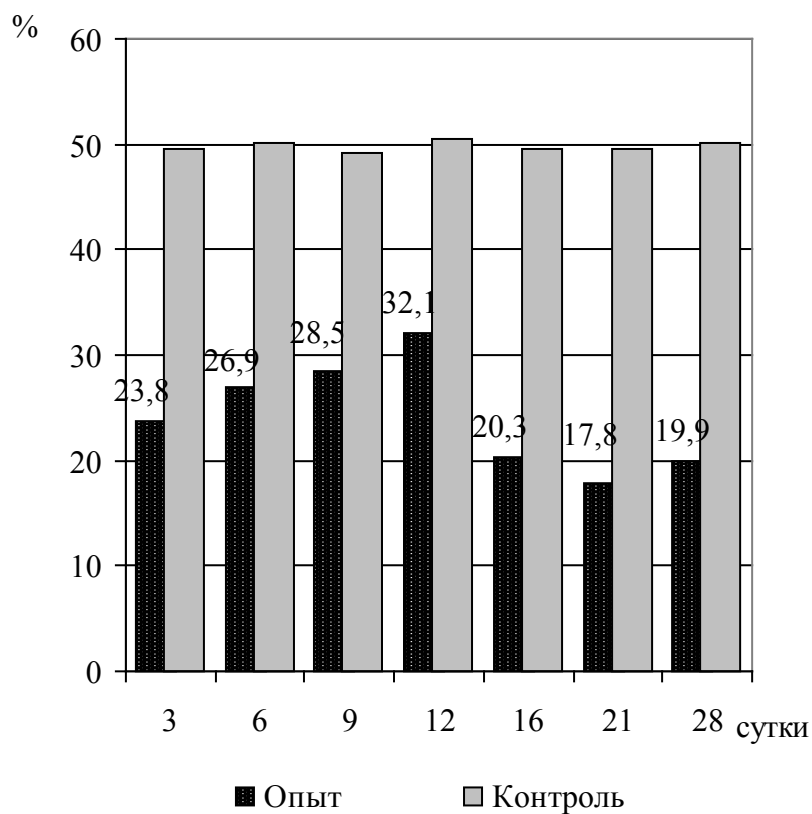


Рис. 2. Изменение активности стимулированного фагоцитоза при бластоцистной инвазии

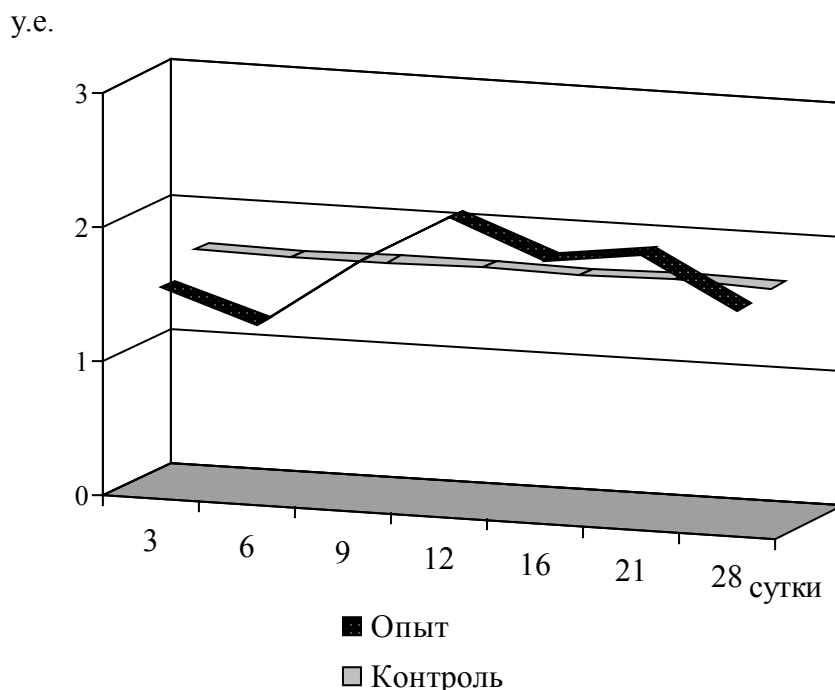


Рис. 3. Изменение показателей фагоцитарного числа у опытных и контрольных животных

мальной его активизации показатели стимулированного фагоцитоза не достигали соответствующих величин у здоровых животных.

Показатели базального фагоцитоза свидетельствуют о том, что происходит его активизация, максимум которого приходится на 9 сутки эксперимента, к 16 суткам наступает депрессия, сменяющаяся медленным подъемом показателей.

Уровень стимулированного фагоцитоза свидетельствует о статистически достоверном его снижении у инвазированных животных. Однако на фоне общего падения происходит его некоторая активация, также достигающая максимума на 9-12 сутки, которая затем сменяется снижением показателей.

Одним из важных показателей, характеризующих протективную роль системы фагоцитоза, является фагоцитарное число, отражающее способность клеток к захвату возбудителей. Результаты изучения показателей фагоцитарного числа у экспериментальных животных при бластоцистозе в сравнении с показателями контрольных животных представлены на рисунке 3.

Как видно из рисунка, фагоцитарное число intactных животных составило, в среднем — $1,7 \pm 0,2$ условных единиц. У опытных мышей было обнаружено наличие двух закономерностей в изменении фагоцитарного числа. Во-первых, фагоцитарное число изменялось волнообразно, причем, на третьи сутки этот показатель был в 1,1 раза ниже, чем у контрольных животных. К шестым суткам оно снизилось в еще большей степени ($1,31 \pm 0,2$ у.е.) и оказалось в 1,3 ниже исходного уровня.

В последующем отмечалась тенденция к росту фагоцитарного числа у экспериментальных животных. Максимальное значение показателя в группе опытных мышей было отмечено на двенадцатые сутки от начала эксперимента. Фагоцитарное число у опытных животных составило, в среднем — $2,20 \pm 0,06$ условных единиц, при этом различие в показателях по сравнению с контрольной группой было статистически достоверным ($p < 0,05$).

В дальнейшем фагоцитарное число снижалось, составив к шестнадцатым суткам $1,92 \pm 0,05$ у.е. ($p < 0,05$).

К двадцать первым суткам фагоцитарное число у подопытных животных составило $2,01 \pm 0,04$ у.е. Наконец, к двадцать восьмым суткам данный показатель составил $1,64 \pm 0,03$ у.е. ($p < 0,01$).

Наращение фагоцитарного числа к двенадцатым суткам у животных экспериментальной группы можно объяснить мобилизацией компенсаторных механизмов. Это, по-видимому, может быть связано с увеличением в этот же срок относительного ($62,9 \pm 0,4\%$) и абсолютного ($7,75 \pm 0,29 \cdot 10^9/\text{л}$) количества нейтрофильных гранулоцитов периферической крови. Механизм нейтропении, возможно, обусловлен усиленной миграцией нейтрофильных гранулоцитов из периферической крови в очаг воспаления, развивающегося в кишечнике при бластоцистозе.

Бластоцистная инвазия сопровождалась также изменением в динамике заболевания показателя завершенности фагоцитоза. Так, в первые сутки после заражения происходило его увеличение до $72,7 \pm 3,4\%$ (в контроле $62,5 \pm 3,3\%$; $p < 0,001$), в период разгара заболевания (6-12-е сутки) показатель завершенности снижался до

63,8±4,2% ($p>0,01$), в период реконвалесценции опять наступало его повышение (67,2±6,8%), которое, однако, не было достоверным по сравнению с контролем ($p>0,05$).

Таким образом, воспроизведение бластоцистной инвазии у экспериментальных животных позволило вы-

явить изменение содержания нейтрофилов в периферической крови и их фагоцитарной активности. Установлены фазные изменения уровней базального и стимулированного фагоцитоза, а также показателей завершенности фагоцитоза.

Применение аллозимного анализа в изучении генетического полиморфизма популяции Европейской Ряпушки (*Coregonus albula*) и ее устойчивости в Латвийском озере Дридзис

Aleksandrs Petjukevičs
Даугавпилский университет (Латвия)

Научный руководитель: Dr. biol., asoc., prof. Natālija Škute

The use of allozyme analysis in the study of genetic polymorphism of the population of European vendace (*Coregonus albula*) and its stability in the Latvian lake Dridzis

Aleksandrs Petjukevičs
Daugavpils University, Latvia, Daugavpils, alexchemist@inbox.lv

Scientific advisor: Dr. biol., asoc., prof. Natālija Škute.

Aims of research: To investigate morphological polymorphism of the population *Coregonus albula* under the following characteristics: weight, growth, age, sex, length. To investigate genetic polymorphism of the population of *Coregonus albula* based on allozyme polymorphism. The object of research: Vendace (*Coregonus albula*).

Methods of research: The statistic analysis of the morphological features of *Coregonus albula*, fiber electrophoresis, the analysis of the system of the isoferments.

In the review of the literature the common information on the main genetic processes in the population, about the factors of the stability influencing population genetic polymorphism of the population and survival rate is considered.

Special attention is given to the analysis protein polymorphisms using various systems of fermentation as in Latvia this problem is investigated not enough.

Key words: *Coregonus albula*, allozyme, polymorphism, vendace, morphological characteristics, Dridzis Lake, isoferments, protein electrophoresis.

Введение

Исследование популяции в условиях меняющейся среды — одна из важных задач, решение которой необходимо для понимания механизмов устойчивости биологических систем. *Coregonus albula* широко распространенный вид рыб, обитающий в основном в Северной Европе в восточной части. Считается, что данный вид рыбы появился в период обледенения. Начиная с 1900 года в Латвийские озера были интродуцированы особи с Чудского и Ладожского озер. В 30-ых годах 20 столетия *Coregonus albula* была зарегистрирована в 30 Латвийских озерах. [3,124—134] Однако в 90-ых годах данный вид *Coregonus albula* был констатирован уже только в 5 Латвийских озерах. В 2000 году указом №г. 396—2000.14.11. кабинета министров *Coregonus albula* была занесена в список особо охраняемых видов рыб, и ограничили использование данного вида.

В наше время исследования популяции генофонда по-

могает оценивать и делать прогнозы относительно динамики развития популяции в пространстве и времени, а также определить допустимые границы корреляции количества особей. Это является первоочередной задачей в изучении популяционной генетики и является очень актуальным в наше время. В последние 10 лет исследования в области определения генетического полиморфизма в популяции достигли существенных успехов, в том числе в модернизации систем и методик исследования.

Материалы и методы

Для проведения данного исследования были отобраны 35 особей (*Coregonus albula*), отбор был произведен в озере Дридзис, в юго-восточной части озера. Для приготовления гомогената использовалась печень и мышечная ткань. Для сохранения белков, ткани были заморожены. При проведении эксперимента, ткани были разморожены и гомогенизированы с использованием 0,2

M Tris — *HCl* 1:2 (ткань/буфер). 10-20μ гомогената бралось непосредственно для электрофореза. Для предотвращения деградации фермента и белков, приготовленный гомогенат хранился при температуре — 22°C [13,72-90]. Также для проведения белкового электрофореза использовался полиакриламидный гель (*PAAG*). В данном эксперименте использовался вертикальный электрофорез. Для изготовления «карманов» применялась тefлоновая расческа (115x15x3 mm). Для разных систем использовались разные концентрации геля, в некоторых случаях, гель комбинировали (5% и 7%). Тefлоновая расческа вставлялась до затвердевания геля, затвердевание происходило в течение 15-20 минут после смешивания всех компонентов. После застывания геля, расческа удалялась, и в камеру электрофореза заливался буфер. Далее происходила стадия преэлектрофореза 20 минут, далее происходила закладка исследуемого материала (гомогенат, сахароза, бромфенол синий). Далее процесс электрофореза происходил в три этапа (80V, 40mA) — 20 минут, (210V, 80mA) — 35 минут (80V, 40mA) — 20 минут. После электрофореза происходило окрашивание гелей соответствующими для каждой изоферментной системы красителями, далее термостатирование при 37 °C. Спецификация ферментов отвечает нормам *IUBNC*. Во время анализа полученных полиакриламидных гелей (*PAA*) исследовалось разделение белковых фракций в электрофореграмме, основываясь на способность белков к электрофоретическим передвижениям в электрическом поле. Зоны действия фермента находились в соответствующем месте между катодом и анодом. Ближайшая к аноду зона обозначена №1, остальные в порядке возрастания. Зоны белковых фракций были идентифицированы следующим способом: D— Less fast C— inter mediate B— slow moving A—more slow moving. Генетический контроль осуществлялся в соответствии с переносом изоэнзимов (определение локусов, разделения и переноса аллелей) были интерпретированы в соответствии с литературными сведениями [Vuorinem, 1984] и стандартных протоколов [Kaupinis, Paulauskas, Bukelskis, 2004]. Для визуализации белков были использованы следующие изоферментные системы: *Lactate dehydrogenase* (LDH, Ldh, E.C.1.1.1.27) катализирует обратное превращение лактата в пируват. У большинства позвоночных LDH существует в 5 молекулярных формах, которые обозначают снижение электрофоретической активности. [Apella and Market 1961, Market 1961]. *Malate dehydrogenase* (MDH, Mdh, E. C. 1.1.1.37). Малатдегидрогеназа катализирует обратное превращение малата в оксалоацетата ($L - \text{малат} + \text{NAD}^+ = \text{оксалоацетат} + \text{NAD}^*H$). [Market and Faulhaber 1965]. *Malic*

enzyme (ME, Me, E.C. 1.1.1.40) малик-энзим. SDH сорбиталдигидрогеназа (SDH, Sdh E.C.1.1.1.14) L — iditol, Nad-оксиредуктаза катализирует образование обратного D-сорбитала в D-фруктозе и связано с процессом обмена фруктозы [Кирпичников, 1987]. Peroxide dismutase (SOD_{1,2}, Sod, E.C.1.15.1.1) фермент-супероксидсму-таза реагирует на токсичные для клеток тканей радикалы супероксида, активные формы H₂O₂, O₂ [Kaupinis, Paulauskas, Bukelskis 2004]. Эстераза (EST, Est, E.C. 3.1.1.) ферменты, катализирующие в клетках гидролитическое расщепление сложных эфиров на спирты и кислоты при участии молекул воды. [13, 243].

Результаты и обсуждение

В системе *Lactate dehydrogenase* (LDH, Ldh, E.C.1.1.1.27) наблюдались 2 изофермента в зоне активности, которые кодировались в локусах LDH-1 и LDH-2, В локусе LDH-1 были констатированы 5 изоферментов в зоне активности у всех 35 особей. Это дает возможность сделать вывод, что данный локус является мономорфным. В Локусе LDH-2 были констатированы 3 изофермента в зоне активности у всех 35 особей, соответственно можно сделать вывод, что локус является также мономорфным. В системе *Malic enzyme* (ME, Me, E.C. 1.1.1.40), по электрофореграмме были определены 3 изофермента в зоне активности, локус мономорфный. В локусе ME—2 2 изофермента в зоне активности, локус полиморфный, но у ME—1 3 изофермента в зоне активности и свидетельствует о том, что ME—2 и ME—1 полиморфные локусы. *Peroxide dismutase* (SOD, Sod, E.C.1.15.1.1). В SOD системе у всех образцов были замечены два изофермента в зоне активности, SOD-1 3 изофермента в зоне активности, локус полиморфный. SOD-2 1 изофермент в зоне активности, локус мономорфный. *Malate dehydrogenase* (MDH, Mdh, E. C. 1.1.1.37). В данной системе наблюдались 2 изофермента в зоне активности. MDH-1: 3 изофермента в зоне активности, локус полиморфный. MDH-2: 1 изофермент в зоне активности, локус мономорфный.

Основываясь на проведенный аллозимный анализ, исследование показало гетерозиготность по ряду аллелей, что кодируют белки *ME*, *SOD*, *NAD*, *LDH*. И теперь мы можем сделать заключение, что на данном этапе развития популяции средний полиморфизм в популяции данной области был равен 44,4%, а полиморфизм, превышающий 40%, свидетельствует об устойчивости данной популяции *Coregonus albula* и можно предположить, что вымирание ей не грозит. Однако, с условием, что в ближайшее время не возрастет влияние антропогенного фактора.

Литература:

1. Bērziņ B., Dziļākais Latvijas ezers (Drīdzis). Daba un zinātne, №3. 1940.
2. Eipurs I., Mūsu saldūdeņu zivis. 1984.
3. Glaza eva L., Latvijas ezeri un ūdenskrātuves. — Jelgava. 2004.
4. Kundziņ M. Ezeru zemē, Rīgā, Zinātne. 1965.

5. Kundziņ M., Andru āitis G. Latvijas ezeri, Rīgā, Liesma. 1973.
6. Liepa I., Mauriņ A., Vimba E. Ekoloģija un Dabas aizsardzība, Rīgā, Zvaigzne. 1991.
7. Loba ovs M., Ģenētika, Rīgā, Zvaigzne. 1969.
8. Misiņa M., Lo ā V. Ģenētika ar selekcijas pamatiem, Rīgā, Zvaigzne. 1991.
9. Pliks M., Aleksejevs Ē. Zivis, Gandrs. 1998.
10. Raipulis J. Ģenētikas pamati, Tālmācības līdzeklis, Rīgā, RaKa. 2002.
11. Sprū s J. Dīksaimniecība. Zivis un vē i: mācību grāmata. — Jelgava. 2005.
12. Акайзин Е.О., Воскун С. Е., Панова Л. А., Смирнов С. Г. Микробиология. 1990.
13. Анисимова А.А. Основы биохимии, Высшая школа. 1986.
14. Албертс Б., Брей Д., Льюис Дж., Рэфф М., Робертс К., Уотсон Дж. Молекулярная биология клетки. Москва, Мир, т. 3. 1994.
15. Алиханян С. И., Акифьев А. П. Общая генетика, Москва, Высшая школа. 1985.
16. Алтухов Ю. П. Об иммуногенетическом подходе к проблеме внутривидовой дифференциации у рыб // Успех современной генетики. 1969.
17. Алтухов Ю. П. Генетические процессы в популяциях. Москва, Академия наук. 2003.
18. Гиляров А.М., Популяционная экология, Издательство Московского Университета, — 1990. — С126—141.
19. Потапова О.И. Крупная ряпушка *Coregonus albula* L. Ленинград: Наука. 1978.
20. Решетников Ю.С. Экология и систематика сиговых рыб. Москва: Наука. 1980.
21. Страйер Л. Биохимия. Москва, т. 1-3. 1984.

ЭКОЛОГИЯ

Динамика перекисного окисления липидов озерной лягушки под действием нефти

Кармазин А.П., аспирант
Кубанский государственный университет

Биохимические показатели животных являются лабильными системами, четко реагирующими на изменения показателей среды. Любое внешнее воздействие оказывает на животное стрессирующее действие, в результате чего возникают ответные реакции организма. Одной из таких реакций является изменение скорости перекисного окисления липидов в различных тканях. Этот процесс протекает и в нормальных условиях, однако, под воздействием стресса его скорость значительно увеличивается, что служит одной из надежных регистрирующих характеристик токсичного действия. Процессы перекисного окисления липидов постоянно протекают в любой живой клетке и являются необходимым условием ее нормальной жизнедеятельности. В физиологических условиях регуляция ПОЛ в клетке осуществляется различными ферментами, расположенными как в цитоплазме, так и в мембранных системах клетки. Стационарность процессов перекисного окисления липидов в норме обеспечивается системой окислительных реакций в липидах мембран, что непосредственно связано с их функциональной активностью. Независимо от причин интенсификации ПОЛ изменение скорости окисления взаимосвязано с уменьшением количества биоантиоксидантов и изменениями в составе фосфолипидов мембран за счет как более быстрой деградации окисленных липидов, так и ускорения реакций переноса липидов переносчиками их белками [7, с.3–4].

При избыточной генерации активных форм кислорода процесс свободнорадикального окисления принимает каскадный характер, что приводит к липид-липидным и белок-липидным нарушениям. Основным субстратом перекисного окисления липидов являются полиненасыщенные цепи жирных кислот, входящих в состав клеточных мембран, а также липопротеинов. Их атака кислородными радикалами приводит к образованию гидрофобных радикалов, взаимодействующих друг с другом. Сначала из ненасыщенных жирных кислот образуются липидные радикалы, которые в свою очередь могут реагировать с кислородом с образованием пероксильного радикала, который, в свою очередь, взаимодействует с новыми молекулами ненасыщенных жирных кислот и приводит к появлению липидных пероксидов. Образующиеся липидные радикалы повреждают молекулы белков и нуклеиновых кислот, что сопровождается нарушением

структуры макромолекул и дезорганизует их функционирование [3, с.74].

Мы рассмотрели влияние различных концентраций нефти на динамику показателей перекисного окисления липидов в различных тканях озерной лягушки. ПДК нефти составляет 0,05 мг/л [5, с.36]. Озерные лягушки были отловлены в чистых водоемах ботанического сада Кубанского Государственного Университета и помещены в следующие концентрации нефти - 0,05; 0,1; 0,5 мг/л. В качестве контрольных использовались особи, помещенные в чистую отстоянную воду. Вода в контроле и опытных растворах заменялась каждые 4 суток. Плотность посадки составляла 1 особь на 2 л воды. В каждом опыте было использовано по 5 животных. Через 12 суток животных умерщвляли, после чего проводили их вскрытие и забор таких органов как печень, почки, мышцы, сердце, тонкий кишечник. Для указанных органов определяли перекисное число [2, с.183–184]. Статистическая обработка данных проводилась стандартными методами [4, с.270–271]. Различные свободные радикалы - супероксид кислорода, гидропероксид, гидроксил, гидроперекиси, липидные перекиси, эпоксиды, диеновые конъюгаты, количество которых и характеризуется перекисным числом, относятся к первичным продуктам ПОЛ, они дают характеристику ранним этапам стресс-реакций организмов на экстремальные воздействия [9, с.8]. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Наибольшая активность перекисных процессов из исследованных нами органов характерна для почек и сердца озерной лягушки. Н.М. Айвазян [1, с.5–7] проводил сравнительный анализ активности перекисного окисления липидов в различных органах земноводных. Автором рассмотрены различные вторичные и конечные показатели ПОЛ. Установлено, что, с наибольшей активностью процессы перекисного окисления липидов происходят в мозге и печени земноводных. Количество малонового диальдегида было максимальным в сердце и печени, активность супероксидгизмутазы и интенсивность хемолюминисценции – в мышцах и сердце. Таким образом, судя по комплексу показателей, наибольшая интенсивность процессов ПОЛ характерна для сердца земноводных.

Процессы перекисного окисления липидов в разных органах имеют различную динамику (таблица 2). Так, в печени и сердце лягушек, находившихся в растворе нефти

Таблица 1. **Перекисное число липидов различных тканей земноводных после экспозиции в растворах нефти (ммоль О/кг)**

Орган	Концентрация нефти, мг/л		
	0 (контроль)	0,05	0,5
Печень	187,5 ± 12,34	288,9 ± 20,68	199,3 ± 16,75
Мышцы	155,9 ± 10,20	166,7 ± 13,46	76,0 ± 8,67
Почки	944,4 ± 28,50	416,7 ± 20,42	500,0 ± 18,94
Сердце	264,7 ± 11,32	650,0 ± 14,87	384,6 ± 10,45
Тонкий кишечник	80,1 ± 10,83	75,0 ± 9,78	43,6 ± 6,55

Таблица 2. **Значения критерия Стьюдента при сравнении показателей перекисного окисления липидов в тканях озерной лягушки в разных вариантах опыта**

Орган	Критерий Стьюдента		
	$t_{0-0,05}$	$t_{0,05-0,5}$	$t_{0-0,5}$
Печень	4,23*	3,37*	0,57
Мышцы	0,63	5,66*	5,97*
Почки	15,05*	2,99*	12,99*
Сердце	20,61*	14,60*	7,78*
Тонкий кишечник	0,35	2,67*	2,88*

* – различия достоверны для 5%-ного уровня значимости ($t_{табл} = 2,31$)

концентрации 0,05 мг/л в течение 10 дней, происходит увеличение интенсивности ПОЛ, в почках, наоборот, отмечено снижение в 2,25 раза, а содержание перекисей в мышечной ткани и тонком кишечнике не меняется по сравнению с контролем. У лягушек, находившихся в более концентрированном растворе нефти (0,5 мг/л), количество перекисей в печени возвращается к контрольным показателям, в мышцах, почках и тонком кишечнике снижается по сравнению с контролем, а в сердце увеличивается. При увеличении концентрации нефти в 10 раз интенсивность ПОЛ изменяется во всех исследованных органах, однако эти изменения имеют разную направленность – в почках происходит увеличение количества перекисей, а в остальных органах их количество уменьшается. Необходимо отметить, что наиболее лабильной является система ПОЛ в органах мезодермального происхождения (сердце и почках). В целом можно говорить о том, что концентрация нефти, равная 1 ПДК, вызывает усиление интенсивности процессов ПОЛ по сравнению с контролем, а концентрация в 10 ПДК – угнетает. Аналогичные результаты были получены при изучении перекисных процессов в мышцах воблы под действием газового конденсата [8, с.10-11].

Считается, что печень играет наиболее важную роль в процессах детоксикации организма, поэтому можно было бы ожидать, что интенсивность процессов перекисного окисления липидов будет максимальной именно в ней. Однако, по результатам опыта, максимальное перекисное число отмечено не для печени, а для почек озерной лягушки. Объяснить это можно тем, что токсиканты влияют

на процессы перекисного окисления липидов, происходящие в разных органах с разной интенсивностью. Так, в эксперименте, проведенном на двухлетних карпах было установлено, что изменения количества продуктов ПОЛ начинались в печени на 3-и сутки, но к 7-м суткам их количество возвратилось к исходному. В почках карпа изменения начинались также на 3-и сутки, но продолжались дольше до 14-х суток [6, с.333]. Так как мы изучали процессы перекисного окисления на 10-ые сутки, то можно говорить о том, что данные процессы у рыб и земноводных происходят аналогично.

Перекисное окисление липидов является одной из высоко лабильных форм жизнедеятельности животных, откликающимися на слабые воздействия, не достигающие порогового уровня чувствительности другим систем и функций организма. Организм как целостная система и отдельные его клетки располагают целым спектром различных защитных механизмов, эффективно противодействующих активации ПОЛ. Показателем степени усиления ПОЛ, и, соответственно, тяжести стресса может служить не только увеличение количества самих продуктов ПОЛ, но и скорость их расходования, степень потери антиоксидантных ресурсов, способных удерживать процесс ПОЛ в физиологически безопасных пределах. Соответственно, способность сохранять интенсивность перекисного окисления липидов более-менее постоянной свидетельствует о наличии в организме адаптивных механизмов поддержания гомеостаза в условиях токсической нагрузки. Судя по нашим данным, можно говорить, что такой способностью при низкой токсической нагрузке в большей

степени обладают тонкий кишечник и мышечная ткань, а при более высокой - печень. Кроме того, полученные нами данные свидетельствуют о том, что в целом низкие

концентрации нефти (в пределах 1-10 ПДК) не оказывают сильного токсического воздействия на организм водных позвоночных.

Литература:

1. Айвазян Н.М. Использование биофизических методов в современной герпетологии // Современная герпетология. Т.8, Вып.1. 2008. С.3-9.
2. ГОСТ Р 51487-99. Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа // Государственный стандарт Российской Федерации. М., 2001. С.179-185.
3. Каниева Н.А. Перекисное окисление липидов и гистологическая организация печени карпа под влиянием нефти // Человек и животные: Мат-лы 2 Междунар. научн.-практич. конф., Астрахань, 13-14 мая, 2004. Астрахань, 2004. С. 74-76.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия. М., 1980. - 293 с.
5. Перечень предельно допустимых концентраций наиболее распространенных химических веществ в воде рыбохозяйственных водоемов // Перечень ПДК и ОБУВ вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. М., 1995. 48 с.
6. Силкина Н.И., Микряков Д.В., Микряков В.Р. Механизм действия аналога кортизона на окислительные процессы при адаптации рыб к стресс-факторам // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : Сб. мат-лов Всеросс. науч. конф. Йошкар-Ола, 28-31 янв. 2006. Йошкар-Ола, 2006. С.332-333.
7. Урнышева В.В. Роль параметров системы регуляции перекисного окисления липидов в формировании биологических последствий воздействия неблагоприятных экологических факторов : автореф. дис. ... канд. биол. наук: М., 2004. 17 с.
8. Уцов С.А. Влияние токсикантов нефтегазовых разработок на ихтиофауну Среднего Каспия: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Махачкала, 2002. 21 с.
9. Шишкина Л.Н. Особенности функционирования физико-химической системы регуляции перекисного окисления липидов в биологических объектах разной степени сложности в норме и при действии повреждающих факторов : автореф. дис. док. хим. наук. М., 2003. 38с.

Анализ возможных способов обогащения мясных продуктов для детского питания

Писарева Е.В., старший преподаватель

Пермский институт (филиал) Российского государственного торгово-экономического университета

Донскова Л.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Уральский государственный экономический университет

Ключевые слова: детское питание; функциональные продукты; растительные порошки; биопротекторные свойства; обогащение пищевой ценности.

Здоровье — важнейший фактор общественного развития во всех экономических системах, а здоровье нации — одно из основных условий для современного экономического роста. Существует тесная взаимосвязь между структурой питания человека и состоянием его здоровья: неполноценное, несбалансированное, малокалорийное или низкокачественное питание неизбежно ведет к ухудшению здоровья людей, снижению сопротивляемости организма неблагоприятным факторам окружающей и внутренней среды, формированию иммунодефицитных состояний, хронизации болезней.

Дефицит биологически активных веществ наблюдается в настоящее время во многих регионах земного шара. В России эта проблема стоит особенно остро в связи с экономическими преобразованиями, влекущими падение платё-

жеспособности населения, ухудшение рациона питания, уменьшение объёма производства продовольственных товаров и росту цен на них. В результате этого за последние годы на 6-14% увеличилось потребление хлебобулочных изделий и картофеля и на 20-28% сократилось потребление овощей, плодов, молока, рыбопродуктов и мяса [1, 2].

Обобщение результатов клинико-биохимических исследований Институтом питания РАМН нескольких тысяч человек из различных регионов России позволило охарактеризовать ситуацию с обеспечением детского и взрослого населения витаминами (по данным д.биол.н., проф. Спиричева В.Б., к.тех.н. Шатнюк Л.М. ГУ НИИ питания РАМН, Москва, Россия) следующим образом [3]:

1. Выявляемый дефицит затрагивает не один какой-то витамин, а имеет характер сочетаемой недостаточности

витаминов С, группы В и каротина, т.е. является полигиповитаминозом.

2. Дефицит витаминов обнаруживается не только весной, но и в летне-осенний, наиболее, казалось бы, благоприятный период года и, таким образом, является постоянно действующим неблагоприятным фактором.

3. У значительной части детей, беременных и кормящих женщин поливитаминовый дефицит сочетается с недостатком железа, что является причиной широкого распространения скрытых и явных форм витаминно-железодефицитной анемии.

4. В целом ряде регионов поливитаминовый дефицит сочетается с недостаточным поступлением йода, селена, кальция, фтора и ряда других макро- и микроэлементов.

5. Дефицит микронутриентов выявляется не у какой-то ограниченной категории детей и взрослых, а является уделом практически всех групп населения во всех регионах России. Таким образом, недостаточное потребление микронутриентов является массовым и постоянно действующим фактором, оказывающим отрицательное влияние на здоровье, рост, развитие и жизнеспособность всей нации.

В связи с этим в последнее время все большее внимание уделяется разработке новых продуктов питания с применением растительного сырья в качестве пищевой добавки. Включение в рацион пищевых продуктов, обогащённых незаменимыми биологически активными веществами, является наиболее эффективным и экологически доступным способом массового улучшения обеспеченности населения нутриентами [1, 4]. И индустрия детского питания не должна оставаться в стороне.

Вопрос об обогащении продуктов детского питания на мясной основе витаминами и минеральными веществами изучен сравнительно мало.

Одним из наиболее эффективных способов восполнения недостаточного потребления нутриентов детьми, является включение в рацион пищевых продуктов, обогащенных недостающими витаминами и минеральными веществами за счет премиксов [5]. В основном речь идет о мясных продуктах для питания детей дошкольного и школьного возрастов — колбас, сосисок, различных мясных полуфабрикатов.

Проводимые в последние десятилетия исследования диетологов доказывают, что продукты для детей раннего возраста, выработанные одновременно из сырья животного и растительного происхождения, оказывают наиболее эффективное и благоприятное воздействие на организм ребёнка. При этом существенно возрастает пищевая и биологическая ценность конечного продукта, его усвояемость; происходит взаимообогащение аминокислотами и жирными кислотами, минеральными веществами и витаминами [6].

В последние годы значительно увеличилось число детей, страдающих анемией, в некоторых регионах России этот показатель достигает 50% [7]. Кроме снижения общей сопротивляемости организма, у таких детей наблюдается

также замедление развития центральной нервной системы (памяти, интеллекта). Функциональными ингредиентами, обладающими алиментарно-терапевтической эффективностью, являются натуральные компоненты, содержащие легкоусвояемые формы железа — печень, сердце, кровь. При этом они служат также источником полноценного белка. Эффективность использования указанных ингредиентов в производстве консервов для детского питания на мясной основе подтверждена результатами клинических испытаний, проведённых в НИИ педиатрии [8]. Кроме того, для повышения содержания и биологической ценности белка в состав консервов может вводиться изолированный соевый белок, сухое молоко, сухой яичный желток и др. [9].

Дополнительным источником полиненасыщенных жирных кислот — линолевой и линоленовой, омега-3, омега-6 жирных кислот, а также витамина Е, фосфолипидов и др. БАВ служит растительное масло (подсолнечное или кукурузное), добавляемое в консервы. Для детей, страдающих рахитом, в консервы дополнительно вводится витамин Д, масляный раствор β-каротина, минеральный обогатитель [9].

Для сохранения витаминов в процессе технологического производства в консервы вводят стабилизаторы, в частности, модифицированный крахмал и яблочные пектины [10].

Ряд исследований подтверждает целесообразность использования в детском питании топинамбура — богатого источника пектина, органических кислот, редкого природного БАВ инулина при полном отсутствии токсичного и аллергизирующего действия [11].

Создание новых пищевых добавок, поиск и расширение сырьевой базы для их производства занимают приоритетные позиции в современной науке.

В России, как и в других странах, отмечается устойчивая тенденция повышения интереса к потреблению пищевых продуктов и лечебно-профилактических препаратов из экологически безопасного растительного сырья. Получило признание и находит широкое применение в пищевой промышленности природное растительное сырьё — лекарственные травы, плоды и ягоды, а также пряно-вкусовые и эфирно-масличные растения, биологически активная продукция пчеловодства.

Препараты, изготавливаемые из местного сырья, оказывают наибольший терапевтический эффект людям, проживающим на соответствующей территории. Такие продукты повышают устойчивость организма к экстремальным ситуациям, нормализуют умственную и физическую работоспособность [12].

Основные направления экологизации пищевых продуктов предусматривают создание функциональных пищевых добавок и расширение ассортимента пищевых продуктов для профилактики здоровья населения экологически неблагоприятных регионов [13]. Сейчас расходы на потребление обогащенных продуктов в развитых странах опережают потребление биологически активных добавок (БАД) как таковых почти в 1,5 раза.

По данным литературных источников эффективными биологически активными добавками, содержащими белки, углеводы, пищевые волокна, витамины, минеральные вещества, могут служить овощные и плодово-ягодные порошки. Такие добавки также улучшают вкусовые и диетические свойства продукта [12].

В литературе рассматривается несколько областей использования растительных порошков в качестве пищевой добавки. Основными направлениями являются следующие [12, 13]: хлебобулочные изделия, мучные кондитерские изделия, мясные полуфабрикаты, колбасные изделия, кисломолочные продукты, порошкообразные основы для напитков.

В питании населения широко используются хлебобулочные и мучные кондитерские изделия. Они являются превосходным источником энергии, но состав нутриентов в них крайне ограничен. Особенно низким содержанием аминокислот, белка, витаминов и минералов отличаются изделия из муки тонкого помола.

Ряд авторов проводили исследования о влиянии замены муки яблочным порошком в количестве 5, 10, 15 и 20% её общей массы [14]. Яблочный порошок является естественным красителем, придаёт изделиям кисло-сладкий вкус, ярко выраженный аромат, повышает качество изделий. Добавление в кондитерские и хлебобулочные изделия яблочного порошка в качестве заменителя большей части сахара позволяет значительно улучшить их органолептические свойства, положительно влияет на скорость газообразования в тесте с увеличением дозировки порошка [12, 14].

Соевая и гороховая мука применялись в качестве белковых обогатителей хлебобулочных изделий. Однако отмечено, что такие добавки отрицательно влияют на состояние пористости мякиша хлеба. Поэтому бобовые концентраты рекомендуется использовать в количестве не более 3% массы муки [4].

Исследования российских ученых в области применения растительных порошков для обогащения мясных продуктов (колбасных изделий, мясных полуфабрикатов) дали хорошие результаты [4].

Растительные порошки обладают рядом ценных технологических свойств: длительностью хранения, экономичностью при транспортировке, удобством в использовании, способностью легко восстанавливаться. Кроме того, их производство из доступного сырья экономически целесообразно [12]. При сушке растительного сырья удаляется большая часть влаги, увеличивается концентрация клеточного сока и в несколько раз повышается осмотическое давление, вследствие чего становится невозможным раз-

витие микрофлоры. Растительные порошки хорошо усваиваются организмом и являются важным источником энергии, так как значительную долю в их составе имеют углеводы (фруктоза и глюкоза).

Кроме того, уникальные свойства биопротекторов придают растительным порошкам содержащиеся в них пектиновые вещества. Пектин обладает детоксицирующими свойствами, так как способен связывать токсичные элементы и радионуклиды и выводить их из человеческого организма. Это делает пектин ценной добавкой при производстве пищевых продуктов лечебно-профилактического назначения при различного рода профессиональных заболеваниях, неблагоприятной экологической обстановке, в условиях радиоактивного загрязнения.

Также растительные порошки обогащают продукты пищевыми волокнами, которые оказывают положительное влияние на пищеварительную систему человека (в том числе способствуют профилактике рака толстой кишки), усиливают внутрикишечный синтез витаминов В1, В2, В6, РР и фолиевой кислоты, оказывают влияние на холестериновый обмен. Как считают сотрудники Киевского института радиационной медицины, пищевые волокна, так же как и пектины, являются наиболее применяемыми средствами для профилактики накопления радионуклидов цезия и стронция. Растительные порошки богаты также витаминами и минеральными веществами [4, 12].

Таким образом, на основе анализа литературных данных можно сделать следующие выводы:

1. Экологическая обстановка промышленно развитых регионов требует повышенного внимания к рациону питания населения, особенно в плане обогащения его биопротекторами — витаминами, минеральными веществами, аминокислотами, бетаином и пищевыми волокнами.
2. Уральское растительное сырьё целесообразно использовать для производства биопротекторных пищевых добавок.
3. Существует необходимость разработки продуктов питания для детей экологически неблагополучного региона с биопротекторными свойствами, которые могут быть созданы на основе местного растительного сырья. Такая продукция способна заменить на продовольственном рынке импортные продукты питания и позволяет оптимально использовать возможности местной сырьевой базы.

В качестве обогатителя в рецептуре новых ПДП целесообразно использовать плодовоовощные порошки, технологические и биопротекторные свойства которых уже нашли применение в производстве продуктов питания для взрослого населения.

Литература:

1. Тутельян В.А., Суханов Б.П., Австриевских А.Н. Поздняковский В.М. Биологически активные добавки в питании человека. Томск: Изд-во НТЛ, 1999. — 296 с.
2. Потребление основных продуктов питания населением Пермской области (2000, 2001 — 2005 гг.). Статистический сборник. Пермь: Пермьстат, 2006. — 32 с.

3. Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами: научные принципы и практические решения // Пищевая промышленность. — 2010. — №4. — с. 20–24.
4. Спиричев В.Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / В.Б. Спиричев, Л.Н. Шатнюк, В.М. Позняковский; под общ. ред. В.Б. Спиричева. — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. — 548 с.
5. Трофименко А.В., Вржесинская О.А., Коденцова В.М. Сравнительная оценка эффективности использования в питании детей обогащенных витаминами и железом пищевых продуктов и витаминно-минеральных комплексов // Педиатрия. — 2005. — №1. — с. 52–58.
6. Липатов Н.Н., Сажинов Г.Ю., Геворкян А.Л., Тимошенко Н.В. Взаимосвязь питания и здоровья детей, новые аспекты создания специализированных пищевых продуктов.// Материалы Международной научно-практической конференции «Продовольственная индустрия Юга России. Экологически безопасные энергосберегающие технологии хранения и переработки сырья растительного и животного происхождения», ч.2, Краснодар, 2000. — с.78–80.
7. Аверьянова Н.И. Вскармливание детей 1-го года жизни: Учеб. пособие для мед. вузов / Н.И. Аверьянова, А.А. Гаслова. ГОУ ВПО ПГМА Росздрава. — Пермь, 2006. — 192 с.
8. Устинова А.В., Деревицкая О.К., Асланова М.А., Белякина Н.Е., Тимошенко Н.В., Кретов М.А. Детские функциональные продукты на мясной основе. // Пищевая промышленность. — 2005. — №3. — с.14–15.
9. Устинова А.В., Асланова М.А., Тимошенко Н.В. Мясные консервы для профилактики рахита у детей // Мясная индустрия. — 2004. — №8. — с. 32–33.
10. Удовиченко А.А., Колеснов А.Ю. Новые продукты с пектинами для детского питания // Пищевая промышленность. — 1995. — №6. — с.26.
11. Устинова А.В., Дыдыкин А.С., Белякина Н.Е., Конь И.Я., Углицких А.К. Мясорастворимые продукты для энтерального питания детей раннего возраста // Мясная индустрия. — 2005. — №11. — с. 60–63.
12. Азин Д.Л. Переработка растительного сырья Свердловской области. — Екатеринбург: Изд-во Урал.гос.экон. ун-та, 2004. — 139 с.
13. Сизенко Е.И., Аксенова Л.М. Основные направления экологизации продуктов питания // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2008. — №12. — с. 15–17.
14. Валенкевич Л.Н. Применение яблочного порошка при лечении больных хроническим энтеритом. // Вопросы питания. — 1993. — № 3. — с.24–27.

ГЕОЛОГИЯ

Уточнение геологического строения Дачного участка Мутновского месторождения парогидротерм по данным интерпретации геофизических исследований

в скважинах

Павлова В.Ю., инженер

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Выполнена оцифровка диаграмм каротажа скважин по современным технологиям и комплексная интерпретация диаграмм гамма-каротажа (ГК), термокаротажа (ТК) и каротажа методом самопроизвольного поля (ПС). Для каждого метода разработаны соответствующие алгоритмы геофизической и геологической интерпретации диаграмм каротажа скважин. Проведена межскважинная корреляция диаграмм каротажа с выделением опорных горизонтов, четко отличающихся по физическим свойствам (радиоактивным, электрохимическим, теплопроводным) от окружающих пород. По выделенным профилям построены корреляционные разрезы. Используя данные геофизических исследований в скважинах (ГК, ТК, ПС) построены объемные модели участка Мутновского месторождения парогидротерм.

Ключевые слова: каротаж, интерпретация, корреляция, скважина, модель.

Введение

Мутновское месторождение парогидротерм — одно из наиболее изученных на Камчатке геотермальных месторождений. Расположено в 70 км к юго-западу от г. Петропавловск-Камчатский в пределах Елизовского и Усть-Большерецкого районов Камчатского края. Площадь месторождения составляет в пределах доступной части 22 км².

За период с 1978 по 1994 гг. здесь пробурено 92 скважины, но не во всех из них производился отбор шлама, а керн отбирался лишь в единичных скважинах. Из-за нехватки такой информации возрастает значение интерпретации данных геофизических исследований в скважинах (каротажа), которые позволяют с большой детальностью изучать разрез, вскрываемый скважиной, получать непрерывную информацию о составе и свойствах пород по вертикали, а также прослеживать их изменение по латерали.

Цель работы — построение геолого-геофизической модели верхней части геотермального резервуара Дачного участка Мутновского месторождения парогидротерм. Выбраны скважины № 2, 5, 7, 10, 22 (рис.1), которые на данный момент являются ликвидированными.

Геологическое строение Мутновского месторождения парогидротерм определяется расположением его на северном фланге Мутновского вулкана и вблизи вулканической постройки Жировского вулкана и кальдеры вулкана Горелого. На его территории верхние горизонты разреза сложены главным образом экструзивными и пирокластическими породами от андезито-дацитового до липаритового состава средне- и верхне-плейстоценового возраста. На юге эти отложения перекрыты молодыми ос-

новными лавами и пирокластикой склонов вулкана Мутновского, на востоке и северо-востоке они прилегают к склонам древнего вулканического массива, сложенного нижнеплейстоценовыми лавами и туфами основного состава. В центральной части месторождения на поверхность выведен сложный фациально-изменчивый комплекс экструзивных, пирокластических и озерно-осадочных пород от базальтового до липаритового состава. По всей периферии они перекрыты маломощными спекшимися игнибридами местных эруптивных центров (рис.1) [7].

Методика исследований

Для геологического расчленения разреза скважин были подобраны диаграммы каротажа скважин [12]:

1. Гамма-каротаж (ГК), основан на измерении естественной гамма-активности горных пород.

2. Термокаротаж (ТК) — измерение температуры по стволу скважины (для решения поставленной цели использовались каротажные диаграммы термокаротажа в не обсаженных и не выстоявшихся скважинах для выявления возможных проницаемых зон (притока холодных и термальных вод).

3. Каротаж методом самопроизвольного поля (ПС) сводится к измерению постоянных естественных потенциалов, возникающих у пластов с разной электрохимической активностью. Естественные потенциалы (потенциалы собственной поляризации) возникают при окислительно-восстановительных, диффузионно-адсорбционных и фильтрационных процессах, протекающих в различных горных породах.

При интерпретации диаграмм каротажа решались следующие задачи:

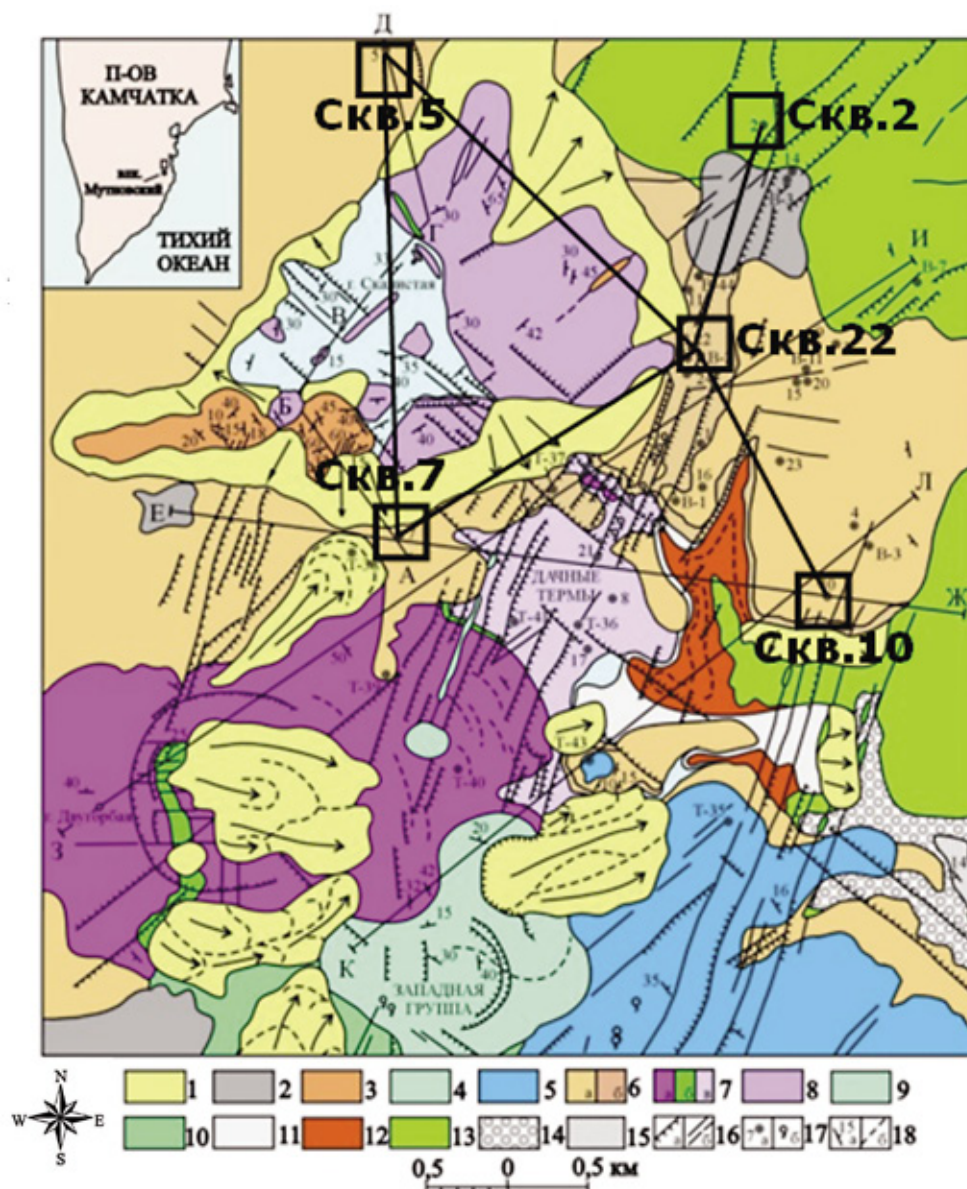


Рис. 1. Схематическая геологическая карта района Мутновского месторождения парогидротерм (составлена с использованием материалов О.Н.Егорова, Е.Н.Гриб, Б.П.Чумака и данных буровых работ, автор В.Л. Леонов [7]).

Условные обозначения: 1 – обвально-осыпные отложения (Q_4); 2 – пемзовые туфы перевалов (Q_4); 3 – риолиты поздней фазы кислого вулканизма вулкана Скалистого (Q_3^4); 4 – базальты Дайковой серии и вулкана Плоского (Q_3^{3-4}); 5 – базальты, андезито-базальты, андезиты вулкана Мутновского (Q_3^{3-4}); 6 – игнимбриты трещинных ареальных извержений и вулкана Горелого (второй фазы) (а) и пемзовые туфы района Дачных терм (б) (Q_3^{2-3}); 7 – андезиты, дациты, риолиты (а), базальты (б), их туфы и туфобрекчии (в) вулкана Двугорбого (Q_{2-3}); 8 – андезиты, дациты, риолиты ранней фазы кислого вулканизма вулкана Скалистого (Q_{2-3}); 9 – базальты, андезито-базальты, их туфы и туфобрекчии вулкана Скалистого (Q_{2-3}); 10 – базальты, их туфы и туфобрекчии вулкана Пальчик (Q_{2-3}); 11 – промежуточный комплекс туфоконгломератов, туфов и туфобрекчий (Q_{2-3}); 12 – игнимбриты вулкана Горелого (первая фаза) (Q_{2-3}); 13 – базальты, андезито-базальты, андезиты, их туфы и туфобрекчии вулкана Жировского (Q_1); 14 – туфы, спекшиеся туфы, туфобрекчии риолито-дацитового состава ($N_1^3-N_2$); 15 – туфобрекчии, туфы, туфопесчаники, туфоалевролиты с прослоями лав базальтового состава (N_1^{1-2}); 16 – разрывные нарушения с установленным вертикальным смещением (а), трещины (б); 17 – разведочные скважины (а), термопроявления (б); 18 – элементы залегания пород (а), маркирующие границы внутри стратиграфических подразделений (б). Черными линиями выделены профили для построения корреляционных разрезов.

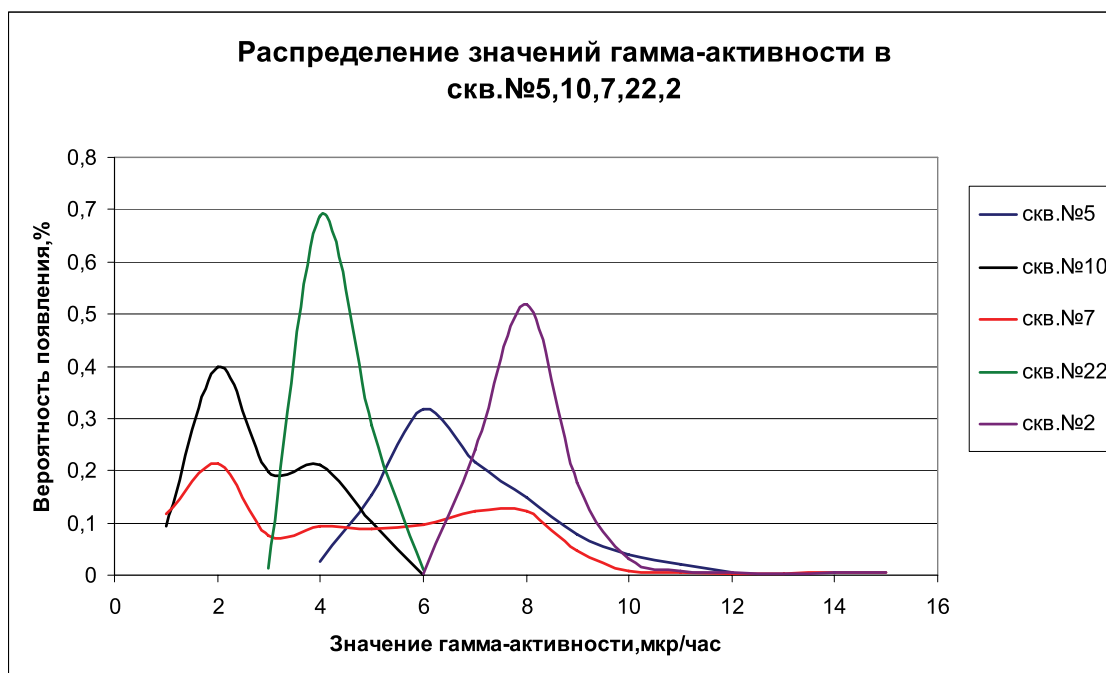


Рис. 2. Графики плотности распределений значений гамма-активности

1. Геофизическая и геологическая интерпретация диаграмм ГК, ТК, ПС: оцифровка диаграмм каротажа скважин по современным технологиям [8]; разработка соответствующих алгоритмов геофизической и геологической интерпретации диаграмм каротажа скважин.

2. Комплексная интерпретация диаграмм ГК [9], ТК, ПС и их межскважинная корреляция.

3. Построение корреляционных разрезов.

4. Построение объемных моделей участка Мутновского месторождения парогидротерм.

Интерпретация диаграмм ТК сводится к следующему [1,4,10,11]:

1. Построение геотермограммы.

По изменению угла наклона кривой термограммы отмечаются границы пород, различающихся по тепловым свойствам.

2. Определение геотермического градиента G .

Характеризует интенсивность возрастания температуры с глубиной:

$$G = dT / dH,$$

где dT — разность температур: $dT = T_2 - T_1$, °C/м;

dH — разность глубин: $dH = H_2 - H_1$, м.

3. Определение геотермической ступени G .

Характеризует расстояние в метрах, на котором температура возрастает на 1 °C:

$$G = 1/G$$

4. Геотермограмма разбивается на отдельные участки с близкими значениями градиентов температуры.

5. Расчленение разреза скважины по изменению угла наклона участков геотермограммы с привязкой данных керна и шлама [13].

Интерпретация диаграмм ПС [1,4,10,11]:

1. Определение «линии глин».

Условная линия отсчета аномалий ПС (условно выбирают положение, соответствующее максимальному положительному отклонению).

2. Определение $\Delta U_{ПС}$ (фактическая диаграмма).

Значения снимают непосредственно по величине аномалии ПС.

3. Определение статистического потенциала $E_{да}$ (статистическая диаграмма).

Определение параметров пласта (количественная интерпретация) — предполагает приведение амплитуд $\Delta U_{ПС}$ к условиям пласта бесконечной мощности, т.е. к значению $E_{да}$ (E_s) против рассматриваемого пласта. Для этого используют формулу:

$$E_s = \Delta U_{ПС} / v,$$

где v — поправочный коэффициент, $v = f(h, \rho_p, \rho_{вм}, \rho_{зп}, \rho_c, d_c, D)$.

При $h > 5 d_c$ поправка обычно не требуется ($v = 1$).

4. Определение параметра $\alpha_{ПС}$ — содержание глинистого материала в породе по относительной амплитуде ПС.

Отражает свойства пласта и вмещающих глин, называют также коэффициентом снижения амплитуды ПС:

$$\alpha_{ПС} = \Delta U_{ПС} / E_s$$

Первоочередной этап в эффективном изучении строения территории по данным геофизических исследований скважин (ГИС) — это сопоставление диаграмм ГК (корреляция разрезов скважин). Корреляция заключается в выделении характерных горизонтов (пластов) и в определении глубины их залегания в различных скважинах. Основой для корреляции разрезов является керновый материал, анализы шлама и промывочной жидкости. В качестве дополнительных данных привлекаются данные гео-

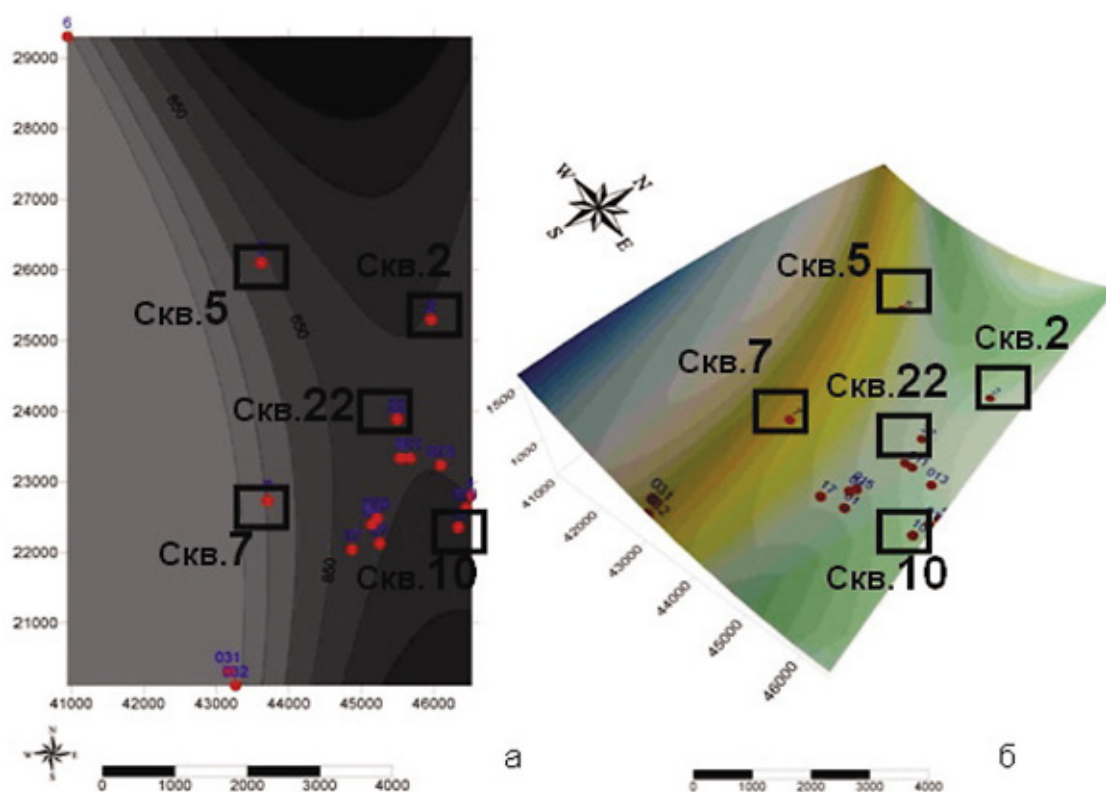


Рис. 3. Рельеф земной поверхности: а) в плане; б) объемная модель

физических исследований скважин (ГИС), которые становятся основными в случае малого выхода керна или при его отсутствии. Корреляция разрезов скважин по данным каротажа начинается с выделения опорных горизонтов (реперов), прослеживаемых на каротажных диаграммах всех или большинства скважин на данной территории. В качестве каротажных реперов чаще всего используют пласты, отличающиеся устойчивыми признаками на диаграммах. Корреляция разрезов по каротажным данным обязательно увязывается с геологическими данными и контролируется ими, в частности данными по литологии и возрасту горных пород [10].

Используя данные геофизических исследований в скважинах (ГК, ТК, ПС) построены объемные модели участка Мутновского месторождения парогидротерм с помощью стандартных методов компьютерной визуализации графиков, что позволило проследить изменение физических показателей (гамма-активность, естественный потенциал собственной поляризации, температура) с глубиной.

Результаты исследований и их обсуждение

Создание оптимизированного метода оцифровки диаграмм выполнено на примере конкретных геофизических исследований в скважинах, что является основой для дальнейшей обработки каротажных диаграмм с помощью современных компьютерных средств. На данном этапе исследований геологическая и геофизическая ин-

терпретация диаграмм ГК позволяет сделать вывод о том, что при переходе от пород кислого состава (дациты) к породам среднего (андезиты) и основного состава (базальты) радиоактивность уменьшается. При этом одни из горизонтов изменения гамма-активности соответствуют слоям горных пород, а другие — горизонтам наложенных изменений. Градиентные зоны на графиках ГК соответствуют границам слоёв с контрастными значениями гамма-активности.

По полученным данным построены графики плотности распределений значений гамма-активности (рис. 2), показывающие наличие одной или двух — трех мод в распределении гамма-активности по каждой из скважин. За исключением скважины 5 (расположенной на окраине Дачного участка и характеризующей разрез кальдеры вулкана Горелого, а не самого участка), модальные значения в целом совпадают. Это даёт основание выполнять сопоставление графиков гамма-каротажа между скважинами. Для графиков характерны следующие ярко выраженные виды распределений: нормальное, бимодальное, логнормальное и асимметричное. В направлении с юга на север, при переходе от скважин № 10, 7, 22 (расположенных в центральной части) к скважинам № 5, 2 (на периферии участка) происходит увеличение значений гамма-активности, что обусловлено наличием горных пород с повышенными радиоактивными свойствами. Для всех скважин отмечается незначительное увеличение радиоактивности, с глубиной, однако наиболее интенсивные положительные аномалии гамма-активности наблюдаются на

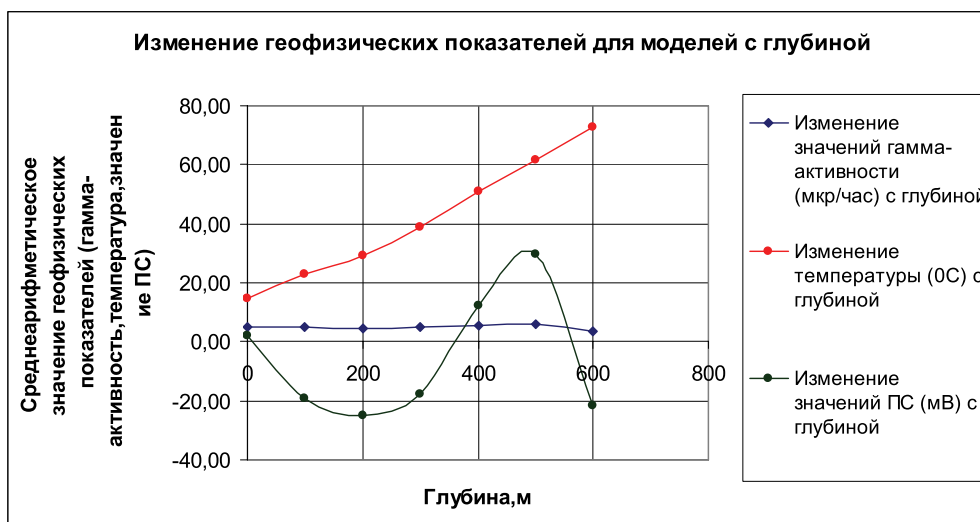


Рис. 4. Графики изменений геофизических показателей для моделей с глубиной

глубинах 400-500 м на участках расположения скважин № 7 и № 10 (рис.4).

Геологическая и геофизическая интерпретация диаграмм ТК выполнялась только с точки зрения анализа температур в не обсаженных и не выстоявшихся скважинах для выявления возможных проницаемых зон (притока холодных и термальных вод). При этом пространственное распределение температур не анализировалось, т.к. для рассматриваемого месторождения имеются многочисленные публикации о трехмерном строении температурного поля [6]. Особое внимание уделялось расчетам геотермического градиента, т.к. именно такой подход позволяет более уверенно выделять зоны изменения фазового состояния теплоносителя, приуроченные к проницаемым зонам, а также сами зоны циркуляции в них теплоносителя, представленного водой или пароводяной смесью (рис.4).

Построение фактических и статистических диаграмм $\Delta U_{\text{ПС}}$ при анализе диаграмм ПС позволило установить, что при переходе от пород кислого состава (дациты) к породам среднего состава (андезиты) и основного состава (базальты) значения ПС увеличиваются, при этом в направлении с востока на запад и с юга на север, при переходе от скважин № 10, 7 к скважине № 5 происходит увеличение значений ПС (от -20, 20 к -100, 100 мВ). На глубинах от 0 до 350 м наблюдаются отрицательные значения ПС (до -25 мВ), что возможно обусловлено течением жидкости в пласт, выделяются участки поглощения жидкости; на глубинах от 350 до 600 м наблюдаются положительные значения ПС (до +30 мВ), что возможно обусловлено притоком жидкости (рис.4).

По локальной системе координат и высотам устьев скважин реконструирован рельеф земной поверхности (рис.3). На схеме хорошо проявлена субмеридиональная депрессия, соответствующая меридионально вытянутой долине р. Фальшивая.

Совместный анализ трех типов каротажных диаграмм позволил построить для месторождения корреляционные

разрезы физических полей, характеризующих состав пород, слагающих геотермальный резервуар (рис.5,6). В итоге выделены и прослежены слои и горизонты горных пород, позволяющие оценить общие особенности строения месторождения.

В целом в верхней части месторождения, охваченной каротажными исследованиями, выделяются два четко различающихся на корреляционных графиках комплекса пород (рис.5, 6).

Приповерхностная часть резервуара сложена плейстоценовыми игнимбритами и игнимбритоподобными туфами дацитов с прослоями лав. Эти породы выпадают лишь в разрезе скважины № 2, расположенной в северной периферии участка. В остальных скважинах средняя мощность отложений 100 м, увеличивается от скважины № 10 к скважине № 5 в направлении с востока на северо-запад. С нашей точки зрения, это подтверждает имеющиеся представления о приуроченности Дачных терм к субмеридиональному грабену; однако не исключено, что ширина грабена превышает границы, которые даны в имеющихся работах [7,12].

Собственно геотермальный резервуар сложен на рассматриваемой территории (и в пределах изученной части разреза) верхнеплиоценовыми лавами и туфами андезито-базальтов, базальтов, андезитов, с туфами того же или смешанного состава. Увеличение мощности происходит в направлении от скважины № 7 к скважинам № 22 и 2 в направлении с юго-запада на северо-восток. На наш взгляд, эта тенденция отражает нахождение на северо-востоке погруженной части крупной депрессии, в которой происходило накопление в позднем плиоцене вулканитов, источники которых располагались по её обрамлению (рис.5,6).

Заключение

Прослежено изменение физических показателей (гамма-активность, естественный потенциал собственной

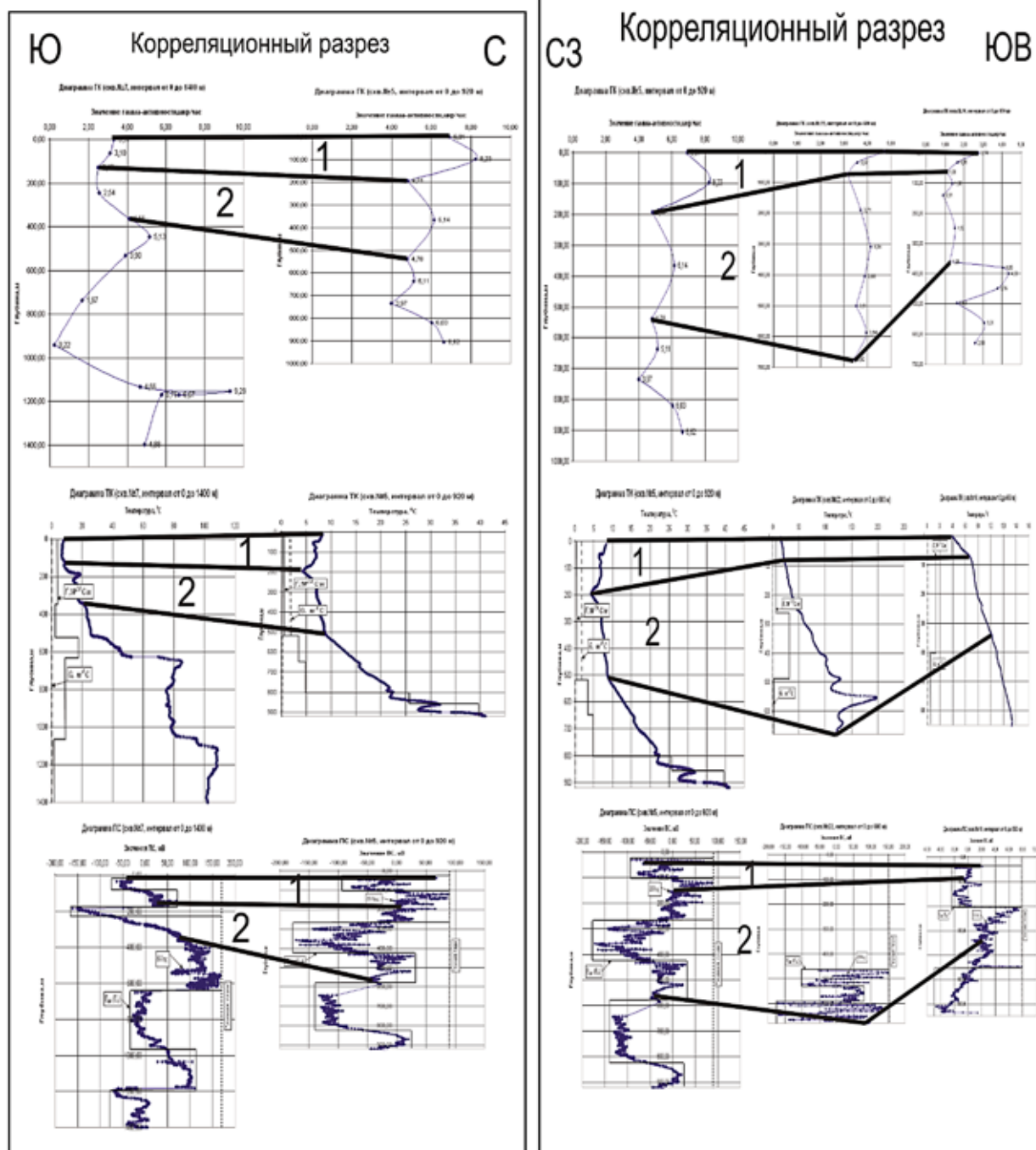


Рис. 5. Корреляционные разрезы в направлении с юга на север и северо-запада на юго-восток (диаграммы ГК, ТК, РС). Черными линиями выделены кровля и подошвы пластов горных пород.

1 - Q2 – туфы дацитов с прослоями лав, игнимбритоподобные; 2 - Nal2 – лавы и туфы андезито-базальтов, базальтов, андезитов, с туфами того же или смешанного состава

поляризации, температура) для горных пород с глубиной. Методы каротажа скважин позволяют установить поло-

жение геологических границ и слоев Мутновского месторождения.

Литература:

1. Бабадаглы В.А., Изотова Т.С., Карпенко И.В. и др. Литологическая интерпретация геофизических материалов при поисках нефти и газа. М.: Недра, 1988. 256 с.
2. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятности. М.: Наука, 1969. 368 с.



1 - Q2 – туфы дацитов с прослоями лав, игнимбритоподобные; 2 - Nal2 – лавы и туфы андезито-базальтов, базальтов, андезитов, с туфами того же или смешанного состава

3. Девис Дж. Статистика и анализ геологических данных. М.: Мир, 1977. 572 с.
4. Дмитриев В.И. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике // Справочник геофизика. М.: Недра, 1990. 498 с.
5. Дьяконов Д.И., Леонтьев Е.И., Кузнецов Г.С. Общий курс геофизических исследований скважин. М.: Недра, 1984. 432 с.
6. Кирюхин А.В., Гусев Д.Н., Делемень И.Ф. Высокотемпературные гидротермальные резервуары. М., 1991. 160 с.
7. Леонов В.Л. Структурные условия локализации высокотемпературных гидротерм. М., 1989. (монография на e-mail: lvl@kscnet.ru)

8. Павлова В.Ю. Компьютерная оцифровка диаграмм гамма-каротажа скважин, пробуренных на Дачном участке Мутновского геотермального месторождения (Камчатка) // Исследования в области наук о Земле // Материалы VI региональной молодежной научной конференции «Исследования в области наук о Земле». 26–27 ноября 2008 г. П-К: КамГУ им. В.Беринга, 2008. С. 57–65.
9. Павлова В.Ю. Интерпретация диаграмм гамма-каротажа скважин Дачного участка Мутновского месторождения парогидротерм // Исследования в области наук о Земле // Материалы VII региональной молодежной научной конференции «Исследования в области наук о Земле». 25 ноября 2009 г. П-К: КамГУ им. В. Беринга. 2009. С. 67–78.
10. Селиверстов Н.И. Геофизические методы исследования скважин // Учебное пособие для геологических специальностей вузов. П-К, 2004. 93 с.
11. Сохранов Н.Н., Аксельрод С.М., Зунделевич С.М. и др. Обработка и интерпретация данных промысловых геофизических исследований на ЭВМ // Справочник. М.: Недра, 1989. 240 с.

Фондовая:

12. Блукке П.П., Асаулова Н.П., Остапенко С.В. Отчет о результатах предварительной разведки на участке Дачном Мутновского месторождения парогидротерм с подсчетом запасов теплоносителя для обоснования проекта строительства первой очереди геотермальной электростанции мощностью 50 МВт. ПГО «Сахалингеология». 8 книг. 1987. Приложение № 37, 40, 42, 45, 57. (Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН).
13. Сугробов В.М., Набоко С.И., Словцов И.Б. и др. Отчет по теме: Минералого-петрографическое описание скважин Мутновского месторождения парогидротерм. П-К. 1988. 257 с. (Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН).

Молодой ученый

Ежемесячный научный журнал

№ 8 (19) / 2010. Том I.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметова Г. Д.

Члены редакционной коллегии:

Ахметова М. Н.

Иванова Ю. В.

Воложанина О. А.

Комогорцев М. Г.

Драчева С. Н.

Лактионов К. С.

Ахметова В. В.

Ответственный редактор:

Шульга О. А.

Художник:

Шишков Е. А.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях,
ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать
с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

672000, г. Чита, ул. Бутина, 37, а/я 417.

E-mail: info@moluch.ru

<http://www.moluch.ru/>

Учредитель и издатель:

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Тираж 300 экз.

Отпечатано в ООО «Формат».



Дизайн — студия «Воробей»

www.Vorobei-Studio.ru

Вёрстка — П.Я. Бурьянов

paul50@mail.ru