

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ  
КИЕВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На правах рукописи

ГОНЧАРЕНКО Борис Николаевич

УДК 664.2; 658.563;

663.252

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЫРЬЯ ДЛЯ ПИЩЕВЫХ  
ПРОИЗВОДСТВ

Специальность 05.18.07 - Технология продуктов брожения, алко-  
гольных и безалкогольных напитков

05.13.07 - Автоматизация технологических  
процессов и производств (пищевая  
промышленность)

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Киев - 1992 г.

Работа выполнена в Киевском технологическом институте пищевой промышленности

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ

Академик Академии наук технологической кибернетики и международной Академии компьютерных наук и систем,  
доктор технических наук, профессор

ФЕДОТКИН И.М.

Член-корреспондент Академии технологических наук,  
доктор технических наук, профессор

МАРИНЧЕНКО В.А.

Доктор технических наук, профессор

СКРИПНИК Ю.А.

Ведущая организация - НПО "Пищепромавтоматика"

Защита состоится "24" . февраля . . . 1993 года в .14<sup>00</sup> . часов  
на заседании специализированного совета Д 068.17.01 Киевского технологического института пищевой промышленности по адресу: 252017, г. Киев-17, ул. Владимирская, 68.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КТИПП.

Автореферат разослан "10. *м.варр* .1993 года.

Ученый секретарь  
специализированного совета,

К.Т.Н., доцент

Л.М.Хомичак

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность работы

Актуальность проблемы связана с тем, что решение задачи автоматизированного контроля показателей качества пищевого сырья позволяет с одной стороны сократить потери сырья при его приемке, хранении и переработке, а с другой – создает предпосылки для его более эффективной переработки и улучшения качества готового продукта.

Повышение качества перерабатываемого пищевого сырья определяет эффективность производства, количество, качество и пищевую ценность выпускаемой продукции. Оно также зависит от получения оперативной информации о качестве сырья. Контроль качества сырья в производстве пищевых продуктов направлен на сокращение его потерь и улучшение качества готовой продукции за счет переработки однородного по качеству сырья, сформированного по результатам контроля.

Операции контроля качества сырья ведутся пока преимущественно органолептически, что не позволяет оперативно получать объективную информацию. Стандартные методы контроля не являются эффективными: не оперативны во времени, не механизированы и не автоматизированы по реализации, не дают возможности своевременно влиять на процессы хранения и переработки сырья, выявлять резервы снижения его потерь, увеличения выхода и улучшения качества готового продукта.

Разработка эффективных экспрессных и автоматизированных методов квалиметрии пищевого сырья, предусматривающая создание как собственно методов, так и их метрологического обеспечения и автоматизированных средств реализации их в производственных условиях, является актуальной научно-технической проблемой, решению которой и посвящена данная работа.

Тема диссертации определялась в соответствии с координационным

планом важнейших работ (проблема 0.38.01, задание 03.04) по картофелю и с заданиями: целевых комплексных научно-технических программ: - 0.Ц.026 (задание 02.09.11) и 0.П.047 (задание 09.17) по семенам подсолнечника. Отдельные разделы работы связаны с выполнением НИР по плану КТИП, номера госрегистрации 0188.0 013831, 0186.0 017494, 0188.0 047658.

Цель работы: - создание эффективных автоматизированных экспрессных методов определения показателей качества сельскохозяйственного сырья (на примере картофеля и масличных семян), их теоретическое обоснование, анализ и исследование.

Научная новизна исследований заключается в предложенных впервые в пищевой промышленности основах разработки качественно новых технических систем комплексного автоматического определения качества (как совокупности показателей) растительного пищевого сырья автоматизированными методами, объединенными в системы, и в предложенном системном подходе к созданию методов и средств квалиметрии пищевого сырья, который включает не только разработку собственно метода, его метрологического обеспечения и технической реализации, но и автоматизацию средств их реализации с последующим объединением их в системы, что обеспечивает повышение их эффективности. Впервые в пищевой промышленности разработаны методы автоматизированного определения показателей качества растительного сырья, обеспечивающие экспрессность, требуемую точность, эффективность получения и использования оперативной информации в производственных условиях.

Опробованы в производственных условиях и исследованы автоматические методы отбора представительных проб картофеля, определения в них загрязненности и крахмалистости.

Установлена возможность измерения с заданной точностью влажности семян подсолнечника микроволновым методом, а также применимость

этого метода для измерения концентрации и содержания компонент в растворе. Разработан алгоритм получения и обработки информации в методе определения кислотного числа масла в семенах.

Разработана система автоматического управления устройствами, реализующими методы, получены математические модели алгоритмов управления в виде операторных формул. На основе дискретного преобразования Лапласа разработан метод анализа передаточных свойств САУ циклическими процессами.

Разработанные в результате проведенных исследований устройства, способы контроля и управления защищены 26 авторскими свидетельствами.

Практическая ценность работы. Предложенные методы и устройства для кваллиметрии сырья использованы НИО "Пищепромавтоматика" при разработке и изготовлении опытных образцов АСЭАК семян подсолнечника и картофеля. Их внедрение и применение делают реальными расчеты с поставщиками сырья с учетом его качества, формирование на основе оперативной информации однородных по качеству партий сырья, а на этой основе и оптимизацию производства, повышение его эффективности, качества продукции. Методика анализа САУ циклическими процессами применима при разработке других подобных САУ в пищевой промышленности.

Реализация результатов. Основанные на работах автора образцы АСЭАК семян подсолнечника и приборно-аналитического комплекса (ПАК) кислотного числа масла в семенах внедрены в 1985 г. составе АСУП сырьевого хозяйства на Бельцком МЖК.

Микроволновой анализатор растворов получил распространение в качестве самостоятельного изделия для контроля содержания СВ диффузионного сока и сиропов в сахарном производстве и продуктов расщипки в спиртовом.

Опытный образец АСЭАК картофеля испытан, принят межведомственной комиссией в 1980 г. и рекомендован для внедрения на спиртовых и

крахмалопаточных заводах.

Расчетный годовой экономический эффект внедрения разработок по теме диссертации составил на одно изделие (в ценах на момент сдачи заказчику и внедрения): АСЭАК семян подсолнечника - 161647 р., ПАК КЧ семян подсолнечника - 31039 р., микроволновый анализатор растворов - 125000 р.; АСЭАК картофеля: - пробоотборник - 33050 р., - линия обработки проб (ЛОП) картофеля - 159600 р. (всего 510336 р.).

Материалы диссертации используются в учебном процессе при чтении лекций, в курсовом и дипломном проектировании.

Основные положения, представляемые к защите.

1. Принципы методов определения технологических показателей качества сырья (картофеля и семян подсолнечника), включая их метрологическое обеспечение и автоматизацию, основы объединения автоматизированных методов в систему комплексного определения качества и влияние объективности определений качества на эффективность спиртового производства и добычи растительного масла.

2. Основы технического обеспечения и решений по реализации автоматизированных методов квалиметрии сырья и систем автоматического управления ими, гарантирующих эффективное использование, включая экспрессность и точность.

3. Принципы теории устойчивости и математического моделирования применительно к САУ циклическими процессами как к импульсным системам управления оборудованием, реализующим комплексные методы автоматизированной квалиметрии растительного сырья.

Апробация работы. Основные результаты работы были представлены:

- на ежегодных научных конференциях КТИШ, начиная с XXXIV-й (г. Киев, 1966 - 1991 гг.); - на шести республиканских в КДНТЭП (г. Киев, 1968 г., 1978 г., 1985 г., 1987 г., 1988 г., 1991 г.); - на восьми всесоюзных (г. Каунас, 1972 г. и 1974 г.; г. Москва, 1983 г., 1984 г., 1989 г., 1990 г., г. Харьков, 1984 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 75 печатных работ, получены 26 авторских свидетельств.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из 5 глав, изложенных на 290 страницах машинописного текста, введения, заключения, списка использованной литературы по главам из 174 наименований и приложений, иллюстрирована рисунками (42) и таблицами (51).

#### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Выбору направлений исследований предшествовал анализ методов определения показателей качества крахмалосодержащего и масличного сырья. Оказалось, что ввиду отсутствия на момент анализа до настоящей работы разработок по созданию комплексных систем определения качества растительного пищевого сырья не был сформулирован и общий подход к созданию таких систем.

Отбор проб и определение показателей качества картофеля для технических целей, осуществляется в соответствии с ГОСТ 7194 - 81. Отбор точечных проб (для составления объединенной) в промышленности производят вручную в процессе выгрузки картофеля из транспортных средств. В период массовой приемки картофеля отбор зависящего от массы партии количества точечных проб (от 6 до 30) массой не менее 3 кг, обычно вынужденно заменяют отбором одной пробы, массой до 7 кг (одно ведро), из верхнего слоя в транспортной единице, что не обеспечивает требуемой ее представительности. Известные конструкции устройств для отбора проб сыпучих материалов или не удовлетворяют требованиям ГОСТ или наносят массе картофеля существенные повреждения, открывая путь фитопатогенной инфекции и возрастанию потерь при хранении. Наиболее подходящим и выбранным для дальнейших исследований оказался способ отбора проб картофеля в процессе его транспортирования при выгрузке.

Определение загрязненности картофеля производят по ГОСТ 7194-81 путем измерения массы части или всей пробы, отмывки земли, измерения массы мытой пробы и вычисления содержания земли в пробе в процентах.

Определение содержания крахмала в картофеле, предназначенном для переработки в спирт и крахмал, производят по ГОСТ 7194 - 81 на основании зависимости между плотностью картофеля и содержанием сухих веществ с последующим нахождением крахмалистости по разности между общим содержанием сухих и некрахмалистых веществ. Этот метод и уточнение условий его проведения приняты для дальнейших исследований и разработки.

Качество семян подсолнечника как промышленного сырья регламентируется ГОСТ 22391-77, предусматривающим нормы, по которым производят расчеты за семена. К методам испытаний СП относятся определение влажности по ГОСТ 10856 - 64, определение кислотного числа масла в семенах по ГОСТ 10858 - 77 и определение масличности СП по ГОСТ 10857 - 64. Стандартный метод определения влажности основан на высушивании навесок в сушильном шкафу. Метод определения содержания сырого жира предусматривает экстракцию масла растворителем и высушивание с взвешиванием или рефрактометрическое определение масличности СП. Продолжительность экстракции 22-24 часа. Допускаемые ГОСТ расхождения двух параллельных определений влажности в 0,25 % и масличности в 0,5 % характеризуют только воспроизводимость метода, а не его точность, что затрудняет использование стандартных методов в качестве контрольных и требует разработки таковых.

Метод определения КЧ заключается в титровании масла, извлеченного из семян настаиванием, экстрагированием или прессованием. Количество масла, титруемого в пробе во время анализа, определяется отгонкой растворителя на песчаной бане, что является ручным и длительным процессом, сложно автоматизируемым и не безопасным. За резуль-

тат определения КЧ принимают среднее результатов параллельных титрований, расхождение между которыми не превышает 0,1 мг КОН. Это расхождение также не характеризует точности стандартного метода определения.

В дополнение к обзору стандартных методов в работе проведен обзор других известных методов и средств их реализации. При всем их разнообразии не оказалось методов полностью отвечающих требованиям применения в автоматизированных системах по точности, экспрессности и возможности автоматизации.

Наиболее полно этим требованиям отвечают методы ЯМР-спектрометрии и поглощения энергии СВЧ. В работе обосновано предпочтение СВЧ метода перед ЯМР для определения влажности и масличности СП. К дальнейшему исследованию принят СВЧ - метод.

Для определений показателя КЧ в дальнейших исследованиях приняты разработанный в КТИШП метод рН-метрии и автоматизированный стандартный метод титрования.

На основании проведенного анализа основные задачи исследований по теме диссертации сформулированы в следующем виде:

1. Разработка общего подхода к анализу методов квалиметрии сырья в системе обеспечения его качества и общего системного подхода к созданию качественно новых технических систем комплексного определения качества пищевого сырья автоматизированными методами, объединенными в системы.

2. Исследование автоматического пробоотборного устройства картофеля конвейерного типа и его совершенствование.

3. Исследование метода автоматизированного определения крахмалистости пробы картофеля, разработка его метрологического обеспечения и контрольного метода.

4. Исследование и совершенствование линии обработки проб (ЛОП)

картофеля для автоматического определения их загрязненности, крахмалистости и содержания поврежденных, больных и мелких клубней.

5. Исследование условий измерения и функциональных зависимостей затухания СВЧ колебаний во влажных СП. Разработка контрольного метода измерения влажности и автоматизированного экспрессного СВЧ-метода и устройства определения влажности СП.

6. Исследование вопросов, связанных с разработкой автоматического экспрессного метода определения концентрации экстракта масла (мисцеллы) и контрольного метода приготовления стандартных образцов.

7. Исследование вопросов автоматического определения КЧ масла СП, разработка и реализация ПАК автоматического определения КЧ.

8. Исследование и разработка систем автоматической обработки полученной информации и САУ циклическими процессами (комплексами технических средств для реализации разработанных методов, разработки алгоритмов их функционирования, алгоритмов управления и собственно САУ.

#### Создание методов квалиметрии пищевого сырья и их автоматизация

Из анализа методов квалиметрии растительного пищевого сырья следует, что системы определения (контроля) и обеспечения качества пищевого сельхозсырья иерархически связаны. Состав системы обеспечения качества (СОК) определен в виде матрицы смежного двудольного графа с вершинами в виде сфер производства и реализации сельскохозяйственной и пищевой продукции (СПР) и АСЭАК.

Реальный вид матрицы СОК по видам сельхозсырья, для которых проводились разработки автоматизированных систем экспресс-анализа качества и которая отражает состояние их разработки, приведена ниже (I) и охватывает СПР картофеля (К), сахарной свеклы (СС), семян подсолнечника (СП), хлопчатника (СХ), винограда (В), томатов (Т), чая (Ч) и зеленого горошка (ЗГ).

В матрице обозначено индексами: I - система разработана, внедре-

на; 0 - система не разработана, не внедрена;  $n = 1, 2, 3, \dots$  - уровни

|          | СПР К | СПР СС | СПР СП | СПР СХ | СПР В | СПР Т | СПР Ч | СПР ЗГ |
|----------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| АСЭАК К  | I     | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      |
| АСЭАК СС | 0     | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      |
| АСЭАК СП | 0     | 0      | I      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      |
| АСЭАК СХ | 0     | 0      | 0      | I      | 0     | 0     | 0     | 0      |
| АСЭАК В  | 0     | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      |
| АСЭАК Т  | 0     | 0      | 0      | 0      | 0     | I     | 0     | 0      |
| АСЭАК Ч  | 0     | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | I     | 0      |
| АСЭАК ЗГ | 0     | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | I      |

(I)

связей в зависимости от назначения, сложности реализации, информативности и других показателей АСЭАК.

Состав АСЭАК качества имеет вид аналогичной матрицы, дополняющей иерархически первую.

|            | КП<br>вл. | КП<br>масл. | КП<br>кч | КП<br>засор. |
|------------|-----------|-------------|----------|--------------|
| АСЭАК СП = | СК вл.    | СК масл.    | СК кч    | СК засор.    |
|            | I         | 0           | 0        | 0            |
|            | 0         | I           | 0        | 0            |
|            | 0         | 0           | I        | 0            |
|            | 0         | 0           | 0        | 0            |

(2)

|           | КП<br>загряз | КП<br>крахм | КП<br>зараж | КП<br>фракц | КП<br>мех.повр |
|-----------|--------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| АСЭАК К = | СК загр      | СК крахм    | СК зараж    | СК фракц    | СК мех.повр    |
|           | I            | 0           | 0           | 0           | 0              |
|           | 0            | I           | 0           | 0           | 0              |
|           | 0            | 0           | I           | 0           | 0              |
|           | 0            | 0           | 0           | I           | 0              |
|           | 0            | 0           | 0           | 0           | I              |

(2а)

Матрицы состава разработанных АСЭАК СП и АСЭАК К отражают реальный факт их разработки и внедрения.

Увязывая содержание настоящей работы с классификационными признаками системы качества продукции, определим ее цель как разработку автоматизированных методов для систем контроля качества (на примере СП, СХ и картофеля), что соответствует трем из возможных строк матрицы (1) и потребовало разработки методов и систем контроля параметров качества сырья как продукции сельхозпроизводства: влажности, масляности и кислотного числа масла в семенах, загрязненности и крахмалистости картофеля в соответствии со строками матрицы (2), технических средств их реализации и их же метрологического обеспечения.

Новый подход к созданию методов квалиметрии пищевого сырья на основании изложенного может быть сведен к следующей последовательности этапов разработки: разработка метода в процессе совершенствования существующего или исследования новых закономерностей и зависимости измеряемого показателя качества сырья от системы физических параметров; исследование разработанного метода, его метрологическое обоснование и обеспечение; техническая реализация метода и его автоматизация с учетом обеспечения эффективного использования при заданной точности измерения и разумно целесообразной стоимости реализации.

При синтезе схем управления и передачи информации может использоваться разработанная нами методика машинной минимизации. Синтез САУ работой комплексов и линий, имеющих циклический характер алгоритма управления, основан на языке описания структуры логических автоматов (ЛА) в виде операторных формул. Основу языка составляют операторы над произвольными множествами логических функций. Язык содержит операторы, отражающие логические элементы ИЛИ, И, НЕ, RS-триггер, элемент задержки, счетчик и др.

Так как в настоящее время не существует единого метода миними-

зации логических функций (операторных формул), использован и разрабатывался с доведением до машинной программы метод Квайна - Мак-Класки. Основные этапы преобразования матрицы логической функции по этому методу изображены в виде блок-схемы на рис I. В диссертации приведено более подробное рассмотрение схемы данного алгоритма.

Для синтеза САУ циклическими процессами удобным является метод на основе тактового распределителя. Тактовый распределитель представляет собой ряд соединенных друг с другом схем ПАМЯТИ, количество которых принимается равным числу тактов работы схемы управления. Как упоминалось, режим повторяющихся циклов характерен для технических средств, реализующих автоматизированные методы квалиметрии пищевого сырья (ПАК КЧ, АСЭАК СП (СХ), ЛОП К, АСЭАК К и др.).

Основным средством повышения эффективности методов квалиметрии растительного сырья явилась их автоматизация на базе логического приборного и микропроцессорного управления. Дальнейшее повышение эффективности упомянутых методов достигнуто интегрированием их в единую систему. Существующие алгоритмы агрегирования информации на основе решения задач математического программирования с блочной структурой недостаточно учитывают агрегирование информации при передаче ее на верхний уровень иерархии. Задача разработки процедуры с агрегированием рассмотрена в работе на примере двухуровневой системы передачи информации в АСЭАК СП. Система состоит из верхнего уровня - ЭВМ АСЭАК СП (центра) и  $N$  элементов нижнего уровня (ПАК масличности, влажности и кислотного числа). "Центр" интересуется значениями не самих переменных  $x_i$  (температура, содержание масла в пробе семян, количество израсходованного титранта, его качество (разбавление), а некоторых обобщенных функций этих переменных  $F_i(x_i)$ , как, например, значение КЧ масла в семенах, точность его определения, количество определений в час или их стоимость. Модель "центра", имеющая вид

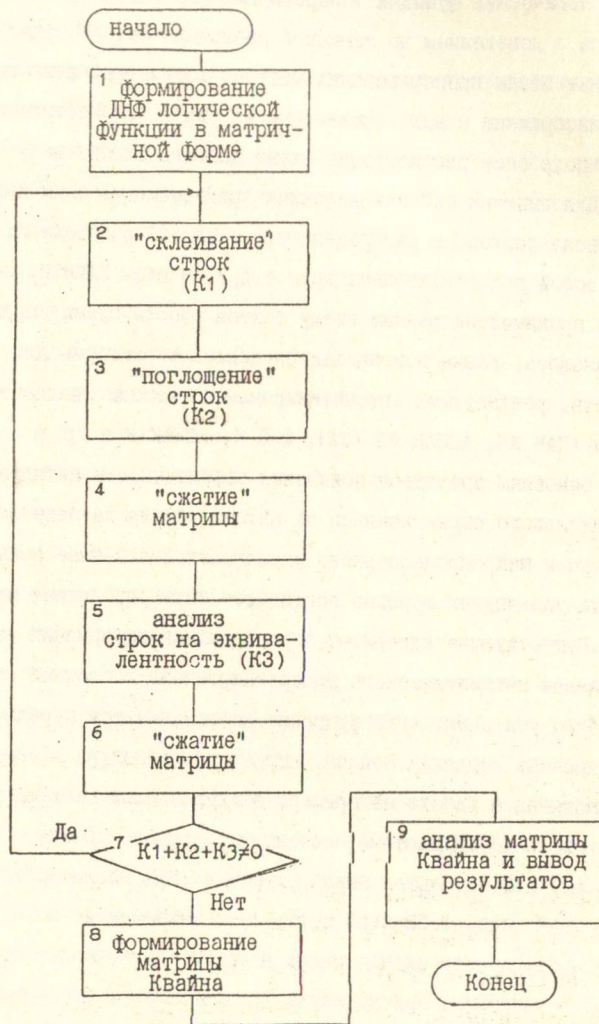


Рис. 1. Алгоритм преобразования матрицы Квайна - Мак-Класки

$$F_i(x_i) = (f_{i1}(x_i), \dots, f_{im}(x_i)), \quad (3)$$

оптимизируется по следующему условию с ограничениями

$$H_0(F_1(X_1), \dots, F_N(X_N)) \rightarrow \max;$$

$$H_k(F_1(X_1), \dots, F_N(X_N)) \geq b_k, \quad k = 1, \dots, M. \quad (4)$$

Если  $X^* = (X_1^*, \dots, X_N^*)$  - единственная оптимальная точка задачи (3)-(4), то ни для одного элемента  $i=1, \dots, N$  не существует такого решения  $X_i \in S_i$ , что  $F_i(X_i) > F_i(X_i^*)$  (5),

т.е. элементы не могут увеличивать значение какого-либо (например, производительности или точности определений) показателя по сравнению с оптимальным с точки зрения "центра" значением без уменьшения значения хотя бы одного из прочих показателей (например, затрат на проведение определений).

Из предположения (5) следует,

что  $X_i^* \in P^{X_i}$ ;  $F_i^*(X_i^*) \in P_i^F \subset S_i^F = \{F_i | F_i = F_i(X_i), X_i \in S_i\}$ ,

и задача (3)-(4) становится эквивалентной задаче

$$H_0(F_1, \dots, F_N) \rightarrow \max;$$

$$H_k(F_1, \dots, F_N) \geq B_k, \quad k = 1, \dots, M; \quad (7)$$

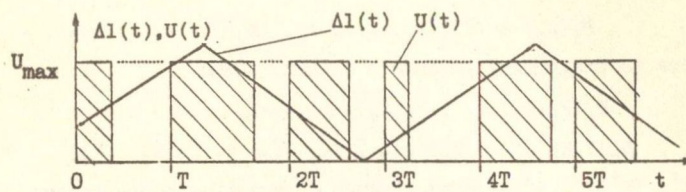
$$F_i = (f_{i1}, \dots, f_{im}) \in Q_i^F,$$

где:  $Q_i^F$  - множество, удовлетворяющее условию

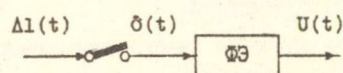
$$P_i^F \subset Q_i^F \subset S_i^F. \quad (8)$$

В задачу (7) - (8) входят лишь переменные, интересующие "центр", но размерность этой задачи меньше, чем размерность задачи (3) - (4). Это позволяет осуществлять од н о р а з о в ы й обмен агрегированной информацией между уровнями, что и использовано в разработанных АСЗАК растительного сырья.

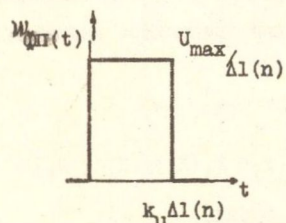
В САУ циклическими процессами управляющее устройство как импульсный модулятор преобразует непрерывный сигнал рассогласования  $\Delta l(t)$  (рис.2.а) в последовательность импульсов напряжения  $U(t)$ , подаваемо-



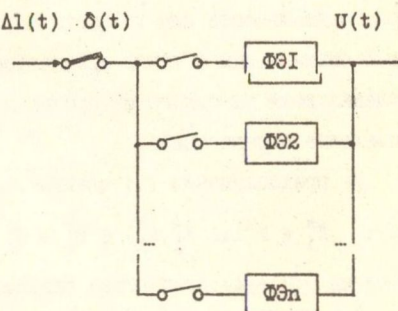
а).



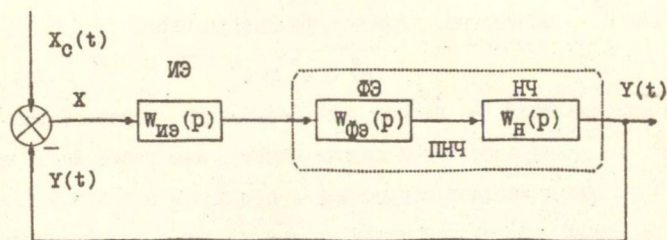
б).



в).



г).



д).

Рис.2.

Предпосылки для расчета и эквивалентная схема импульсной САУ циклическими процессами

го в цепь управления ключом исполнительного двигателя с амплитудой  $U_{\max}$ . Длительность  $\Delta t(n)$  импульса напряжения в  $n$ -м периоде пропорциональна значению рассогласования  $\Delta l(n)$  в тот же момент времени в этом же цикле автомата:

$$\Delta t(n) = K_{\text{И}} \Delta l(n) \quad (9)$$

Где:  $K_{\text{И}}$  - коэффициент широтной модуляции.

Подобный модулятор можно привести к схеме с модулятором, генерирующим мгновенные импульсы вида дельта ( $\delta$ )- функции, и с формирующим элементом (ФЭ, рис.2.б). При подаче импульса  $\delta(t)$  на вход этого элемента на его выходе возникает прямоугольный импульс с амплитудой  $U_{\max}$  и длительностью  $\Delta t(n)$ . Импульсная переходная функция (функция веса)  $W_{\text{ФЭ}}(t)$  ФЭ имеет вид прямоугольного импульса с амплитудой  $U_{\max}/\Delta l(n)$ , длительностью  $\Delta t(n)=K_{\text{И}}\Delta l(n)$  и с передаточной функцией

$$W_{\text{Ф}}(p) = \frac{U_{\max}(p)}{\Delta l(n)} \frac{1 - \exp(-K_{\text{И}} \Delta l(n) p)}{p} \quad (10)$$

Тогда в любом  $n$ -м периоде частотная характеристика ФЭ определится выражением:

$$W_{\text{Ф}}(j\omega) = K_{\text{И}} \frac{U_{\max}}{\Delta l(n)} \frac{\sin \frac{K_{\text{И}} \Delta l(n)}{2} \omega}{\frac{K_{\text{И}} \Delta l(n)}{2} \omega} \exp(-j \frac{K_{\text{И}} \Delta l(n)}{2} \omega) \quad (11)$$

При малой величине  $\omega$  можно ограничиться анализом частотной характеристики лишь на существенной частоте  $\omega_{\text{М}}$ , соответствующей максимальному входному сигналу  $\Delta l_{\text{М}}$  и выбираемой по теореме Котельникова меньше половины частоты  $\omega_{\text{Т}}$  следования импульсов, т.е.  $\omega_{\text{М}} < 1/2 \omega_{\text{Т}}$ , где:  $\omega_{\text{Т}} = 2\pi/T$  при периоде повторения импульсов  $T$ .

Для прямоугольного импульса с амплитудой  $K_{\text{И}}$  выражение (10) принимает вид

$$W_{\text{Ф}}(p) = K_{\text{И}} \frac{1 - \exp(-\gamma T p)}{p} \quad (12)$$

Передаточная функция приведенной непрерывной части -ПНЧ рис.2.д найдется как произведение передаточных функций последовательно включенных формирующего элемента по ур. (12) и низкочастотной части НЧ: тиристорного выпрямителя и исполнительного привода

$$W_{\text{НП}}(p) = W_{\text{Ф}}(p) * W_{\text{ТВ}}(p) * W_{\text{ИД}}(p), \quad (13)$$

что после подстановки выражений передаточных функций дает

$$W_{\text{НП}}(p) = \gamma T \exp(-p \frac{T_c}{2}) \frac{1}{\pi k_{\theta} (T_M p + 1)p}, \quad (14)$$

или в относительном масштабе времени

$$W_{\text{НП}}(q) = \frac{K \exp(-q \frac{T_c}{2T})}{(\frac{T_M}{T} q + 1) q}, \quad (15)$$

где:  $K = \frac{\gamma T}{\pi k_{\theta}}$  - коэффициент усиления ПНЧ системы;  $T, T_c$  - период квантования и питающей сети;  $T_M$  - постоянная времени исполнительного двигателя.

Применяя  $D$ - преобразование для перехода от непрерывной формы сигналов к импульсной, получим выражение передаточной функции разомкнутой САУ циклическими процессами:

$$W_p[q, \varepsilon] = K \exp(-q \frac{T_c}{2T}) \left[ \frac{a_2(\varepsilon) \exp(2q) + a_1(\varepsilon) \exp(q)}{b_2 \exp(2q) + b_1 \exp(q) + b_0} \right], \quad (16)$$

где:  $a_2(\varepsilon) = 1 - \exp(-\frac{T}{T} \varepsilon),$

$$a_1(\varepsilon) = \exp(-\frac{T}{T_M} \varepsilon) - \exp(-\frac{T}{T_M}), \quad (17)$$

$$b_0 = 1, \quad b_1 = -\exp(-\frac{T}{T_M}) - 1, \quad b_2 = \exp(-\frac{T}{T_M}),$$

$\varepsilon =$  от 0 до 1- параметр сдвига внутри цикла.

Выражение АФХ импульсной разомкнутой САУ получено как связь между решетчатыми функциями на входе и выходе САУ, соответствующими непрерывным гармоническим колебаниям, подстановкой в выражение передаточной функции этой системы (16) аргумента  $j\bar{\omega} = q$ , где  $\bar{\omega} = \omega T$  - относительное время в радианах:

$$W_p(j\bar{\omega}, \varepsilon) = K \exp(-j \frac{T_c}{2T} \bar{\omega}) * \frac{a_2(\varepsilon) \exp(j2\bar{\omega}) + a_1(\varepsilon) \exp(j\bar{\omega})}{b_2 \exp(j2\omega) + b_1 \exp(j\omega) + b_0} \quad (18)$$

На рис.3 приведены АФХ циклической САУ для коэффициента усиления  $K = 1$  и без учета влияния звена запаздывания, рассчитанные по ур. (18) для различной производительности циклических устройств.

При изменении значения параметра сдвига с  $\varepsilon = 0$  до  $\varepsilon = 1$  АФХ приближается к мнимой оси по мере роста производительности циклического устройства, а модуль АФХ при этом остается неизменным.

Выражение передаточной функции замкнутой САУ относительно регулируемой величины:

$$W_3(q, \varepsilon) = \frac{K \exp(-qT/2T) \{ [1 - \exp(-T\varepsilon/T)] \exp(2q) + [\exp(-T\varepsilon/T) - \exp(2q) + [-\exp(-T/T_M) - 1] + K \exp(-2qT_c/2T) [1 - \exp(-T/T_M)] - \exp(-T/T_M)] \exp(q) \}}{\exp(2q) + [-\exp(-T/T_M) - 1] + K \exp(-2qT_c/2T) [1 - \exp(-T/T_M)] - \exp(-T/T_M)] \exp(q)} * \frac{\exp(q) + \exp(-T/T_M)}{M} \quad (19)$$

использовано в дальнейшем для анализа устойчивости.

Из этого выражения получим формальной подстановкой  $\exp(q) = Z$  передаточную функцию САУ в смысле Z-преобразования, где билинейным преобразованием  $Z = (1 + w)/(1 - w)$  единичный круг в комплексной плоскости Z отображается в левую полуплоскость комплексной переменной w.

Знаменатель Z-передаточной функции замкнутой САУ, приравненный

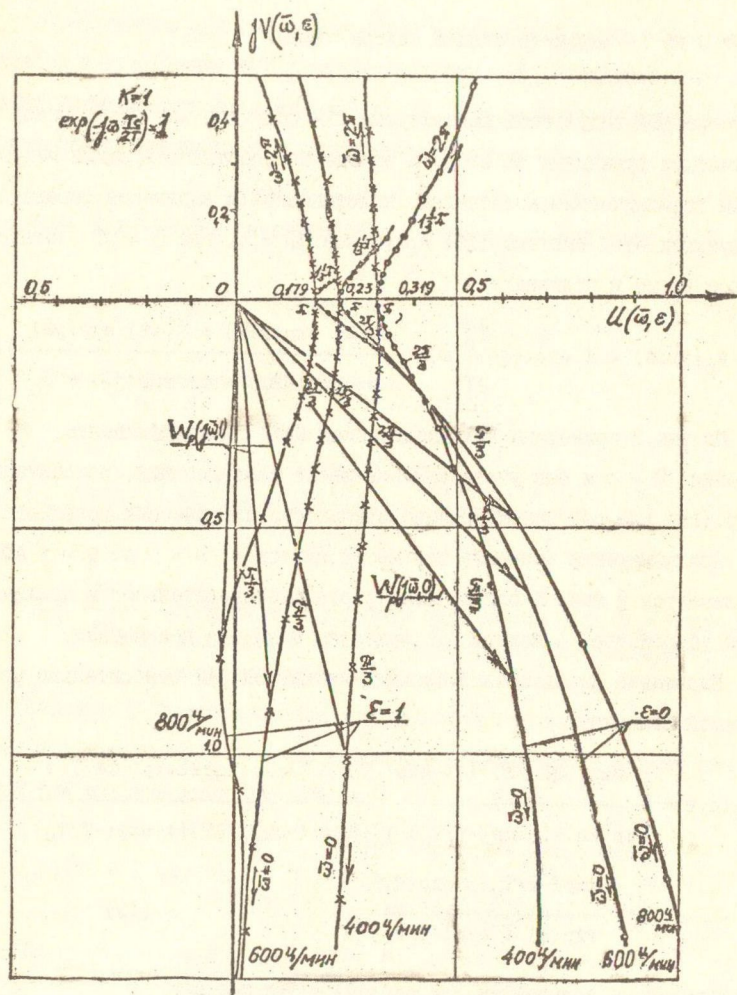


Рис.3.  
 Амплитудно-фазовые характеристики САУ ЦП в начале ( $\varepsilon=0$ )  
 и в конце ( $\varepsilon=1$ ) цикла при различных производительностях

нулю, дает Z-характеристическое уравнение системы:

$$z^2 + [-\exp(-T/T_M) - 1]z + K[1 - \exp(-T/T_M)]z^{(1-T/2T)} + \exp(-T/T_M) = 0 \quad (20)$$

Из ур.(20) подстановкой  $z = (1+w)/(1-w)$  получено W-характеристическое уравнение замкнутой САУ

$$F_3\left(\frac{1+w}{1-w}\right) = \xi_2 \frac{(1+w)^2}{(1-w)^2} + \xi_1 \frac{1+w}{1-w} + \xi_0 = 0, \quad (21)$$

Откуда, обозначив:

$$C_2 = \xi_2 + \xi_0 - \xi_1 = 2[1 + \exp(-T/T_M)] + K[1 - \exp(-T/T_M)];$$

$$C_1 = 2(\xi_2 - \xi_0) = 2[1 - \exp(-T/T_M)]; \quad (22)$$

$$C_0 = \xi_2 + \xi_1 + \xi_0 = K[1 - \exp(-T/T_M)],$$

получим  $F_3(w) = C_2 w^2 + C_1 w + C_0 = 0 \quad (23)$

Условия устойчивости САУ по критерию Рауса-Гурвица определяются неравенством:

$$C_1 C_0 = 2K[1 - \exp(-T/T_M)]^2 > 0, \quad (24)$$

а уравнение границы устойчивости выражением:

$$2K[1 - \exp(-T/T_M)]^2 = 0 \quad (25)$$

Из его анализа следует вывод, что при  $T \rightarrow 0$  система приближается к границе устойчивости, так же как и при  $T_M \rightarrow \infty$ . Очевидно, с ростом производительности запас устойчивости циклической САУ как по модулю, так и по фазе уменьшается, что согласуется с полученными ранее выводами.

Обобщающим критерием повышения эффективности метода может служить его экономическая эффективность. Экономический анализ эффекта применения методов квалиметрии растительного пищевого сырья проводится традиционными методами по утвержденным методикам.

Экономическая эффективность применения интегрированной АСЭАК растительного сырья может быть найдена как

$$\mathcal{E}_{\text{АСЭАК}} = k_c \sum \mathcal{E}_i, \quad (26)$$

где:  $\mathcal{E}_i$  - экономическая эффективность интегрированных в АСЭАК автоматизированных методов;

$k_c = f(k_j, a_j)$  - системный коэффициент.

$k_j$  - частные значения показателей интеграции по одному из направлений интеграции всех компонент (методов) АСЭАК сырья;

$a_j$  - коэффициент предпочтительности показателя  $k_j$ .

Степень интеграции может быть определена с помощью метода экспертных оценок по всем аспектам интеграции: функциональному, организационному, математическому, информационному и техническому.

Разработка автоматизированных методов квалиметрии пищевого растительного сырья и их исследование Для проверки применимости СВЧ-метода к определению влажности СП разработана макетная СВЧ установка (рис. 4а), обеспечивающая измерение компенсационным методом затухания СВЧ колебаний в пробе влажных семян.

На этой же установке исследовалась зависимость диэлектрической проницаемости от масличности семян в естественных образцах семян различной масличности в диапазоне от 35 до 56 %.

Для оценки точности полученных результатов измерения влажности СП определялась средняя квадратическая ошибка отсчета  $S_n = 0,8726$  и вероятность попадания результатов в доверительный интервал 0,5 % влажности, соответствующий трем делениям нониуса аттенюатора ( $\Delta X = \pm 3,0$ ). С доверительной вероятностью  $\alpha = 0,997$  результат измерений попадает в этот интервал. Переход от абсолютной погрешности метода в делениях шкалы аттенюатора, составляющей  $\pm 0,87$ , к единицам измерения влажности дает значение абсолютной погрешности метода  $\pm 0,15$  % влажности. При технической реализации опытного образца устройства погрешность возрасла, но в пределах  $\pm 0,5$  %.

Был спланирован и проведен полный факторный эксперимент (ПФЭ) с

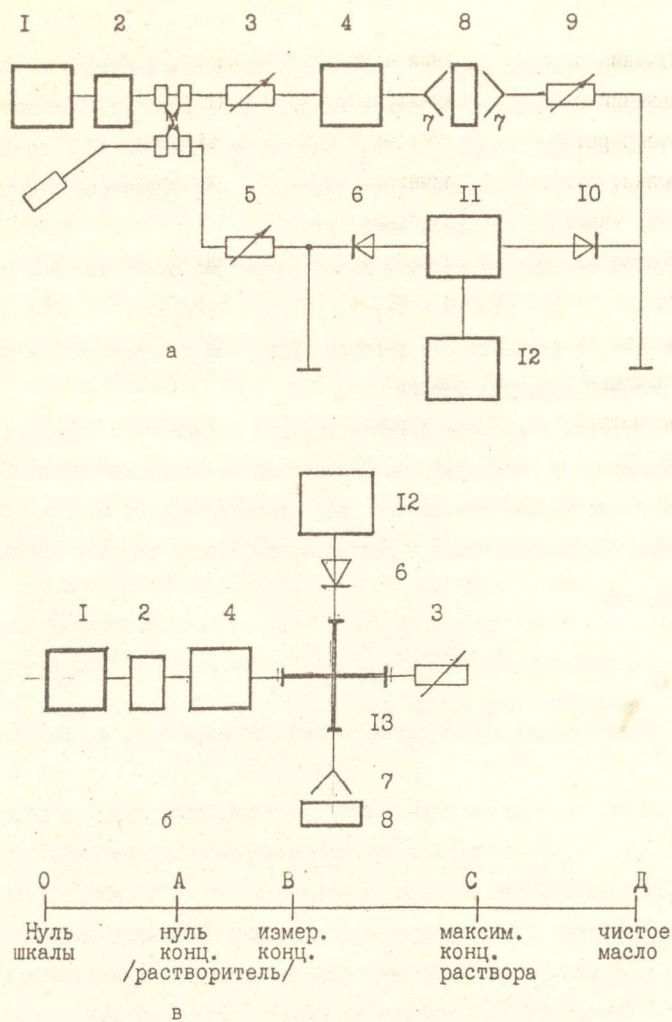


Рис. 4.

Структурная схема СВЧ-установки

а, б -  
 I- генератор СВЧ; 2- волновод; 3,5,9- аттенюатор ;  
 4- ферритовый вентиль; 6,10- детектор; 7- рупорная  
 антенна; 8- измерительная камера; II- дифференциальный  
 усилитель; I2- индикатор; I3- T-образный СВЧ компаратор;  
 в - расположение характерных точек на шкале индикатора.

целью изучения степени влияния понижающих точность факторов и учета их в уравнении регрессии. Изучалось влияние факторов:  $-X_1$  - влажности, %;  $-X_2$  - температуры семян, °С;  $-X_3$  - плотности засыпки;  $-X_4$  - толщины слоя засыпки, мм;  $-X_5$  - масличности семян, %;  $-X_6$  - размеров рупорных антенн;  $-X_7$  - частота СВЧ колебаний, ГГц.

С учетом значимости коэффициентов регрессии окончательный вид уравнения  $\hat{y} = 414,12 - 71,3X_1 - 3,9X_2 - 3,9X_1X_2$  (27)

Гипотеза об адекватности формулы проверена с вероятностью  $\alpha = 0,95$  с помощью критерия Фишера.

Рассмотрены некоторые новые аспекты и возможности определения содержания масла в растворах, анализируемых на кислотное число. При исследовании усовершенствованного рефрактометрического метода КТИШП определения содержания масла в растворе количество масла в мисцелле находилось как

$$m = \frac{C v_p}{100 - C \rho_M}, \quad (28)$$

где:  $C$  - концентрация мисцеллы;  $v_p$  - объем растворителя;  $\rho_M$  - плотность масла.

Результаты экспериментальных исследований, приведенные в работе, показали, что: - время определения масличности СП усовершенствованным рефрактометрическим методом не превышает 15 - 20 минут (без учета подсушивания пробы) и при автоматизации пробоподготовки сокращается и до 6 минут; - точность метода определения масличности характеризуется среднеквадратичной погрешностью  $\pm 0,36$  при доверительной вероятности 0,981 попадания в доверительный интервал  $\pm 0,5$  %.

При исследовании применимости микроволновых устройств для определения масличности СП и концентрации растворов были изготовлены модельные смеси из обезжиренного шрота и чистого масла с содержанием масла в смесях: 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, и 40 %. В результате экспери-

ментов выявлена простая зависимость затухания СВЧ колебаний в специально подготовленной пробе СП. Без подготовки (размельчения и просо-вания) такая зависимость на нашей установке не улавливалась.

Для исследования поглощения СВЧ энергии растворами масла в хло-роформе и нефрасе была использована измерительная установка на базе Т-образного измерительного СВЧ моста (рис.4б). На описанный метод измерения концентрации автором получено положительное решение на вы-дачу авторского свидетельства.

Градуировочная кривая установки нелинейна и приближенно может быть аппроксимирована двумя прямолинейными участками, полученными по методу наименьших квадратов в виде:  $C_1 = - 265,555 + 555 555U_x$  и  $C_2 = - 102,95 + 230 000U_x$ , где:  $U_x$  - напряжение на выходе измери-тельного усилителя, или более точно - степенной зависимостью.

В дополнение к стандартному методу определения КЧ была иссле-дована реакция масла с точки зрения активной кислотности  $pH_M$ , опре-деляемой для неводных растворов по известным значениям  $pH_P$ -раствори-теля,  $pH_{CM}$ -раствора,  $V_M$  и  $V_P$ -объемам масла и растворителя

$$pH_M = - 0,433 * \{ \ln[(V_M + V_P) * 10^{-pH_{CM}} - V_P * 10^{-pH_P}] - \ln V_M \} \quad (29)$$

$$\text{или } pH_M = - 1g \frac{(V_M + V_P) * 10^{-pH_{CM}} - V_P * 10^{-pH_P}}{V_M} \quad (30)$$

Получена зависимость показателя КЧ от  $pH_M$  и принципиальная воз-можность измерений его с достаточной точностью, но реализация метода в автоматизированном устройстве оказалась невозможной из-за техниче-ских трудностей автоматического измерения pH и не была осуществлена.

Для реализации в автоматическом устройстве наиболее отвечающим требованиям критериев выбора оказался плотностной метод определения крахмалистости картофеля после устранения необходимости периодиче-

ского (для разных периодов уборки и сортов картофеля) определения и введения поправки на содержание в картофеле некрахмалистых сухих веществ. Метод основан на определении массы пробы картофеля в воздухе и в воде и расчете по известным (см. стр. 6) и очевидным формулам:

- для плотности картофеля

$$\rho_K = M_B \rho_t / (M_B - M_{\text{вод}}), \quad (31)$$

где:  $M_B, M_{\text{вод}}$  - масса пробы в воздухе и воде;  $\rho_t$  - плотность воды.

- для содержания сухих веществ:

$$CB = [300 (\rho_K - 1)] / \rho_K \quad (32)$$

- для содержания крахмала  $K_p$ :

$$K_p = CB - НК_p, \quad (33)$$

где:  $НК_p$  - некрахмалистые сухие вещества, определенные экспериментальным путем для данного сорта картофеля и периода.

Необходимость периодического уточнения значения  $НК_p$  делала совершенно неприемлемым этот метод при технической реализации в автоматическом устройстве, и в результате порученных исследований и уточнения метода технологической группой проф. Архиповича Н.А. была установлена положительная корреляция между  $CB$  и  $K_p$  и получено Яценко Е.А. уравнение регрессии вида

$$K_p = 0,84 CB - 3,24, \quad (34)$$

Эта версия плотностного метода могла быть реализована только в виде ручного лабораторного варианта метода, который в дальнейшем и использовался в качестве такового как контрольный метод. В основу промышленной установки при технической реализации плотностного метода положена полученная автором при участии доц. Луцыка В.И. еще одна версия метода по формуле (35), позволяющая при реализации автоматизировать процессы получения исходной информации для расчетов крахмалистости и сами расчеты.

$$K_p = \frac{248,7I * (\rho_k - I)}{\rho_k}, \quad (35)$$

Для автоматизации вычислений формула (35) приведена нами к виду:

$$K_p = 248,7I * \left[ I - \frac{M_{\text{ВОД}}}{I - K_B * M_B} \right] - 3,24, \quad (36)$$

где: 248,7I - коэффициент, полученный при выводе формулы (35);

$K_B$  - коэффициент, учитывающий поверхностную влагу на клубнях картофеля после мойки  $K_B = 0,99$ .

$a$  - условно постоянный коэффициент для определенного диапазона температур;

$tg\alpha$  - угол наклона касательной к кривой  $\rho_t = f(t_1)$ .

$t_1$  - температура воды, в которой проводятся измерения массы.

С целью обоснования выбора в качестве образцового для проверки СВЧ устройства проведено исследование лабораторного метода определения влажности семян высушиванием, уточнены его метрологические характеристики, характеристики основных и вспомогательных средств, а также условия и порядок самого процесса измерения.

Метрологическое обеспечение метода определения влажности СП высушиванием нечетко регламентирует температурные режимы и продолжительность сушки, нормативы точности и анализ погрешностей. В работе исследованы свойства продукта и аналитические операции. Приведены результаты исследований: точности регулирования температуры, однородности температурного поля; высвобождения летучих веществ; времени высушивания проб; изменения влажности образцов при их контакте с воздухом; времени хранения проб. Исследованы погрешности контрольного метода, основными источниками которых являются: недосушка пробы

-нестабильность температуры высушивания ( $\Delta W_T$  не превышает 0,01 %);  
-ошибки при взвешивании ( $\Delta W_B$  не превышает 0,01 %); - нестабильности  
влажности образца семян ( $\Delta W_H$  не превышает 0,04 %).

Общая погрешность определения влажности методом высушивания в сушильном шкафу не превышает 0,068 %, что почти на порядок меньше допустимой погрешности разработанного средства (0,5 %) и обосновывает выбор метода в качестве контрольного.

Для обеспечения градуировки, метрологической аттестации и поверки образцов микроволнового анализатора концентрации растворов с предписанной абсолютной погрешностью измерения содержания масла в мисцеллах  $\pm 0,5$  % разработана методика приготовления поверочных растворов масла в хлороформе в диапазоне содержаний от 0,0 до 25 массовых долей (в процентах), исследованы ее метрологические характеристики и проведена метрологическая аттестация.

Расчет содержания масла в поверочном растворе в хлороформе проводился по очевидному соотношению

$$B = \frac{M_M}{M_P} 100 = \frac{M_2 - M_1}{M_3 - M_1} 100 \% , \quad (37)$$

где:  $M_M = M_2 - M_1$  - масса масла в растворе;  $M_2$  - масса колбы с маслом;  $M_1$  - масса колбы;  $M_P = M_3 - M_1$  - масса раствора масла в хлороформе;  $M_3$  - масса колбы с раствором.

Т.к. абсолютная погрешность измерения содержания масла составляет  $\pm 0,5$  %, образцы поверочных растворов должны быть приготовлены с точностью в пределах от -0,1 до +0,1 %, что обеспечивается при точности определения массы взвешиванием до 0,01 г и нормируется в аттестате методики. Проведенный анализ источников погрешности методики показал, что влияющими источниками погрешностей содержания масла в растворе являются: ошибки при определении массы взвешиванием  $\Delta W_B$ , не превышающие 0,025 %; допуски на состав исходных компонентов (масло и

хлороформ)  $\Delta B_M = 0,10\%$  - за счет допуска на состав масла,  $\Delta B_X = 0,10\%$  - за счет допуска на состав хлороформа или совместное влияние компонентов  $\Delta B_K = 0,14\%$  на результирующую погрешность; погрешности за счет летучести хлороформа  $\Delta B_L$ .

Влияние ошибки определения масс найдено в виде

$$(\alpha_Y)_{\text{пр}} = \pm \left( \left| \frac{\partial Y}{\partial M_1} \right| \alpha_{M1} + \left| \frac{\partial Y}{\partial M_2} \right| \alpha_{M2} + \left| \frac{\partial Y}{\partial M_3} \right| \alpha_{M3} \right) \quad (38)$$

где:  $Y$  - функциональная зависимость (37);  $\alpha_{M1}, \alpha_{M2}, \alpha_{M3}$  - ошибки определения масс  $M_1, M_2, M_3$ .

Исследование влияния допусков на состав компонентов произведено учетом их в виде коэффициента при массе соответствующего компонента ( $K_M$  - при массе  $M_M$  масла,  $K_X$  - при массе  $M_X$  хлороформа) в формуле

$$y = \frac{K_M M_M}{K_M M_M + K_X M_X} \quad (39)$$

и расчетом по ней отклонений  $\Delta B_M$  и  $\Delta B_X$  фактических долей масла в растворе.

Проведение операций методики в течение 30 секунд гарантирует допустимое изменение состава за счет летучести хлороформа в пределах допустимой нормированной погрешности.

По теории ошибок функций предельная абсолютная ошибка функции ( $pH_M$ ) нескольких переменных ( $v_M, v_p, pH_p$  и  $pH_{CM}$ ) определяется суммой абсолютных значений всех частных дифференциалов этой функции ур. (40).

$$\begin{aligned} \varepsilon_{(pH_M)_{\text{пр}}} = & \left| \frac{\partial F(pH_M)}{\partial v_M} \right| * \varepsilon_{\Delta v_M} + \left| \frac{\partial F(pH_M)}{\partial v_p} \right| * \varepsilon_{\Delta v_p} + \left| \frac{\partial v(pH_M)}{\partial pH_p} \right| * \varepsilon_{\Delta pH_p} + \\ & + \left| \frac{\partial F(pH_M)}{\partial pH} \right| * \varepsilon_{\Delta pH_{CM}} \quad (40) \end{aligned}$$

Абсолютная погрешность измерения рН масла составила 0,06 ед. рН, что в единицах КЧ составляет около 0,3 мг КОН/ г. Повышение точности определения  $rH_M$  (КЧ) как функции ошибок измерения переменных, влияющих на расчет величины рН масла, требует применения рН-метров повышенной точности, повышения точности определения объема масла в пробе (переменной  $V_M$ ) и обеспечения условий полного извлечения масла из семян при пробоподготовке.

Для определения крахмалистости картофеля в пробе в качестве базового был выбран поляриметрический метод КТИП (Архиповича Н.А.) обеспечивающий высокую точность определения крахмала. Поляриметрический метод аттестован и использовался как контрольный для плотностного метода, модифицированного для использования в автоматизированной системе экспресс анализа качества картофеля.

Возможная максимальная относительная суммарная погрешность методики определения крахмалистости картофеля поляриметрическим методом КТИП составляет по данным Яценко Е.А. в численном выражении  $\delta = 1,1 * 0,74 = 0,82 \%$  или

$$\Delta_M = K_{р\text{ ср}} * \delta_{MM} = 16 * 0,0082 = 0,13 \% \text{ абс.}$$

Возможные наибольшие абсолютные  $\Delta_M$  и относительные  $\delta_M$  погрешности: -определения на чистом крахмале  $\Delta_{МК} = 0,10 \%$  и  $\delta_{МК} = 0,13 \%$ ;

-определения на картофеле различных сортов в диапазоне крахмалистости от 10 % до 24 %  $\Delta_{МН} = 0,50 \%$  и  $\delta_{МН} = 2,63 \%$ ;

-методики в целом  $\Delta_{MM} = 0,13 \%$  и  $\delta_{MM} = 0,82 \%$ .

Наибольшие суммарные абсолютные и относительные погрешности модифицированного плотностного метода, определенные по ГОСТ 8.207-76, составляют: -для диапазона крахмалистости до 20,0 %:  $\Delta_{M-20} = 0,36 \%$ ,  $\delta_{M-20} = 1,64 \%$ ; - свыше 20,0 %:  $\Delta_{M+20} = 0,55 \%$ ;  $\delta_{M+20} = 2,65 \%$ .

При определении крахмалистости плотностным методом КТИП могут

иметь место случайные и систематические погрешности:

-при определении массы пробы в воде и воздухе:  $\delta_{\text{ВОД}}=1,25\%$ ,  $\delta_{\text{В}}=0,1\%$ , суммарная относительная погрешность измерения массы  $\delta_1=1,38\%$ ; -связанные с изменением плотности воды (экспериментально не подтвердилось); -гирь  $\delta_2=0,006\%$ ; -при определении сухих веществ картофеля  $\delta_3=0,28\%$ ; -уравнения регрессии для определения крахмалистости картофеля  $\delta_4=0,264\%$  (коэф.корреляции),  $\delta_5=3,29\%$  (свободный член),  $\delta_6=3,1\%$  (коэф. регрессии).

Оценки получены расчетным путем и возможная максимальная суммарная погрешность методики определения крахмалистости модифицированным плотностным методом КТИПШ  $\delta_M=5,22\%$  при среднем значении крахмалистости  $16,0\%$  соответствует абсолютной погрешности  $\Delta_M = (16,0 \times 5,22):100 = 0,84\%$  абс. Такая погрешность может иметь место лишь в случае, если все ее составляющие будут максимальными и одного знака, что мало вероятно.

Техническая реализация методов квалиметрии пищевого сырья, автоматического управления и обработки информации

При обосновании и выборе варианта технической реализации СВЧ влагомера сформулированы исходные требования к нему, ориентированные на возможность применения в АСЭАК СП. Исследованиями макета СВЧ влагомера СП, особенности конструкции которого защищены авторским свидетельством, предусматривались: -предварительная оценка работоспособности макета устройства; -испытание отдельных его блоков и устройств; -построение градуировочной кривой; -оценка точности получаемых результатов.

Оказалось, что паспортная погрешность показаний используемого в качестве индикатора влагомера СП вольтметра значительно превышает ошибку по разбросу измерений, поэтому она и принята как абсолютная ошибка измерений.

Максимальная ошибка измерения влажности равна модулю выражения  $dW = (\partial W / \partial \mu) \Delta N$  (4), где:  $\Delta N$  - ошибка показаний по отсчету вольтметра. В точке 5 % влажности значение ошибки в определении влажности составило  $dW = 0,35$  %; в точке 17,8 % - 0,32 %; в точке 21,5 % - 0,25 %. Исследования макета СВЧ влагомера в производственных условиях показало, что погрешность определения влажности проб СП не превышала в большинстве случаев заданной абсолютной погрешности  $\pm 0,5$  %.

Испытания СВЧ устройства в климатической камере Украинского республиканского центра метрологии и стандартизации в течении 12 дней (в камере тепла, холода и влаги КТХВ-0,25) показали, что максимальная ошибка между контрольным методом и показаниями устройства не превышала 0,8 % влажности в условиях, существенно отличающихся от нормальных.

Вопросы пробоподготовки пробы СП для извлечения масла из семян перед определением их качества являются важнейшими и определяют результат анализа. Автором предложено устройство лабораторного экстрактора, особенности которого защищены авторским свидетельством. Автоматизация работы экстрактора и упрощение его обслуживания в процессе эксплуатации потребовали усовершенствования его конструкции в части загрузки семенами и растворителем, эвакуации жмыха и полученного экстракта масла. Усовершенствования экстрактора также защищены авторскими свидетельствами.

Описанный экстрактор масла из СП использован в опытном образце ПАК КЧ для семян подсолнечника. Попытки применить его без переделки к семенам хлопчатника (СХ) оказались безуспешными из-за присущей им повышенной твердости оболочки и опушенности. Указанные недостатки устранены применением для извлечения масла из пробы семян автоматического прессового устройства по нашему авторскому свидетельству.

Стандартный метод титрования оказался единственно приемлемым с

точки зрения его инструментализации и автоматизации при наличии в серийном производстве автоматических титраторов (напр., комплекта Т-108) и при условии автоматизации процесса пробоподготовки семян. Решение последней задачи осуществлено на базе описанного ранее экстрактора масла из семян.

Для реализации метода необходимо было применить свою совершенно определенную технологию контроля, а для осуществления и автоматизации процесса определений пришлось разработать и выбрать соответствующие технические средства, объединить их в систему, охватить общим алгоритмом функционирования и образовать единый приборно-аналитический комплекс (ПАК), решающий задачу автоматизированного определения КЧ в СП (рис.5).

При исследовании и испытаниях ПАК определения КЧ масла в СП исследовалось влияние предварительного подсушивания семян на определение КЧ, стабильность извлечения масла в экстракторе, влияние высушивания масла и необходимость промывки камеры фотометра.

В качестве исходных данных для исследования автоматических устройств отбора пробы картофеля и определения его крахмалистости и загрязненности приняты конструкторские материалы, макеты и опытные образцы АСЭАК картофеля, которая разрабатывалась под научным руководством КТИШ с участием автора группой организаций-соисполнителей (НПО "Пищепромавтоматика", КПКТИ, ВНИИПрБ, ПО "Веда" и др.).

При испытаниях на 28 партиях картофеля, проведенных при температурах наружного воздуха от + 4 °С до + 15 °С и различной влажности (сухо, дождь), было установлено, что пробоотборник конвейерного типа обеспечивал отбор выемок картофеля из движущегося потока без повреждений клубней через регулируемые интервалы времени и с получением заданного количества выемок по длине потока, в который растянута партия картофеля. Обеспечивается высокая представительность пробы:

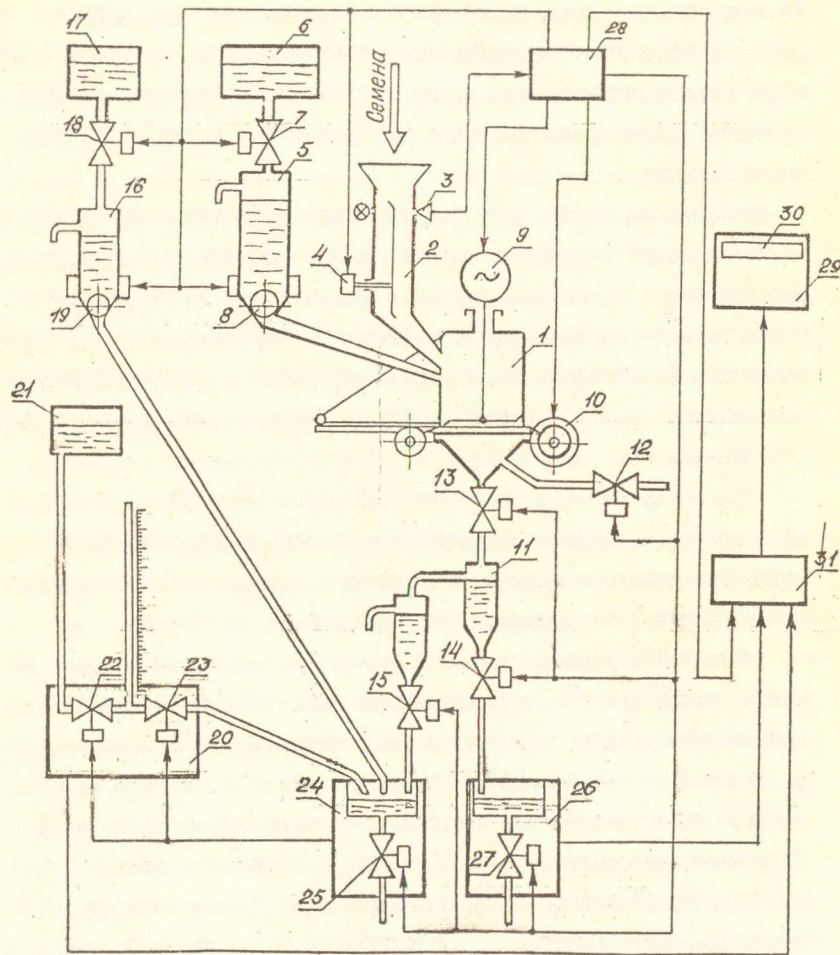


Рис. 5.

Функциональная схема ПЭК КЧ

1- экстрактор; 2- дозатор СП; 3- датчик СП; 4- привод заслонки дозатора СП; 5,6- дозатор и емкость экстрагента; 7,8,12,13,14,15,18,19, 22,23,25,27- электроклапаны; 9- привод экстрактора; 10- привод фильтра; 11- дозаторы экстракта; 16,17- дозатор и емкость спирта; 20,21- бюретка и емкость титранта; 24- камера титратора; 26- камера концентрата; 28- блок управления; 29- микрокалькулятор; 30- индикатор; 31- УСО.

-отклонения результатов определения загрязненности объединенной пробы от загрязненности партии колебалось в пределах от - 0,43 % до - 0,15 %;

-отклонения результатов определения крахмалистости пробы от крахмалистости партии колебалось в пределах от + 0,3 % до - 0,16 %, при среднем значении 0,15 % и среднем квадратическом значении 0,18 %.

Приемочная комиссия приняла опытный образец пробоотборника картофеля и рекомендовала для разработки и постановки на производство.

В 1980 г. КТИП с соисполнителями и с участием автора была разработана документация на опытный образец и изготовлена линия обработки проб ЛОП с САУ и измерительно-вычислительным комплексом ИВК. На отличительные особенности линии выдано авторское свидетельство.

Одновременно на линии может находиться до 8 проб, время обработки пробы в каждом из перечисленных устройств не превышает 2 мин, суммарное время прохождения пробы по линии не превышает 14 мин, каждые 2 мин с ЛОП выходит отработанная проба.

Показатели качества картофеля в каждой пробе определяются в информационно-вычислительном комплексе (см. ниже) по результатам измерения массы: загрязненной пробы, явно механически поврежденных клубней, явно пораженных болезнями клубней, пробы в воде, фракции клубней диаметром свыше 30 мм и суммарной массы отмытой пробы в воздухе. Наличие поверхностной влаги на клубнях при определении массы пробы в воздухе учитывается при расчете коэффициентом 0,993, определенным экспериментальным путем.

Эксплуатационные испытания устройства в составе экспериментального образца ЛОП, макета САУ и макета ИВК проводились под нагрузкой в автоматическом режиме управления при подаче как отдельных проб, так и непрерывной подаче их серий. Всего было обработано около 300 проб, каждая из которых представляла отдельную партию.

Определение крахмалистости проб картофеля проводилось на ЛОП (Кр<sub>у</sub>) и контрольным методом КТИШ на лабораторной установке (Кр<sub>к</sub>).

Среднее арифметическое значение отклонения крахмалистости проб картофеля по результатам 290 опытов Кр<sub>у</sub> - Кр<sub>к</sub> составило 0,3 %, среднее квадратическое - 0,37 %. Сводные результаты испытаний ЛОП при приемке картофеля на Чемерском спиртзаводе приведены в таблице.

| Наименование показателей  | В процентах        |                    | Средн. арифм. |                                       | Ср. квадр. % отн.  |
|---|--------------------|--------------------|---------------|---------------------------------------|--------------------|
|   | абс.               | отн.               | абс.          | отн.                                  |                    |
| I   | 2                  | 3                  | 4             | 5                                     | 6                  |
| 1. Отклонение загрязненно-сти отдельных порций (мас-сой 35-45 кг) от загрязненности партий картофеля          | от+4,20<br>до-4,27 | от+72,4<br>до-78,3 | -             | от 4,8<br>до 34,8<br>среднее<br>17,9  | от 7,4<br>до 53,4  |
| 2. Отклонение крахмалисто-сти отдельных порций (мас-сой 35-45 кг) от крахма-листости партий                   | от+2,73<br>до-2,34 | от+13,8<br>до-12,8 | -             | от 1,13<br>до 4,06<br>среднее<br>2,24 | от 0,23<br>до 3,63 |
| 3. Отклонение результатов определения крахмалистости в ЛОП и на лабораторной установке (плотностным ме-тодом) | от+0,76            | от+4,28            | 0,30          | 1,61                                  | -                  |
| 4. Отклонение результатов определения крахмалистости в ЛОП и на весах Парова                                  | от+1,73<br>до-0,22 | от+10,9<br>до-1,9  | 0,74          | 4,34                                  | -                  |

По результатам испытаний при опытной приемке и табличным данным сделать вывод, что предъявленный на испытания опытный образец ЛОП показал себя вполне работоспособным и соответствующим своему функциональному назначению.

Для управления автономной работой экстрактора масла по предложенной методике синтезирована программная САУ, входящая в ее состав системы управления ПАК КЧ. Канал управления одним исполнительным механизмом в момент времени  $t_H$  включения обеспечивает на выходе управляющий импульс  $Y = I$ , который сохраняется до момента времени  $t_K$  выключения, когда управляющий импульс снимается и  $Y = 0$ . Время  $t_H$  и  $t_K$  отсчитывается от начала цикла работы экстрактора. Логическая функция для схемы выдачи управляющего импульса есть известная функция оператора ПАМЯТЬ для RS-триггера, записанная как

$$Y^{n+1} = (\overline{X_1 X_2 X_3})_H \vee (X_1 X_2 X_3)_K \vee Y^n$$

В разработанном управляющем устройстве имеется 15 каналов управления по числу 11 исполнительных электромагнитов, 3 двигателя и одного канала, используемого для реверса приводного электродвигателя экстрактора. Схема управляющего устройства ПАК КЧ содержит логический блок, управляющий экстрактором, и второй блок, предназначенный для аналогичного управления электромагнитами клапанов в составе ПАК КЧ.

В схеме системы измерения КЧ сигнал, являющийся носителем измерительной информации от объекта  $X$ , поступает к измерительному устройству  $I$ , в котором преобразуется в числовой массив  $\lambda^*[x, t]$ , результата измерения. В устройство обработки информации (УОИ) кроме массива  $\lambda^*[x, t]$  поступает поток управляющих сигналов  $\varphi(t)$  (константы машинной программы).

В качестве УОИ был использован серийно выпускаемый микрокалькулятор "Электроника МК-64". В ПАК КЧ информация концентратомера мисцеллы и цифровая - титрометра после преобразования записывается в память МК. После окончания считывания информации МК переходит в режим расчета КЧ по программе. По показанию концентратомера рассчитывается количество масла в мисцелле. От преобразования кодов сигнала выходной информации бюретки, получается значение объема израсходованной на тит-

рование щелочи. Дальнейшие вычисления значения КЧ выполняются по программе МК. Результат расчета индицируется или может быть напечатан.

Для обеспечения передачи информации с концентратомера и бюретки на микро-ЭВМ МК-64 (в составе ПАК КЧ), а с нее на микро-ЭВМ ДЗ-28 (в составе автоматизированной системы), т.е. для их сопряженной координации, разработаны устройства ввода (совмещающее прием аналоговой и цифровой информации) и вывода.

Приведенный в работе перечень сигналов, по которым механизмы ЛОП выполняют отдельные операции и которыми обмениваются, стал основой разработки САУ ЛОП по изложенной методике. Структурно САУ состоит из узлов и субблоков, соединенных разъемными соединениями ХТ1-ХТ10 (рис.6). В работе приводятся выражения операторных формул и уравнений включения всех узлов и субблоков САУ, полученных методом тактового распределителя.

Информационно-вычислительный комплекс (ИВК) ЛОП картофеля функционально содержит блоки сбора информации, обработки информации, печати и индикации и питания. ИВК обеспечивает ручной, полуавтоматический и автоматический режимы работы.

В ИВК проводится определение количества принятого в партии картофеля и показателей его качества:

- массы партии "нетто", в тоннах;
- загрязненности сверх допускаемой по ГОСТ, в %;
- крахмалистости, в % от массы;
- Сверхнормативного содержания явно механически поврежденных клубней, в %;
- сверхнормативного содержания клубней, явно пораженных регламентированными ГОСТ болезнями, в %;
- сверхнормативного содержания мелких клубней, в %;
- сверхнормативного содержания некондиционных клубней, в %;

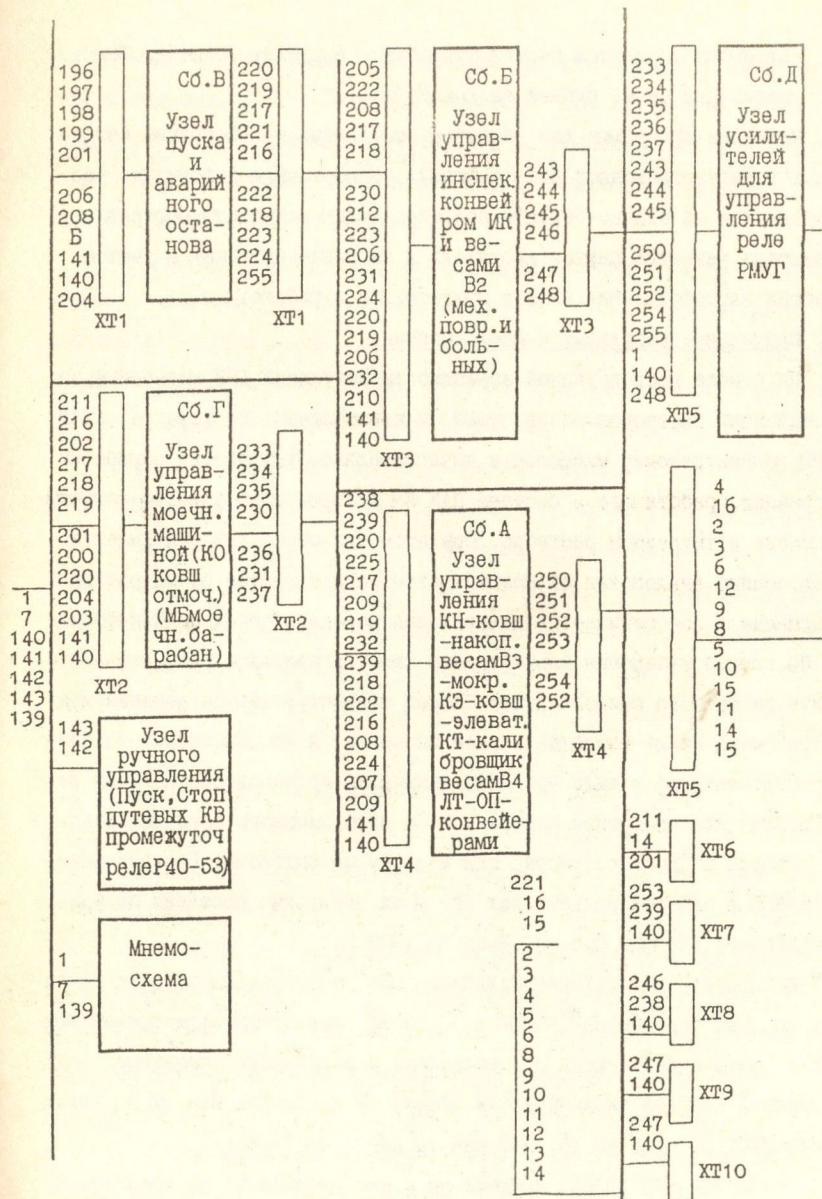


Рис.6. Структурная схема САУ ЛОП

-стоимости принятой партии картофеля, в рублях тонно-процент;  
-расчетной цены, рублей за тонну "нетто".

Машинные программы для расчетов составлены на основании приведенных в диссертационной работе формул. Обработанная информация распечатывается на бланке-сертификате, отражающим реквизиты поставщика, показатели качества партии картофеля и ее расчетную цену с учетом качества картофеля. Вид бланка представлен в работе.

Применение результатов исследований.

На основе исследованной зависимости затуханий СВЧ колебаний от концентрации растворов разработаны и изготовлены на кафедре АТПИ КТИПИ концентратомер мисцеллы и вычислительное устройство обработки информации, работающее в составе ПАК КЧ по программе расчета содержания масла в титруемом растворе. При этом для обработки принимается одновременно аналоговая от концентратомера и цифровая от титратора информация и обеспечивается одноразовая передача обобщенной информации. На способ измерения концентрации имеется положительное решение о выдаче авторского свидетельства. Способ и конструктивное решение концентратомера имеют самостоятельное значение, и использованы НИО "Пищепроматоматика" в виде изделий единичного производства в АСЭАК семян и нами для измерения содержания СВ диффузионного сока на сахарных заводах и процесса рассиропки мелассы на спиртовых. Долевое участие КТИПИ в эффекте проведенных НИР и их внедрения составил по концентратомеру 125 000 руб. (в ценах до 1986 г.).

В сырьевой лаборатории Бельцкого МЖК смонтированы и сданы заказчику опытные образцы ПАК КЧ СП и АСЭАК СП, защищенные авторскими свидетельствами и не имеющие отечественных и зарубежных аналогов. Подтвержденный годовой экономический эффект от внедрения ПАК КЧ составил 31 039 руб. и АСЭАК СП 161 647 руб. (в ценах до 1986 г.).

Разработанная модель приемки СП и направления их на хранение по

качественным показателям и выявленные резервы и факторы эффективности использованы НИО "Пищепроматоматика" при расчете экономического эффекта внедрения указанных методов и устройств. Проработаны варианты образования и использования повышения экономической эффективности при внедрении АСЭАК Сп на Бельцком МЖК.

Результаты исследования методов определения качества картофеля использованы при разработке ЛОП картофеля (а.с.1030723), приемочные испытания которой проведены на Чемерском спиртзаводе, как и пробоотборника картофеля (а.с.972305, 974195). Хотя ЛОП К разрабатывалась в составе АСЭАК К, она может функционировать и автономно.

В работе проанализированы источники технической и экономической эффективности ЛОП и АСЭАК картофеля и факторы ее достижения. Выделены те, которые проявляются в денежном выражении только в процессе длительного применения, другие учтены при расчете экономического эффекта. Приемочная комиссия подтвердила расчетный годовой экономический эффект внедрения конвейерного пробоотборника - 33050 руб. и ЛОП К - 159 600 руб. на единицу (в ценах на момент проведения расчета).

#### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Проведен аналитический обзор стандартных методов квалиметрии картофеля для промышленной переработки и семян подсолнечника (сырья масложировой отрасли перерабатывающей промышленности), а также анализ существующих нестандартизованных методов определения соответствующих показателей качества, на основании которых определены задачи, цели и направления исследований в области создания более эффективных автоматизированных методов квалиметрии указанных видов сырья.

2. Установлено, что в пищевой промышленности традиционные методы методы контроля качества пищевого сырья не являются ни оператив-

ными во времени, механизированными или автоматизированными по реализации и не дают возможности с нужной оперативностью формировать однородные по качеству партии сырья и своевременно влиять на процессы его хранения и переработки. Для снижения потерь сырья, увеличения выхода и улучшения качества готового продукта, оптимизации процессов и повышения эффективности производства требуется создание экспрессных методов квалиметрии сырья, позволяющих получить оперативную информацию о качестве непосредственно в процессе его приемки, хранения и переработки. Отсутствует общий подход к разработке таких методов.

3. Разработан комплексный подход к созданию методов квалиметрии пищевого сырья, включающий не только разработку собственно метода, его метрологического обеспечения и технической реализации (вплоть до внедрения и постановки на производство), но и автоматизацию средств их реализации с последующим объединением в комплексные технические системы, что обеспечивает повышение их эффективности.

4. Усовершенствованы способ отбора и конструкция пробоотборника картофеля, обеспечивающего автоматический отбор заданного (в зависимости от массы принимаемой партии картофеля) количества точечных проб (в среднем 8-10) при среднем значении 3,9 кг и формирование из них представительной объединенной пробы со средней массой около 35 кг при равномерности отбора, гарантирующей высокую представительность пробы;

исследована в производственных условиях ЛОП картофеля в виде устройства автоматического экспресс-анализа качества картофеля при его приемке, новизна которой, защищенная авторским свидетельством. Устройство позволяет определять в течение 15 минут загрязненность, крахмалистость, содержание явно механически поврежденных, больных и мелких клубней, обеспечивая выдачу результатов каждые 2 минуты.

5. Установлена функциональная связь между влажностью семян подсолнечника и затуханием СВЧ энергии в промежутке между излучающей и приемной антеннами, заполненным семенами. Ее исследование показало возможность измерения влажности семян с погрешностью не более  $\pm 0,5\%$ . Исследовано влияние понижающих точность измерений факторов, что учтено при разработке конструкции влагомера. Разработан и метрологически обоснован контрольный метод определения влажности СП в качестве образцового при градуировке и поверке СВЧ влагомера. Разработана конструкция влагомера, который прошел испытания в климатической камере и передан промышленности для внедрения в составе автоматизированной системы экспресс-анализа качества СП.

6. На основании исследования функциональной зависимости затухания СВЧ колебаний от концентрации растворов разработана конструкция микроволнового концентратомера и метрологически обоснованы контрольный метод его поверки и методика приготовления поверочных растворов. Методика аттестована в установленном порядке, а концентратомеры растворов внедрены: масла - в составе ПАК КЧ масла СП, а сахара - на ряде сахарозаводов в виде измерителя СВ диффузионного сока, известкового молока, рассиропки мелассы - на спиртзаводе.

7. Разработаны конструкции экстракторов масла из семян подсол-

нечника и пресса для семян хлопчатника, обеспечивающие требуемую для анализов полноту извлечения масла и пригодные для использования в составе ПАК определения КЧ масла. Обоснована их применимость, новизна защищена авторскими свидетельствами. Внедрение осуществлено в составе ПАК КЧ, который реализует созданный в КТИПШ метод определения КЧ, обеспечивает точность и экспрессность автоматического определения КЧ и работу в автоматическом режиме на базе микроэлектронного программного управления.

8. Использование теории синтеза логических схем позволило разработать на единых методических позициях САУ таких разнообразных объектов управления, как лабораторный экстрактор масла, пресс масла, ПАК КЧ, ЛОП картофеля, отличающихся различной сложностью, числом каналов управления, производительностью и длительностью операций. Составлены методом тактового распределителя и приведены выражения операторных формул в виде математических моделей алгоритмов управления и примеры технической реализации их на базе микропроцессорной техники. Разработан подход к анализу динамики и устойчивости импульсных САУ циклическими процессами на основе дискретного преобразования Лапласа и преобразования Лорана.

9. Поставлена задача агрегирования информации при передаче ее в двухуровневых иерархических системах определения качества растительного сырья (АСЭАК), базирующаяся на теории векторной оптимизации и позволяющая уменьшить размерность задачи согласования в системе, и для решения задачи использовать методы линейного программирования, что позволяет осуществлять одноразовый обмен информацией о комплексных показателях качества сырья между уровнями иерархии вместо многократной передачи информации о физических переменных, опре-

деляющих интегральный показатель качества.

10. Предложены и доведены до реализации в виде опытных образцов САУ ПАК КЧ и ЛОП картофеля, предложены алгоритмы обработки информации об измеряемых разработанными методами параметрах для определения показателей качества пищевого сырья на примере семян подсолнечника и картофеля, работоспособность которых подтверждена длительными испытательными в производственных условиях. Приведены операторные формулы управления оборудованием из состава ЛОП картофеля, пригодны для программирования микропроцессорных контроллеров типа ПМК. Приведен пример программы на языке Микрол для контроллера Ломиконт.

11. Опытные образцы ПАК КЧ, АСЭАК СП, АСЭАК картофеля и пробоотборного устройства картофеля сданы межведомственным приемным комиссиям, назначенным на государственном в то время уровне. Комиссии подтвердили эффективность разработок, отсутствие в стране и за рубежом соответствующих аналогов и ожидаемый расчетный экономический эффект внедрения;

проведенные на базе утвержденных методик расчеты ожидаемого экономического эффекта учитывали ряд нетипичных факторов, обуславливающих эффективность применения разработок, которые выявлены в результате анализа условий применения и внедрения разработанных устройств. Для применения методик были разработаны модели приемки семян подсолнечника в условиях внедрения и учтены факторы, обуславливающие эффективность внедрения АСЭАК картофеля для пищевой отрасли и народного хозяйства.

12. Показано решение проблемы повышения эффективности методов квалиметрии растительного сырья в первую очередь путем разработки,

технической реализации и автоматизации собственно методов определения показателей качества сырья, а затем интегрированного их использования в комплексных системах анализа качества растительного сырья (АСЭАК).

13. На основании выполненных исследований предложены для внедрения в промышленность, включая способ и алгоритм измерения, конструктивное решение, алгоритм управления и САУ, методику градуировки и поверки, контрольный метод и его метрологическое обеспечение:

- автоматический пробоотборник картофеля (а.с.972305, 974195);
- ЛОП картофеля (а.с.1030723) и АСЭАК К( *полевоe участие*);
- автоматический СВЧ-влажномер СП (а.с.1223101);
- автоматический СВЧ-концентратомер растворов (пол. реш.);
- автоматический лабораторный экстрактор масла из пробы СП (а.с.787376, 996434, 1024834, 1041929, 1290159, 1399336, 1620113);
- автоматический лабораторный пресс для извлечения масла из проб семян хлопчатника (а.с.1566287);
- устройство для диэлектрической сушки пробы семян (а.с.1066300, 1233601, 1271193, 1342168);
- автоматический приборно-аналитический комплекс определения КЧ масла в семенах (а.с. 1201768) и АСЭАК СП;
- методика синтеза САУ циклическими кратковременными процессами и анализа динамики и устойчивости импульсных КС (а.с.225760, 225761, 225762, 286576, 368133, 397446);
- ПАК КЧ и АСЭАК семян подсолнечника внедрены на Бельцком МЖК и включены в состав АСУТП сырьевого хозяйства МЖК.

14. Решение научно-технической проблемы по разработке автоматизированных методов квалиметрии растительного сырья в пищевой промышлен-

ности и повышению их эффективности позволили автору создать предпосылки и для решения проблемы повышения эффективности процессов приема сырья и формирования из него однородных по качеству партий для хранения и переработки, что подтверждено актами приемки и внедрения с общим годовым экономическим эффектом 510 336 рублей (в ценах 1986 г.).

#### ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Луцк В.И., Гончаренко Б.Н., Король Н.И. Бесконтактные полупроводниковые регуляторы для центрирования рисунка этикетки в оберточных и упаковочных автоматах. НК КТИШ (тезисы доклада-укр.яз.). -К.: КГУ. 1966.

2. Луцк В.И., Гончаренко Б.Н., Исследование быстродействующих бесконтактных устройств для центрирования рисунка этикетки в упаковочных и оберточных автоматах. НК КТИШ (тезисы доклада-укр.яз.). -К.: КГУ. 1967.

3. Луцк В.И., Гончаренко Б.Н., Король Н.И. Быстродействующие бесконтактные нереверсивные устройства в заверточных автоматах. -Хлебопекарная и кондитерская промышленность. 1967, №11.

4. Луцк В.И., Гончаренко Б.Н., Король Н.И. Быстродействующие бесконтактные реверсивные устройства в заверточных автоматах. -Хлебопекарная и кондитерская промышленность. 1968, №5.

5. Гончаренко Б.Н., Луцк В.И. О применении логических элементов единой серии ЭТ в схемах автоматизации заверточных машин. Тезисы доклада (укр.яз.). -К.: КТИШ НК. 1968.

6. Гончаренко Б.Н. Динамический и структурный анализы бумагоподающего устройства конфетозаверточного автомата как объекта управления. Тезисы доклада (укр.яз.). -К.: КТИШ НК. 1968.

7. Луцк В.И., Гончаренко Б.Н., Скобло Д.И. Анализ автоматической СЦРЭ в высокопроизводительных заверточных автоматах. В сб. обл. совета профсоюза и НТО. -К.: НТО. 1968.

8. Луцк В.И., Гончаренко Б.Н., Скобло Д.И. Анализ автоматической СЦРЭ в высокопроизводительных заверточных автоматах. -К.: КТИШ НК. 1968.

9. Луцк В.И., Гончаренко Б.Н., Король Н.И. Быстродействующие бесконтактные реверсивные устройства для центрирования рисунка этикетки в заверточных автоматах. Реф. инф. о законч. НИР в ВУЗах УССР. -К.: Пищевая промышленность. 1968.

10. Луцк В.И., Гончаренко Б.Н., Король Н.И. Быстродействующие бесконтактные нереверсивные устройства для центрирования рисунка этикетки в заверточных автоматах. Реф. инф. о законч. НИР в ВУЗах УССР. -К.: Пищевая промышленность. 1968.

11. Гончаренко Б.Н., Луцк В.И. Логические быстродействующие бесконтактные устройства в конфетозаверточных автоматах (укр. яз.). -Харчова промисловість. 1969. №4.

12. Гончаренко Б.Н. Анализ динамики и синтез корректирующих устройств автоматической системы центрирования рисунка этикетки (тезисы доклада). -К.: КТИПП НК. 1969.

13. Гончаренко Б.Н., Луцк В.И. Экспериментальное исследование влияния параметров корректирующих устройств на качественные показатели СЦРЭ (тезисы доклада). -К.: КТИПП НК. 1969.

14. Гончаренко Б.Н., Луцк В.И. Передаточные свойства импульсной системы центрирования рисунка (СЦР) этикетки (тезисы доклада). -К.: КТИПП НК. 1970.

15. Гончаренко Б.Н. Исследование динамики системы центрирования рисунка этикетки в конфетозаверточных автоматах высокой производительности. Диссерт. на соиск. н. ст. к. т. н. -К.: КТИПП 1970.

16. Гончаренко Б.Н., Луцк В.И. О точности измерения рассогласования в системе центрирования рисунка (тезисы доклада). -К.: КТИПП НК. 1972.

17. Гончаренко Б.Н., Гармаш И.И., Яценко Е.А., Логвин Э.И., Хиврич Б.И. Полуавтоматические пробоотборные устройства и линии для получения и обработки представительных проб свеклы, картофеля, винограда и семян подсолнечника и возможные пути их совершенствования (тезисы доклада). -К.: КТИПП НК. 1972.

18. Гончаренко Б.Н., Луцк В.И. Технологические требования к АСЭАК семян подсолнечника и перспективные направления их реализации (тезисы доклада). -К.: КТИПП НК. 1972.

19. Луцк В.И., Гончаренко Б.Н., Фотоэлектронная система центрирования рисунка этикетки в высокопроизводительных заверточных автома-

тах. 1-я ВНК "Основные задачи теории конструирования и исследования упаковочных автоматов". -Каунас: КаПИ. 1972.

20. Гончаренко Б.Н., Луцк В.И. Переходные процессы в несимметричном двухдвигательном приводе с механическим дифференциалом. В сб. "Упаковочные автоматы". -Каунас: КаПИ. 1975.

21. Луцк В.И., Черный А.М., Гончаренко Б.Н. Функциональная структура и алгоритм функционирования АСЭАК растительного сырья для пищевой промышленности. В сб. "Автоматизация определения показателей качества сырья, полупродуктов и готовой продукции в пищевой промышленности". -К.: КДНТЭП. 1978.

22. Гончаренко Б.Н., Рыбалко Г.К. Результаты НИР по разработке автоматического устройства для определения влажности семян подсолнечника. В сб. "Автоматизация определения показателей качества сырья, полупродуктов и готовой продукции в пищевой промышленности". -К.: КДНТЭП. 1978.

23. Луцк В.И., Гончаренко Б.Н., Скрилко И.С. О результатах испытания экспериментального образца АСЭАК картофеля на Чемерском спиртзаводе (тезисы доклада). -К.: КТИПП. 1979.

24. Гончаренко Б.Н., Архипович Н.А., Скрипченко Л.К., Герман Н.С., Луцк В.И. Определение кислотного числа масла методом рН-метрии. -Масло-жировая промышленность. 1979. №10.

25. Гончаренко Б.Н., Скрипченко Л.К., Герман Н.С. Анализ погрешности измерения масличности семян подсолнечника методом ускоренной экстракции. В сб. "Автоматическое управление технологическими процессами в пищевой промышленности". -Краснодар: Труды КрПИ. 1979. Вып.92.

26. Гончаренко Б.Н., Федоренко В.А., Луцк В.И., Рыбалко Г.К. О перспективах использования СВЧ в системах автоматического контроля и регулирования технологических процессов в пищевой промышленности (укр.яз.). -Харчова промисловість. 1980.

27. Гончаренко Б.Н., Герман Н.С., Рыбалко Г.К. Исследование применимости СВЧ-техники для измерения влажности семян подсолнечника. -Масло-жировая промышленность. 1980. №2.

28. Гончаренко Б.Н., Герман Н.С., Рыбалко Г.К. Исследование влияния ряда факторов на точность измерения влажности семян подсолнечника. -Масло-жировая промышленность. 1980. №4.

29. Гончаренко Б.Н., Рыбалко Г.К., Луцк В.И. Автоматический при-

борно-аналитический комплекс определения кислотного числа масла в семенах подсолнечника. В сб. "Инструментальные методы оценки качества пищевых продуктов". -М.: ГИИТ СССР. 1983.

30. Гончаренко Б.Н., Рыбалко Г.К., Луцк В.И. Автоматический СВЧ-влажномер семян подсолнечника. В сб. "Инструментальные методы оценки качества пищевых продуктов". -М.: ГИИТ СССР. 1983.

31. Гончаренко Б.Н., Луцк В.И., Изволенский И.Е., Яценко Е.А. Автоматизированная линия экспресс-анализа показателей качества картофеля. В сб. "Инструментальные методы оценки качества пищевых продуктов -М.: ГИИТ СССР. 1983.

32. Гончаренко Б.Н., Луцк В.И., Рыбалко Г.К. Приборно-аналитический комплекс определения кислотного числа масла в семенах подсолнечника (тезисы доклада). -М.: ВНИ "Пути совершенствования технологических процессов и оборудования для производства, хранения и транспортировки продуктов питания" 1984.

33. Гончаренко Б.Н., Луцк В.И., Изволенский И.Е., Яценко Е.А. Линия обработки проб картофеля (тезисы доклада). -Харьков: ВНИ "Проблемы индустриализации общественного питания страны". 1984.

34. Гончаренко Б.Н., Луцк В.И., Изволенский И.Е., Яценко Е.А. Автоматизированная линия экспресс-анализа показателей качества картофеля (тезисы доклада). -М.: ВНИ "Инструментальные методы оценки качества пищевых продуктов". 1984.

35. Гончаренко Б.Н., Рыбалко Г.К., Луцк В.И. Автоматизированный приборно-аналитический комплекс определения кислотного числа масла в семенах подсолнечника (тезисы доклада). -М.: ВНИ "Инструментальные методы оценки качества пищевых продуктов". 1984.

36. Гончаренко Б.Н., Рыбалко Г.К., Луцк В.И. Автоматический СВЧ-влажномер семян подсолнечника (тезисы доклада). -М.: ВНИ "Инструментальные методы оценки качества пищевых продуктов". 1984.

37. Яценко Е.А., Луцк В.И., Гончаренко Б.Н. Автоматическое устройство для отбора проб картофеля. -Сахарная промышленность. 1985. №3.

38. Яценко Е.А., Луцк В.И., Гончаренко Б.Н. Машина для мойки картофеля. -Сахарная промышленность. 1985. №4.

39. Гончаренко Б.Н., Рыбалко Г.К., Залуцкая Л.Н., Кульчицкий Ю.С. Лабораторный экстрактор для определения кислотного числа. -Масло-жировая промышленность. 1986. №9.

40. Гончаренко Б.Н., Рыбалко Г.К., Залуцкая Л.Н. Измерение концентрации масла в растворах. - Масло-жировая промышленность. 1987. №1.

41. Гончаренко Б.Н., Рыбалко Г.К., Байдаков Н.П. Применение микро-ЭВМ для определения кислотного числа масла в семенах подсолнечника. - Масло-жировая промышленность. 1987. №5.

42. Гончаренко Б.Н., Рыбалко Г.К., Бегунов А.А. Программное управление лабораторным экстрактором масла. - Пищевая промышленность. 1988. №5.

43. Гончаренко Б.Н., Рыбалко Г.К., Залуцкая Л.Н. Висушивание проб масличных семян в СВЧ-печи. - Пищевая промышленность. 1988. №7.

44. Гончаренко Б.Н., Изволенский И.Е., Рыбалко Г.К., Залуцкая Л.Н., Гетманец Р.Н. Программное управление ПАК определения кислотного числа масла. - Пищевая промышленность. 1988. №3.

45. Гончаренко Б.Н., Ладанюк А.П., Баль Л.В. Микроволновой анализатор концентрации двухкомпонентных растворов (тезисы доклада). - М.: 3-я Всесоюзная НТК ИФХМ. 1990.

46. Гончаренко Б.Н., Баль Л.В. Метрологическая точность состава поверочных растворов для микроволнового анализатора (тезисы доклада) - М.: 3-я Всесоюзная НТК ИФХМ. 1990.

47 - 75. А.с. СССР: 225760, Б.И., 1968, №27; 225761, Б.И., 1968, №27; 225762, Б.И., 1968, №27; 286576, Б.И., 1970, №34; 368133, Б.И., 1973, №9; 397446, Б.И., 1973, №37; 787376, Б.И., 1980, №46; 972305, Б.И., 1982, №41; 974195, Б.И., 1982, №42; 996434, Б.И., 1983, №6; 1024834, Б.И., 1983, №23; 1030723, Б.И., 1983, №31; 1041929, Б.И., 1983, №34; 1066300, ДСП, 1984; 1201768, Б.И., 1985, №48; 1223101, Б.И., 1985, №13; 1233601, ДСП, 1986; 1271193, ДСП, 1986; 1290159, Б.И., 1987, №6; 1399336, Б.И., 1988, №20; 1566287, Б.И., 1990, №19; 1620113, Б.И., 1991, №2; 1704068, Б.И., 1992, №1; 1707514, Б.И., 1992, №3; 1719989, Б.И., 1992, №10. Вклад соискателя определен справками о творческом участии соавторов перечисленных изобретений.

*Гончаренко*

Подписано в печать 10.12.92г. Формат 60x84/16  
Бумага писчая. Усл. печ. л. 2,0. Тираж 100 экз. Заказ № 1881

Отпечатано ЦУОП ГНПП "Плодвиконсерв" в Киев, Украина