

Автор ер.
П 58

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР**

**ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М. В. ЛОМОНОСОВА**

На правах рукописи

ПОПОВИЧ

Александр Иванович

Аспирант

Перечень 1987

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА
СИСТЕМЫ ЭКСПРЕССНОГО КОНТРОЛЯ
МАССЫ КОНСЕРВОВ "МЯСО ТУШЕНОЕ"
В ЖЕСТЯНЫХ БАНКАХ ПРИ ИХ
ЗАПОЛНЕНИИ**

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.07 – АВТОМАТИЗАЦИЯ
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
(ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ)

Диссертация написана на русском языке

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1974

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ПОПОВИЧ
Александр Иванович
Аспирант

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА
СИСТЕМЫ ЭКСПРЕССНОГО КОНТРОЛЯ
МАССЫ КОНСЕРВОВ "МЯСО ТУШЕНОЕ"
В ЖЕСТЯНЫХ БАНКАХ ПРИ ИХ
ЗАПОЛНЕНИИ

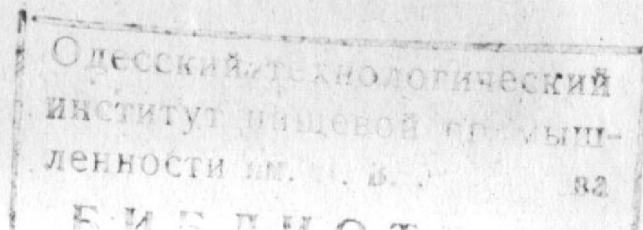
СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.07 - АВТОМАТИЗАЦИЯ
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
(ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ)

Диссертация написана на русском языке

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1974



ное количество рабочих, которые в течение времени начинают весьма приблизительно справляться с поставленной задачей. При этом имеет место выпуск значительного количества нестандартной продукции. Наличие ручного контроля является узким местом и сдерживает рост производительности линии. Кроме экономических соображений имеются также некоторые технологические требования, обязывающие поддерживать массу дозируемого продукта в заданных пределах. В частности, герметичность тары при стерилизации, зависящая от развивающегося давления в банке, должно быть сохранено обязательно. Поддержание массы дозируемого продукта в заданных пределах уменьшает разброс объема незаполненного пространства и сокращает брак от потери герметичности.

Дальнейший рост выпуска консервов и рост уровня механизации и автоматизации предприятий требует устранения узких мест в технологических линиях, создания условий для исключения субъективных факторов, сдерживающих дальнейший рост производительности линий. К настоящему времени отдельными отраслями промышленности, например, пищевоконцентратной, уже накоплен опыт использования автоматических систем контроля массы. Применяемые в пищевоконцентратной промышленности системы (иностранного производства), как правило, способствуют выпуску качественного продукта стандартной массы. Однако в консервной промышленности таких систем нет.

В литературе почти полностью отсутствуют сведения о характере влияния факторов (технологических и конструктивных) на массу дозируемого продукта. Отсутствует анализ существующих методов контроля массы консервов. Не определены рациональные схемы систем контроля массы.

Ц е л ь диссертационной работы состоит в том, чтобы на основе анализа объекта выделить факторы, влияющие на массу дозы; провести анализ существующих методов контроля массы консервов и на его основе определить пути решения поставленной задачи экспрессного контроля массы; разработать весоизмерительную систему, реализующую заданную технологией точность отбраковки консервных банок по массе; выдать техническое задание на экспрессную систему контроля массы консервов "Мясо тушеное", обеспечивающую полную замену человека при соблюдении требований точности отбраковки.

М е т о д о л о г и ч е с к о й основой исследования являются методы математической статистики, теоретико-вероятностный, аналитический, расчетно-конструктивный метод экспериментальных исследований, примененный для подтверждения теоретических исследований.

О б ъ е к т о м исследования явились участки дозирования в линиях производства консервов "Мясо тушеное" ряда предприятий, в том числе Одесского консервного комбината, консервного завода им. I Мая Тираспольского аграрно-промышленного объединения, Измаильского консервного комбината и др. Необходимая информация была получена из литературных источников, справочных материалов. В некоторых случаях использовались данные, опубликованные научно-исследовательскими учреждениями нашей страны.

Н а у ч н а я новизна и практическая ценность. В диссертации, на основе методов математической статистики и теоретико-вероятностного метода, обосновываются расчеты по определению степени влияния возмущающих факторов на массу порции, дозируемой объемным способом, обоснована необходимая точность объемного дозирования компонентов, дано определение точности дозирования.

В диссертации впервые теоретически обоснован и практически реализован новый способ взвешивания, позволяющий решить проблему скоростного контроля массы. Разработаны оригинальные высокоточные преобразователи силы тяжести в перемещение и перемещения в пневматические аналоговые сигналы, а также быстродействующие пневматические преобразователи аналоговых сигналов в дискретные сигналы отбраковки. Разработан метод расчета чувствительности пневматических аналоговых периодически действующих преобразователей ротаметрического типа. Разработаны, испытаны и нашли применение в промышленности устройства, механизмирующие и автоматизирующие дозирование соли, лука, загрузку наполнителя мясом, и механизм дистанционной подналадки объема мерных цилиндров. Разработанная система экспрессного контроля массы консервов совместно с механизмами загрузки и подналадки, при использовании рекомендованного способа наполнения банок, обеспечивает полную замену человека на операции контроля массы. Система экспрессного контроля массы является совершенно новой разработкой и защищена 4 авторскими свидетельствами:

- а) Способ измерения параметров — авт. свид. № 200803, кл. 42 *f*
физических тел-массы 31/50
- б) Исполнительный механизм — авт. свид. № 315634, МКП В65 d
49/00.
- в) Устройство для разделения — авт. свид. № 379473, МКЛ.
на потоки отбракованных В 65 в 37/18.
банок
- г) Загрузочное устройство к — авт. свид. № 396104, кл. А 22 с
дозировочной машине 7/00

Объем работы. Диссертация состоит из введения, трех разделов с 7 главами, выводов и предложений, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 133 страницах машинописного текста и иллюстрирована 51 рисунком. В приложении дано 25 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Раздел А.

Глава I. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБЪЕКТА

1. Анализ состояния и перспектив автоматизации объекта показывает, что технологические требования к процессу производства консервов "Мясо тушеное" отличаются рядом специфических особенностей.

2. Процесс консервирования обязательно содержит дозирование продукта и тару с последующим соблюдением заданного весового соотношения компонентов. Поэтому механизация и автоматизация контроля массы, отбраковка и регулирование массы продукта, дозируемого объемным способом, являются основным звеном при дальнейшей автоматизации существующих линий. Это повлечет за собой сокращение ручного труда, снижение себестоимости, повышение производительности.

3. Современное состояние и технический уровень линий сдерживают дальнейший рост производительности из-за наличия в потоке ручных операций на участке дозирования и контроля массы. На участке дозирования все операции, за исключением объемного отмеривания мяса и его подачи в банку, равно как и загрузка самого наполнителя мясом, выполняются вручную. Настройка мерных цилиндров на заданную порцию мяса производится при его остановке путем поочередной руч-

ной подстройки высоты подъема в мерных цилиндрах каждого из поршней с помощью упорных винтов и контргаек.

4. В виду того, что "недовес" в отгруженной партии консервов "Мясо тушеное", выявленный при определении лабораторией средней массы образца консервов, не допускается, технология производства рекомендует производить стопроцентный контроль массы банок. При этом допускаются нормы отклонения для отдельных банок при массе нетто до 1 кг $\pm 3\%$, а для банок с массой нетто больше 1 кг $\pm 2\%$.

5. Вероятностные характеристики дозируемых компонентов и их весовые соотношения, равно как статические и динамические характеристики автоматизируемых объектов, различны. Поэтому экспрессная система контроля массы должна иметь ряд модификаций. Для одних объектов достаточно производить только автоматический контроль массы и отбраковку штучных грузов, для других только регулирование средней массы, для третьих одновременное использование бракующего и регулирующего каналов. Однако общим и основным для всех систем будет контрольно-весовой бракующий автомат.

Раздел Б.

Глава II. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

I. Исследованиями установлено, что массу объемно дозируемых порций следует рассматривать как случайную величину, появляющуюся с определенной вероятностью. Для объективной оценки точности объемного дозирования автором введено новое определение точности объемного дозирования-вероятностная точность дозирования. Эта величина с достаточной надежностью соответствует трехсигмовому пределу (3σ) отклонений массы средней величины, равной массе "норма-номинал".

2. По экспертным оценкам к факторам, влияющим на колебание массы консервов "Мясо тушеное", были отнесены:

- 1) колебание массы тары, лука, соли, мяса, добавляемого жира (для говядины тушеной);
- 2) настройка дозирующего органа наполнителя;
- 3) размеры (количество) кусков мяса и соотношение жир - мясо;
- 4) изменения давления продукта (мяса) в горловине питающего шнека и в мерных цилиндрах;
- 5) изменение средней массы (нетто) порций консервов во времени;

Для исследований указанных выше факторов были приняты различные методики.

Оценка степени и влияние колебания массы компонентов, тары и кусков мяса на отклонение массы порций консервов выполнялись с помощью дисперсионного анализа. Исходя из таблицы порога вероятности безошибочных прогнозов для нормального закона распределения при вероятности 0,99 и показателе надежности, равном 2,617, был принят большой объем группы наблюдений каждого фактора, равный 120 единиц. При этом, погрешность измерения не будет превосходить величины отклонения массы не более 1 %. Погрешность взвешивания не превосходила $\pm 0,25$ г. При этом, для каждой группы указанных факторов, кроме тары, был выполнен расчет критерия для непринятия резко выделяющихся наблюдений, после которого, согласно последующему дисперсионному анализу, определено, что влияние оставшихся отклонений на среднюю массу консервов несущественно. Эти оставшиеся отклонения принимаются за требуемую вероятную точность дозирования данного компонента.

И с с л е д о в а н и е влияния фактора настройки состояло в прямом измерении массы дозируемого мяса при изменении высоты подъема поршня в мерном цилиндре шагами в 1 мм в обе стороны от номинала в пределах ± 5 мм. Объем измерений для каждой настройки был принят 30 банкам, исходя из того, что при вероятности 0,99 и показателе надежности, равном 2,75, погрешность измерения не будет превосходить величины отклонения массы на каждом шаге не более 5%. Обработка результатов выполнена с применением известных методов математической статистики, а оценка значимости фактора произведена с помощью дисперсионного анализа.

Для определения закона изменения давления в дозирующих органах наполнителя автором была разработана новая методика, позволявшая впервые определить характер и абсолютные значения развивающихся усилий в мерных цилиндрах и горловине.

М е т о д и к а состояла в следующем. Рассматривая вращающуюся башню с поршнями в мерных цилиндрах и питающий шнек как линейную систему, у которой возбуждаемая реакция (подъем поршня), создаваемая входным воздействием $\Theta_{вх}(\tau)$, определяется импульсной переходной функцией $h(t-\tau)$, представляющей собой реакцию системы на это входное воздействие, и рассматривая это воздействие как непрерывную серию единичных импульсов, с учетом принципа суперпозиции, для линейных систем, мы составили интегральное уравнение

$$\Theta_{вых.}(t) = \int_0^t \Theta_{вх.}(\tau) h(t-\tau) d\tau. \quad (I)$$

Это уравнение определяет вынужденное движение поршня в момент наполнения. Величина $h(t-\tau)$ была раскрыта вводом в систему коле-

бательного звена с известным законом переходного процесса в виде специальных оттарированных пружин. Неизвестную величину $\sigma_{\text{вых}}(t)$ определяли экспериментально с помощью киносъемки "мгновенных" значений высот подъема штоков поршней с последующим построением их траектории по кадрам. Решив интегральное уравнение с учетом изменения площади живого сечения в мерных цилиндрах по точкам построили диаграмму усилий, развивающихся в горловине и цилиндрах. Пользуясь полученным законом изменения давления, мы определили возможное изменение массы дозируемой порции мяса.

Методика определения изменения средней массы состояла в следующем. Банки с известной массой запускались в поток под наполнение группами по 8 шт. с интервалом в 3 мин в течение смены. Аналогично пропускались банки группами по 4 шт. с интервалом 1 минута. Временные интервалы выбирались с учетом рекомендаций работы Ицковича Э.Л., опубликованной в "Автоматика и телемеханика", 22, № 2, 1961, стр. 216. При контроле случайной величины важно знать не столько её мгновенные отклонения, сколько усредненные значения за некоторый промежуток времени τ . Таким значением может быть среднеквадратичная погрешность (σ) .

В итоге строится график $\sigma = f(\tau)$.

Из графика можно определить скорость изменения средней массы консервов.

В результате проведенных исследований установлено:

1. Закон распределения отклонения массы дозируемого продукта относительно средней величины подчиняется нормальному.

2. Вероятностная погрешность массы объемно дозируемого мяса всегда больше допустимых пределов; для свинины теоретически на

10,1 %, а на практике ещё больше, что обязывает контролировать массу каждой банки.

3. Вероятностная погрешность объемного дозирования компонентов для банки № 9 не должна превосходить для: соли $\pm 1,2$ г, лука (свежего) $\pm 3,9$ г, жира (топленого) $\pm 3,7$ г.

4. Величина кусков мяса с максимальным размером 108 мм при механизированном дозировании не влияет на среднюю массу консервов.

5. Предложенная методика исследований влияния колебания давления на массу дозируемого мяса при непрерывной работе объемного дозатора, позволила впервые определить качественно и количественно изменение усилий в мерном цилиндре и горловине наполнителя.

6. При равномерной загрузке наполнителя шнекового питателя объемного дозатора мясом колебание давления в горловине и мерном цилиндре дозатора не влияет на изменение коэффициента объемного сжатия мяса; коэффициент практически остается постоянным и не влияет на колебание массы дозы мяса.

7. Основным возмущающим фактором является жирность дозируемого мяса; степень наносимого возмущения зависит от природы мяса — максимальна для свинины, минимальна для конины.

8. Наблюдаемое изменение среднего значения массы мяса характеризуется как быстroteкущий процесс. Изменение среднеквадратичной погрешности средней массы во времени незначительно ($\sigma = 2 - 3,5$) в интервале не более 1 минуты.

9. Существующие конструктивные особенности дозатора мяса не позволяют вручную регулировать массу порции со скоростью в пределах 1 минуты.

10. Ручная загрузка шнекового питателя объемного дозатора мяса не обеспечивает поддержание стабильно и длительно массы порций в заданных пределах.

11. Для поддержания заданной массы консервов "Мясо тушеное" и правильной оценки его отклонения от заданной массы "норма-номинал" следует механизировать и автоматизировать объемное дозирование компонентов; стремиться максимально использовать тару, изготовленную из одного номера жести, во-время вносить коррективы на среднюю массу при переходе на другую тару, с максимальной точностью настраивать (на ходу) высоту подъема каждого поршня. Диаметры мерных цилиндров должны быть выполнены с допуском не ниже 2 класса.

Глава III. ТРЕБОВАНИЯ К ЭКСПРЕССНОМУ КОНТРОЛЮ МАССЫ КОНСЕРВОВ

1. Технологические требования, как известно, предусматривают получение всех банок консервов при объемном дозировании со средней массой, равной либо больше массы "норма-номинал" при допустимом отклонении отдельных банок до $\pm 3\%$ от массы нетто, что составляет для банки № 9 ± 10 г. Необходимость качественной оценки работы системы экспрессного контроля массы потребовала от автора обоснования величины погрешности отбраковки, что было выполнено с трех точек зрения - экономической, технологической и технически осуществимой.

На рис. I изображено распределение отклонения массы консервов, где

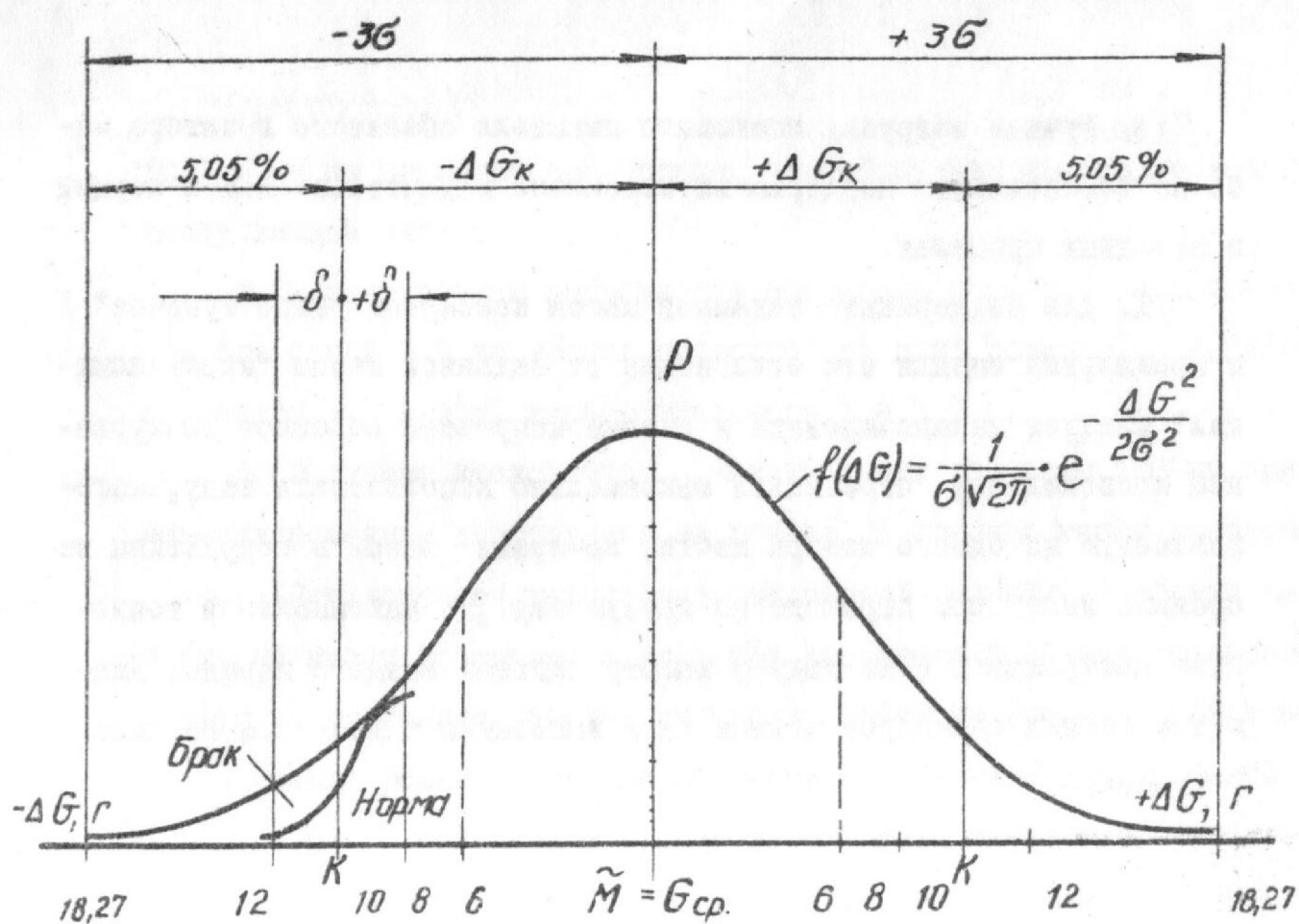


Рис. 1.

Математическое ожидание $M(G)$ принято значение массы, равное "норма-номинал", в обе стороны от которого в точках "К" отложены допустимые отклонения массы консервов по ГОСТу для ж/б № 9.

Величин " 2δ " характеризуют зоны погрешности отбраковки. Внутри этой зоны нанесена кривая границы "брак-норма". Очевидно, чем меньше величина " δ ", тем меньшее количество банок будет отбраковано неверно. Затем определяем "потери" — процент банок правильно и неправильно отбракованных — для различной величины " 2δ " = (0 - 4) г.

На рис. 2 изображены (увеличено) кривые границ "брак-норма" для различных величин зон нечувствительности. Вертикальная линия, проходящая через точку "К", соответствует 50% уровню достоверности, т.е. банки с отклонением массы, равным ± 10 г, равновероятно могут быть отнесены к "нормальным" и "бракованным". Учитывая то, что по технологической инструкции "недовес" пробы банок, взятых из сдавае-

В зонах
 50% брак + 50% Норма
 б, з, д, к - 11,181%
 в, г, д, е - 5,59%
 б, в, е, к - 4,46%
 а, б, к, л - 3,534%

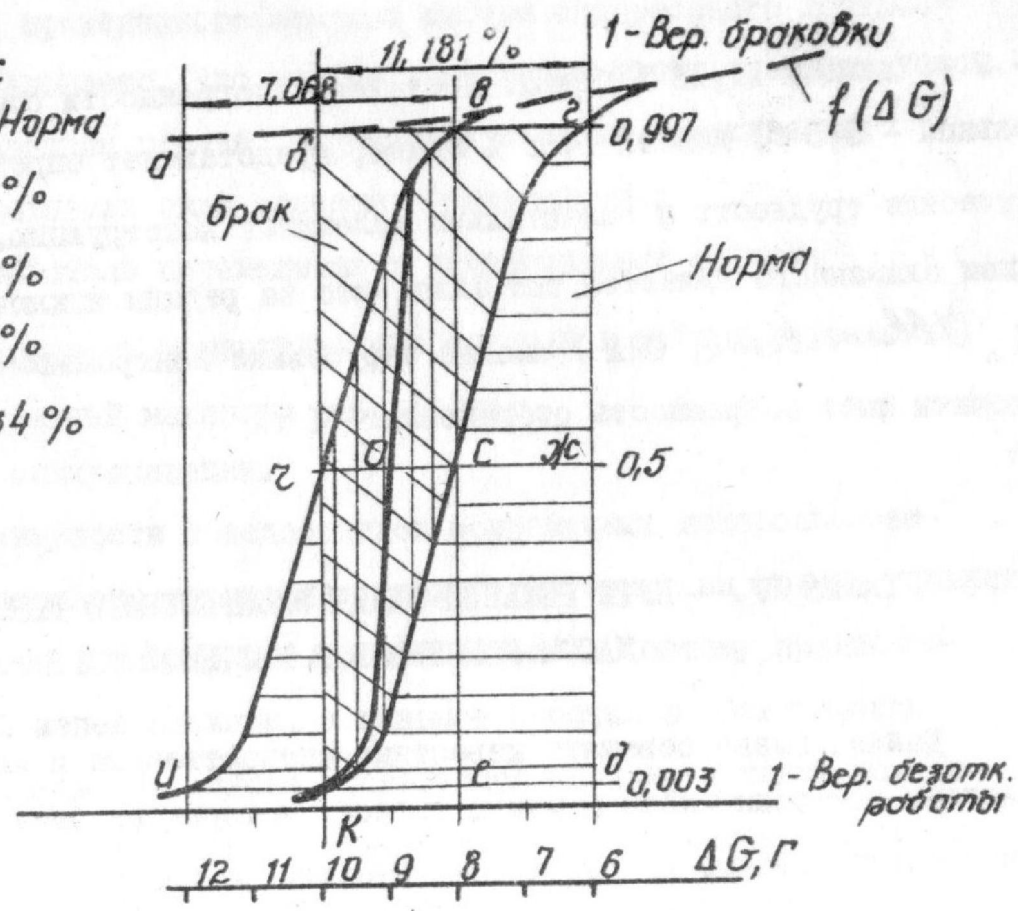


Рис. 2.

мой партии, не допускается, то важно не пропустить в разряд "норма" банки от канала "недовес" с отклонением массы больше ± 10 г. Поэтому пределы настройки сужаются, например, до ± 8 г. При этом руководствуются следующим:

1. Зона погрешности отбраковки устанавливается так, чтобы с достоверностью 99,7 % масса "нормальных" банок не выходила за стандартные пределы.

2. С целью сокращения ручных работ по доводке банок до "нормы" количество отбракованных банок должно быть минимально.

Расчеты показали, что для зоны ± 1 г. количество бракованных банок составляет менее 5 % и эта зона значительно эффективнее зоны

± 2 г, дающей 11,18 % брака. Достижение погрешности отбраковки, равной $\pm 0,5$ г, дающей 1,89 % брака, представляет определенные технические трудности и значительно усложняет конструкцию. Подтверждением сказанного является тот факт, что за редким исключением („Yllumitronia“ США) многие зарубежные контрольно-весовые автоматы имеют погрешность отбраковки ± 1 г.

Глава IV. ПУТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭКСПРЕССНОГО КОНТРОЛЯ МАССЫ КОНСЕРВОВ В ЖЕСТЯНОЙ ТАРЕ

Данная глава освещает известные отечественные и иностранные системы контроля массы штучных грузов, которые не были до сих пор систематизированы. Анализ автоматических контрольно-весовых систем и области их применимости позволили автору классифицировать их по схеме:

1. Контрольно-регистрающие;
2. Контрольно-сортировочные (бракующие);
3. Контрольно-регулирующие;
4. Контрольно-регулирующие - бракующие.

Предлагаемая схема классификации автоматических контрольно-весовых устройств в противоположность известной схеме конструктивного признака, выдвинутой Орловым С.П. в книге "Дозирующие автоматы", классифицирует все системы по общему признаку - конечному результату выполняемой функции, по так называемой выходной фазе. Подробное рассмотрение систем контрольно-весовых автоматов показало, что в практике распространены все четыре класса автоматов.

На основе проведенного анализа систем экспрессного контроля массы было установлено, что эти системы имеют шесть основных узлов.

1. Организованная подача изделий на позицию взвешивания;
2. Преобразователь силы тяжести в перемещение;
3. Преобразователь перемещения в измерительный сигнал;
4. Преобразователь измерительного сигнала в сигнал отбраковки;
5. Исполнительный механизм отбраковки;
6. Система синхронизации.

Оценка преимуществ и недостатков современных контрольно-весовых систем выполнена исходя из условий, которым они должны удовлетворять при работе в консервной промышленности. Поэтому предпочтение было отдано менее сложным, а главное простым в обслуживании и надежным системам. На основе проведенной оценки, а также исходя из практического опыта эксплуатации приборов в машиностроительной и консервной промышленности, для создаваемой системы автором была выбрана пневматика как основной вид энергии и сформулированы требования, которые в дальнейшем легли в основу построения шести перечисленных выше узлов.

Система должна быть выполнена с учетом следующих требований и решений:

1. Преобразователь силы тяжести в перемещение — в виде двух противоположно направленных рычагов на упругих подвесках с одной весовой пружиной.

2. Преобразователь перемещения в измерительный сигнал — в виде двух самостоятельных для каждого канала шариковых пневмопреобразователей ротаметрического типа.

✓. О 12491

3. Преобразователь измерительного сигнала в усиленный сигнал отбраковки - в виде двух самостоятельных для каждого канала блоков по специальной схеме на базе элементов УСЭПА.

4. Способ взвешивания, состоящий в том, что в процессе динамического взвешивания съём сигнала осуществляется на первом фронте переходного процесса в момент времени, соответствующий точке пересечения динамического отклонения с линией статического равновесия (авт. свид. № 200803, кл. 42 f, 31/50).

5. Подвижная система преобразователя силы тяжести должна арретироваться в среднем положении.

6. Механизм отбраковки, выполненный в виде двух параллельных шарнирно связанных между собой створок, размещенных над рольгангом с центром вращения в начале пути движения банок с двумя пневмоприводами (авт. свид. № 379473, М. Кл. В 65в 37/18).

7. Систему синхронизации съёма информации старт-стопную, циклично запускаемую от каждой банки с пневмо-механическим преобразователем и кулачком, программирующим цикл взвешивания, с независимостью моментов "старт" и "стоп" от времени контакта с банкой и с тактностью повторения команд на один цикл больше максимальной тактности поступающих банок.

8. Подачу банок двумя последовательно установленными линейными транспортерами, у которых скорость следующего (весового) больше предыдущего (подающего) на такую величину, которая обеспечивает гарантированный шаг поступления банок на весовую платформу.

9. Привод транспортеров с регулируемой скоростью, обеспечивающий быструю подстройку контрольно-бракующего автомата на требуемую производительность.

10. Специальные пневматические гасители вибрации регулируемой жесткости для защиты преобразователей от цеховой вибрации.

Раздел В

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭКСПРЕССНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ МАССЫ КАНСЕРВОВ В ЖЕСТЯНОЙ ТАРЕ

Глава У. ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ЗВЕНЬЕВ СИСТЕМЫ

Преобразователь силы тяжести в перемещение состоит из весовой подвески, выполненной в виде четырехзвенного параллелограмма с рамкой, подвешенной на концах упругих шарниров, рычажного силового элемента, выполненного в виде двух неравноплечих параллельно установленных и противоположно направленных рычагов с противовесами, и пружинного силового элемента. Расчеты по определению чувствительности весовой подвески, а также частоты и периода колебаний рычажного силового элемента совместно с силовым пружинным элементом выполнены с некоторыми приближениями и без учета реакции со стороны пневмопреобразователей перемещения в измерительный сигнал. Рассчитанные характеристики позволили оценить получаемую чувствительность и частоту срабатывания при заданных конструктивных параметрах.

Отдельно был выполнен теоретический расчет пружинного силового элемента, определивший зависимость собственной частоты колебаний от способа соединения пружин. В результате было установлено, что

частота собственных колебаний пружинного весоизмерителя при последовательном соединении упругих элементов одинаковой жесткости в $\sqrt{\frac{1}{n}}$ раз меньше, а при параллельном соединении в \sqrt{n} раз больше аналогичной частоты с одним упругим элементом. С учетом полученных теоретических результатов вначале была установлена одна пружина. В дальнейшем оказалось, что для получения большей чувствительности целесообразно установить две последовательно соединенные пружины.

В связи с тем, что преобразователь силы тяжести в перемещение работает совместно с преобразователем перемещения в измерительный сигнал, общая чувствительность для этих преобразователей определялась экспериментально с соответствующей подстройкой пружинного силового элемента, положения упоров относительно шариков пневмопреобразователя с учетом заданных номинальных массовых величин. Преобразователь перемещения в измерительный сигнал состоит из входного и измерительного ротаметрического сопел для каждого канала в отдельности. Расчет параметров преобразователя сводится к определению давления питания, диаметров входного и измерительного сопел при условии получения максимально возможной чувствительности.

Известно, что предельная погрешность пневмопреобразователя складывается из систематической и случайной. Систематическая погрешность зависит от параметров пневмопреобразователя и от величины зазоров перед соплом. Однако систематическая погрешность в точках тарировки равна нулю. Учитывая то, что контрольно-весовой автомат предназначен контролировать два предельных значения массы и

каждый предел имеет самостоятельное сопло, в качестве тарированной точки можно принять любую точку расходной характеристики, в том числе и точку с максимальной чувствительностью. На рис. 3 а представлен график расходной характеристики ротаметра, зависимость которой имеет вид:

$$L^2 = 2P \cdot S, \quad (2)$$

где S - контролируемый зазор;

P - обобщенный параметр.

При зазоре S , равном номинальной величине S_H в точке А, максимальная чувствительность $\gamma = \gamma_S^*$ и определяется по формуле

$$\gamma_S^* = \sqrt{\frac{P}{2S_H}}. \quad (3)$$

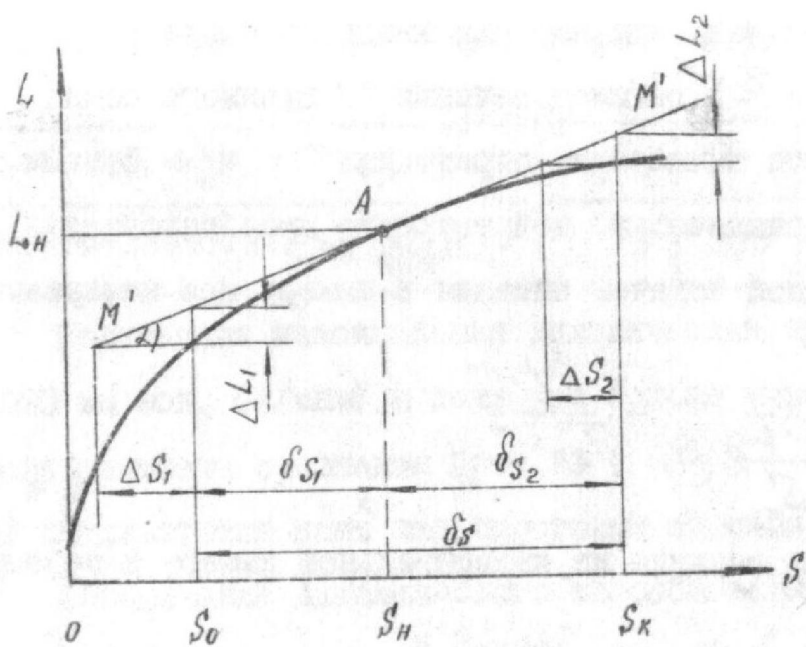


Рис. 3, а

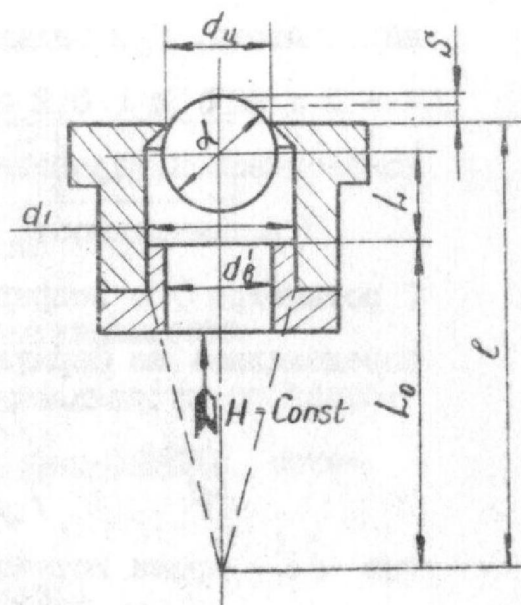


Рис. 3, б

Как показали эксперименты и расчеты, обыкновенный ротаметр с принятым обобщенным параметром и требуемой величиной контролируемого зазора мало чувствителен. С целью увеличения чувствительности ротаметрический преобразователь перемещения в аналоговый измерительный сигнал был реконструирован. В предложенной конструкции (рис. 3 б) в начальный момент нет расхода воздуха. Поплавок-шарик своим диаметром, за счет давления воздуха закрывает выходное сопло. Измерительный зазор равен нулю. В этом случае для расчета диаметра входного сопла воспользовались известной теорией расчета бесконтактных пневматических измерительных устройств. Аналогично предыдущему расчет производился так, чтобы при заданных предельных значениях массы обеспечивались зазоры, близкие по величине к зазорам $S^* = S_H$, определяющим точку А с максимальной чувствительностью. При этом номинальная "пневматическая" чувствительность принимается равной максимальной величине его текущей чувствительности. При заданном давлении питания входного сопла $H = 2 \times 98 \text{ ЮПа}$ ($0,2 \text{ кг/см}^2$) режим истечения из входного сопла докритический. Проведенные вычисления определили $d_0 = 0,8 \text{ мм}$.

Чувствительность периодически действующего преобразователя (ротаметра) с непрерывной подачей питания в камеру при измерении определялась по формуле

$$L_s = - \frac{H \cdot \delta t}{T_{sp} \cdot S_p} \cdot e^{-\frac{\delta t \cdot S}{T_{sp} \cdot S_p}}, \quad (4)$$

где δt - время истечения воздуха из измерительной камеры в период взвешивания;

T_{sp} - расчетная постоянная экспоненты падения давления в системе в момент взвешивания;

S - измерительный зазор;

S_p - расчетный зазор.

T_{sp} определяется экспериментально из условия, что давление h^* в точке А в момент взвешивания определяется уравнением

$$h^* = 0,368 \cdot H \quad (5)$$

и соответствующее время t численно равно величине T_s .

Для расчета T_s воспользовались аналитическим выражением $t(h)$ для докритического перепада давления воздуха. Результатом расчета явилась кривая (рис. 4) зависимости опорожнения измерительной камеры, с помощью которых находим $T_{s,p}$, зависимость времени опорожнения измерительной камеры пневмопреобразователя при различных величинах зазора в измерительном канале. Результаты расчетов по формуле (4) представлены в таблице

Зазор, мкм	10	20	30	46
чувствительность, $\frac{\text{мм вод.ст.}}{\text{мкм}}$	3	105	206	360

Полученная максимальная динамическая чувствительность (360 мм вод. ст./мкм) в семь раз больше чувствительности стандартного элемента сравнения Пр I.23 (ЭС-3) системы УСЭША, который используется нами как пороговый элемент.

Обоснование динамического способа взвешивания

(по авт. свид. № 200803, кл. 42 ϕ , 31/50)

Существующее противоречие, состоящее в том, что чем точнее требуется получить результат, тем больше времени необходимо затратить для прихода подвижной весовой системы в статическое состояние и тем меньше её производительность, было преодолено примени-

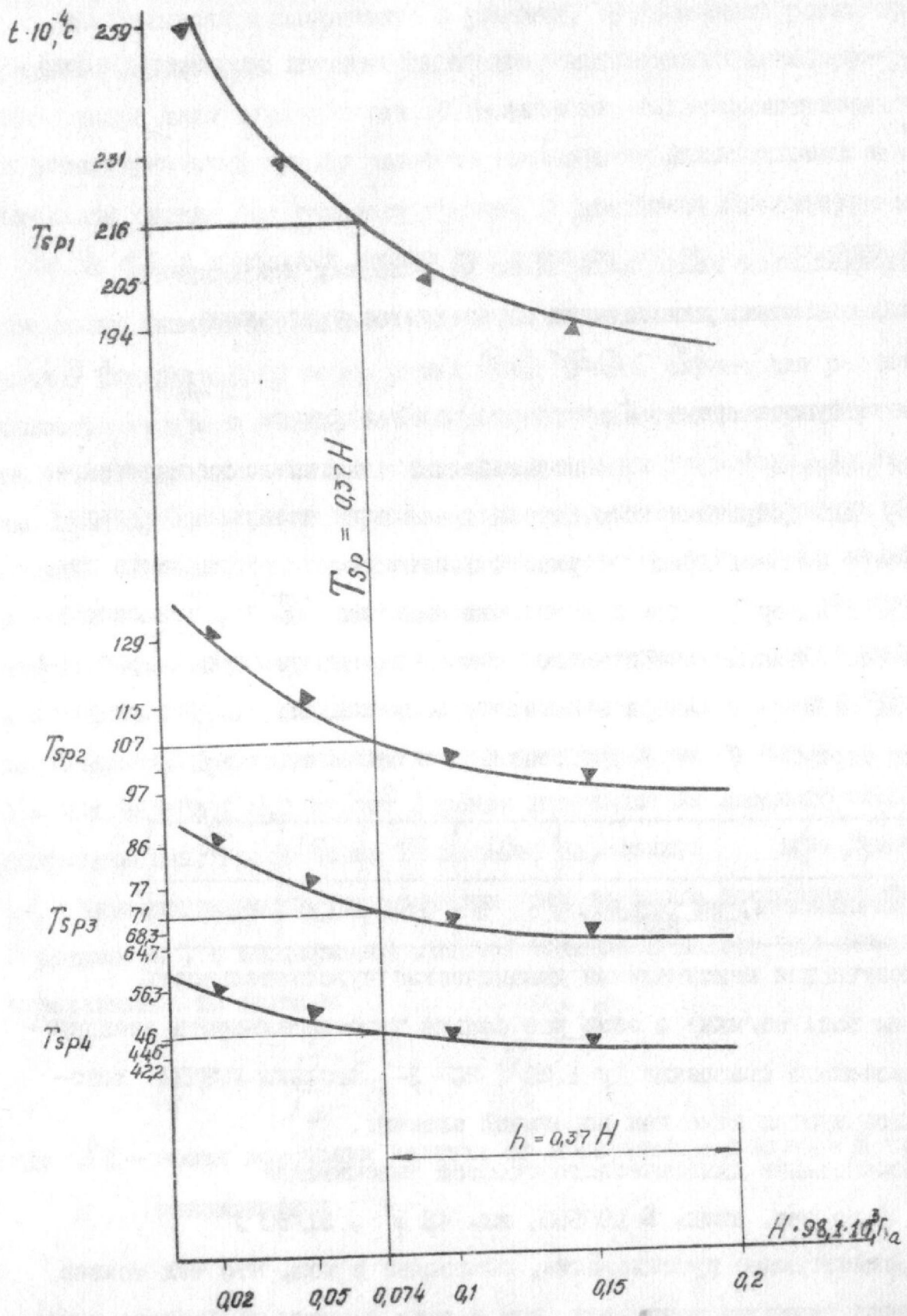


Рис. 4

ем нового способа взвешивания. Способ основан на измерении величины динамического отклонения на первом фронте кривой переходного процесса в момент пересечения с линией статического равновесия. Эта точка пересечения может быть определена в наперед заданный момент времени. В работе теоретически обоснована возможность реализации измерения по такому способу и выведены уравнения для расчета времени τ пересечения динамического отклонения с линией статического равновесия.

Для колебательного процесса ($\omega_0 > \lambda$) имеем

$$\tau_k = \frac{1}{\Omega} \left(K \frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{\lambda}{\Omega} \right) \quad (6)$$

Для переходного процесса, когда $\omega_0 = \lambda$, имеем

$$\tau_a = \frac{1}{\lambda}, \quad (7)$$

где $K = 0, 1, 2, \dots$

λ - коэффициент затухания собственных колебаний;

$$\lambda = \frac{f \cdot \nu}{2M}; \quad (8)$$

f - площадь демпфера;

ν - коэффициент вязкого трения;

M - подвижная масса;

ω_0 - круговая частота собственных колебаний,

$$\omega_0 = \frac{W}{M}; \quad (9)$$

W - жесткость упругой весовой системы;

Ω - круговая частота затухающих колебаний,

$$\Omega = \sqrt{\omega_0^2 - \lambda^2}. \quad (10)$$

Указанный способ взвешивания был реализован следующим образом. Преобразователь перемещения в измерительный сигнал отрабатывает точный аналоговый сигнал, соответствующий движению преобразователя силы тяжести в перемещение. Момент достижения аналоговым сигналом значения, равного статическому равновесию, контролируется пороговым устройством, у которого опорное значение соответствует величине сигнала статического равновесия. Пороговое устройство было выполнено по специальной схеме на элементах УСЭПА с использованием точного элемента сравнения Пр I.23 (ЭС - 3).

Проведенный расчет зависимости погрешности $\Delta M(\tau)$, получаемой при новом способе измерения, показал, что для переходных процессов, когда $\omega_0 = 1$, наблюдается жесткая зависимость величины погрешности от колебания времени τ_k и изменяется в пределах до $\pm 5,5$ г. Для колебательного переходного процесса ($\omega_0 > 1$) и изменения $\Delta \tau = \pm 5\%$ от принятого номинала, погрешность изменяется от + 3,4 г до - 2,2 г. При меньшем отклонении времени τ_k ошибка уменьшается. Так, для $\Delta \tau_k = \pm 0,5\%$ от среднего значения, погрешность составила $\pm 0,5$ г при скорости взвешивания до 300 отвесов в минуту.

Глава VI. МЕТОДИКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭКСПРЕССНОГО КОНТРОЛЯ МАССЫ КОНСЕРВОВ

Методика исследования преобразователей состояла в определении их чувствительности. Статическая чувствительность преобразователя силы тяжести в перемещение и перемещения в аналоговый сигнал определяется совместно с помощью полномасштабного макета преоб-

разователей. При этом система настраивается так, чтобы при массе 400 г общий ход платформы обеспечивал изменение сигналов во всем диапазоне при равномерном и последовательном добавлении массы в пределах ± 20 г с дискретностью (0,05 – 0,1) г. Фиксирование перемещения и величины сигнала от нагрузки производится на выходе пневмопреобразователя через пневмоусилитель с помощью образцового манометра. Для определения максимальной чувствительности измеряется величина хода при максимальном изменении сигнала. Ход измеряется индикатором часового типа 2 класса. На рис. 5 представлены кривые статической чувствительности преобразователей. Максимальная чувствительность в точке А для канала "недовес" равна 580 мм вод. ст./мкм и 570 мм вод. ст./мкм для канала "перевес" и, как

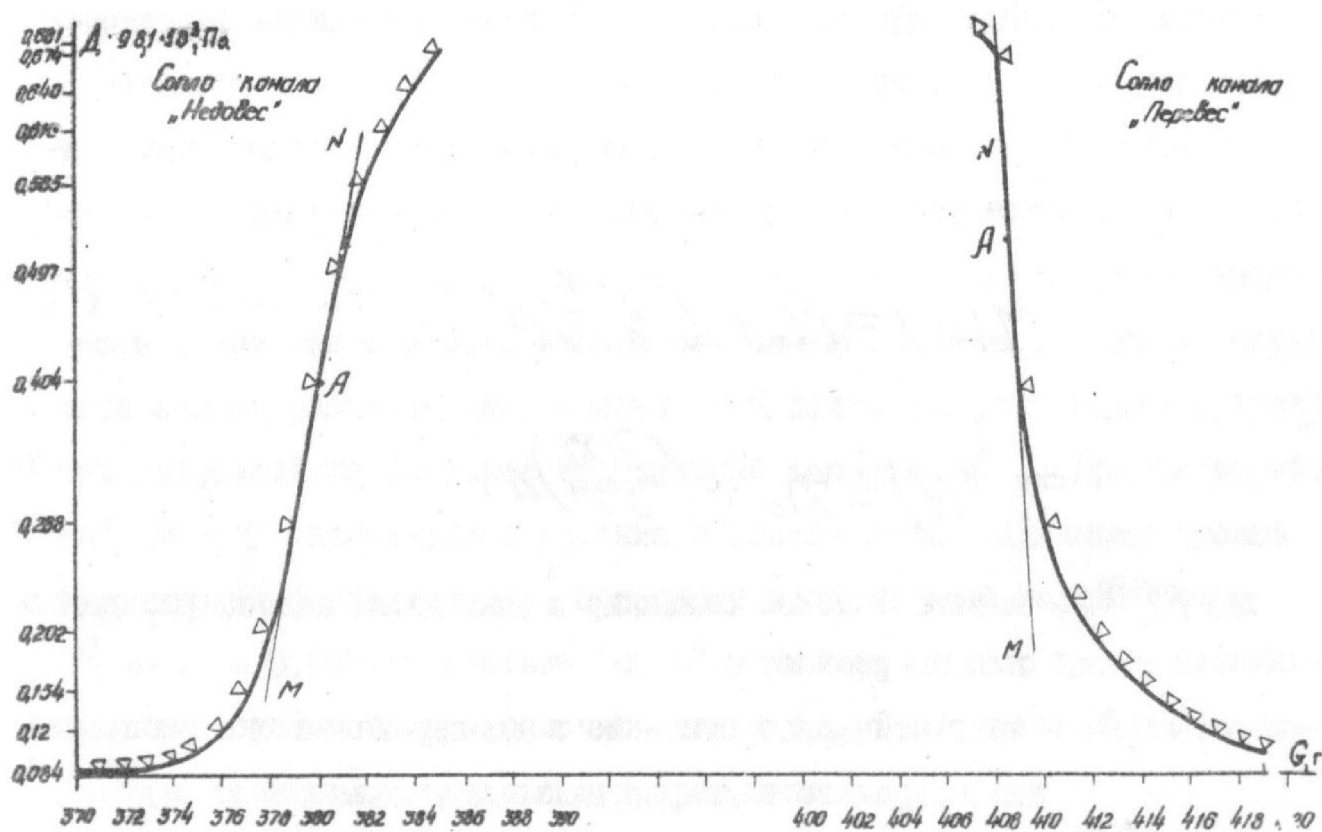


Рис. 5

следовало ожидать, оказалась больше расчетной динамической чувствительности, равной 360 мм вод. ст./мкм.

Методика исследований погрешности отбраковки состояла в оценке погрешности работы контрольно-весового устройства при совокупном воздействии ряда дестабилизирующих факторов (изменение температуры окружающей среды ΔT , вибрация и т.д.). С учетом временного фактора τ эта оценка определяется путем нахождения зависимости параметров закона распределения величины порога срабатывания H от действия дестабилизирующих факторов. В лабораторных условиях действие дестабилизирующих факторов было сведено только к изменению температуры окружающей среды. С помощью специальных пневмогасителей макет был защищен от постоянной вибрации и частично снимал действие пиковых нагрузок. Указанная зависимость закона распределения величины порога срабатывания приближенно описывается уравнениями множественной регрессии, которые, применительно к нашим условиям, записываются в следующем виде:

$$M(H) = M_0 + \left(\frac{\partial M}{\partial T}\right)\Delta T; \quad (11)$$

$$D(H) = D_0 + \left(\frac{\partial D}{\partial T}\right)\Delta T, \quad (12)$$

где M, D — математическое ожидание и дисперсия закона распределения погрешности;

M_0, D_0 — математическое ожидание и дисперсия закона распределения погрешности для нормальных условий;

$\frac{\partial M}{\partial T}, \frac{\partial D}{\partial T}$ — частные производные, определяемые как отношение соответствующих конечных приращений.

Величины $M_0 \approx M$ и $D_0 \approx D$ применительно к пороговому устройству контроля верхней допустимой границы массы (для нижней границы массы аналогично) определяется следующим образом. Контрольно-весовая система настраивается так, чтобы установленный на весовой платформе при максимально допустимой предельной массе макета банки, за N взвешиваний не наблюдалось ни одного срабатывания порогового устройства. Число взвешиваний N выбирается таким образом, чтобы отсутствие срабатываний (число „сбоев“) с достаточно высокой достоверной вероятностью свидетельствовало о вероятности превышения установленной массы величины порога срабатывания не более 0,3 %. В дальнейшем устанавливается минимальная масса макета банки, при которой за N срабатываний не наблюдается ни одного пропуска.

Осуществляя 5-6 аналогичных циклов испытаний для каждого предела с интервалом нагрузки 0,1 - 0,5 г, фиксируя в каждом цикле число „сбоев“ m_1, m_2, \dots, m_n порогового устройства и вычислив вероятность появления соответствующих отклонений, строим кривую интегрального закона распределения исследуемой величины. Для оценки результатов испытаний использован контрольный норматив C . При числе „сбоев“ $m \leq C$ принимается решение о соответствии заданному уровню вероятности безотказности. Задаваясь максимальной вероятностью $P_{y.max} = 0,997$ отсутствия „сбоа“ в течение одного цикла взвешивания и допустимой вероятностью отказа $P_{y.min} = 0,99$, устанавливаем желаемую точность, определяем уравнением

$$S = \frac{1 - P_{y.min}}{1 - P_{y.max}} \quad (13)$$

Контрольный норматив определяется из формулы

$$C = \frac{a}{b}, \quad (14)$$

где a, b - табличные коэффициенты.

При высоких значениях P

$$\frac{a}{b} \approx S; \quad (15)$$

число взвешиваний находим по формулам

$$N_1 = \frac{a}{1 - P_{y.min}} - \frac{a-c}{2}; \quad (16)$$

$$N_2 = \frac{b}{1 - P_{y.max}} - \frac{b-c}{2}. \quad (17)$$

В дальнейших исследованиях принимается N_2 постоянным. По мере увеличения или уменьшения массы макета банки фиксируется число отказов " m_i ", а соответствующие частоты определяются как $\frac{m_i}{N_2}$.

Для выполнения экспериментальных исследований по определению погрешности отбраковки собирается блок-схема (рис. 6), обеспечивающая

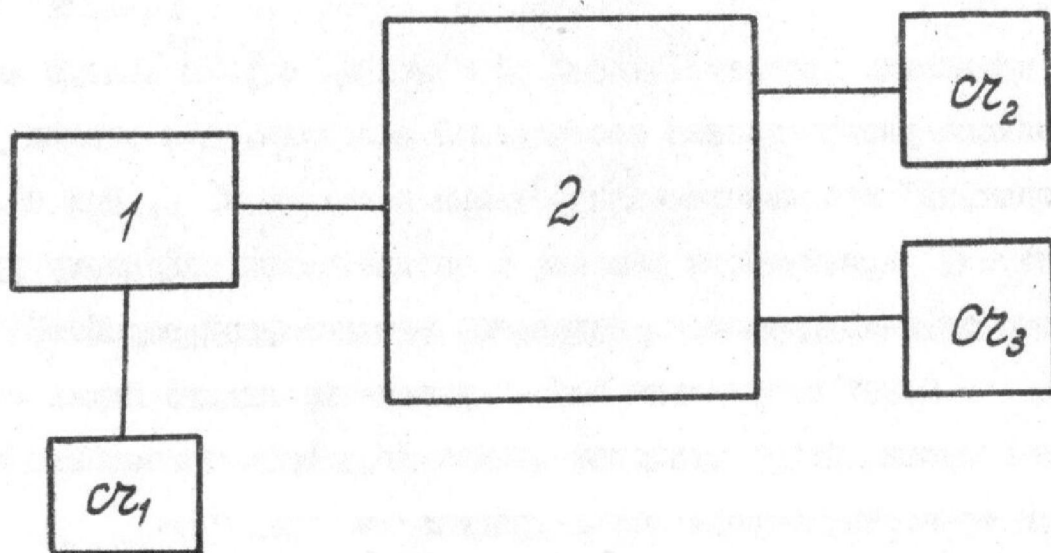


Рис. 6.

непрерывную работу контрольно-весовой системы при неподвижной банке на весовой платформе. Блок-схема состоит из:

1. Задающего пневмо-механического генератора, имитирующего цикличность работы контрольно-весовой системы.
2. Контрольно-весовой системы, содержащей блок преобразования силы тяжести в перемещение, блок преобразования перемещения в аналоговый сигнал, блок контроля пределов "недовес" и "перевес".
3. Трех счетчиков, один из которых подключен к генератору, а два других - к блокам контроля пределов.

Испытания проводились при постоянной температуре. По результатам исследований построены графики интегрального закона распределения отклонений массы "недовес" и "перевес" от вероятности срабатывания порогового элемента. На основании графиков рассчитываются величины M , σ . На рис. 7 представлены результаты исследований по определению основной погрешности отбраковки. По каналу "недовес" погрешность отбраковки оказалась равной $390,7 \pm 0,5$ г, а по каналу "перевес" - $409,5 \pm 0,4$ г.

Методика исследования системы на подтверждение дополнительной погрешности аналогична предыдущей, с использованием той же схемы, но испытания проводятся при различных значениях температуры окружающей среды. Вначале определяется изменение основной погрешности в пределах изменения температуры на $5 - 7$ К. По результатам измерения строятся кривые интегрального распределения отклонений массы в контролируемых пределах от вероятности срабатывания порогового элемента и изменения температуры в пределах $+ 18 - 25^\circ$ С. Затем преобразователь силы тяжести в перемещение и перемещения в аналоговые сигналы отделяется от внешней среды кожухом, на ко-

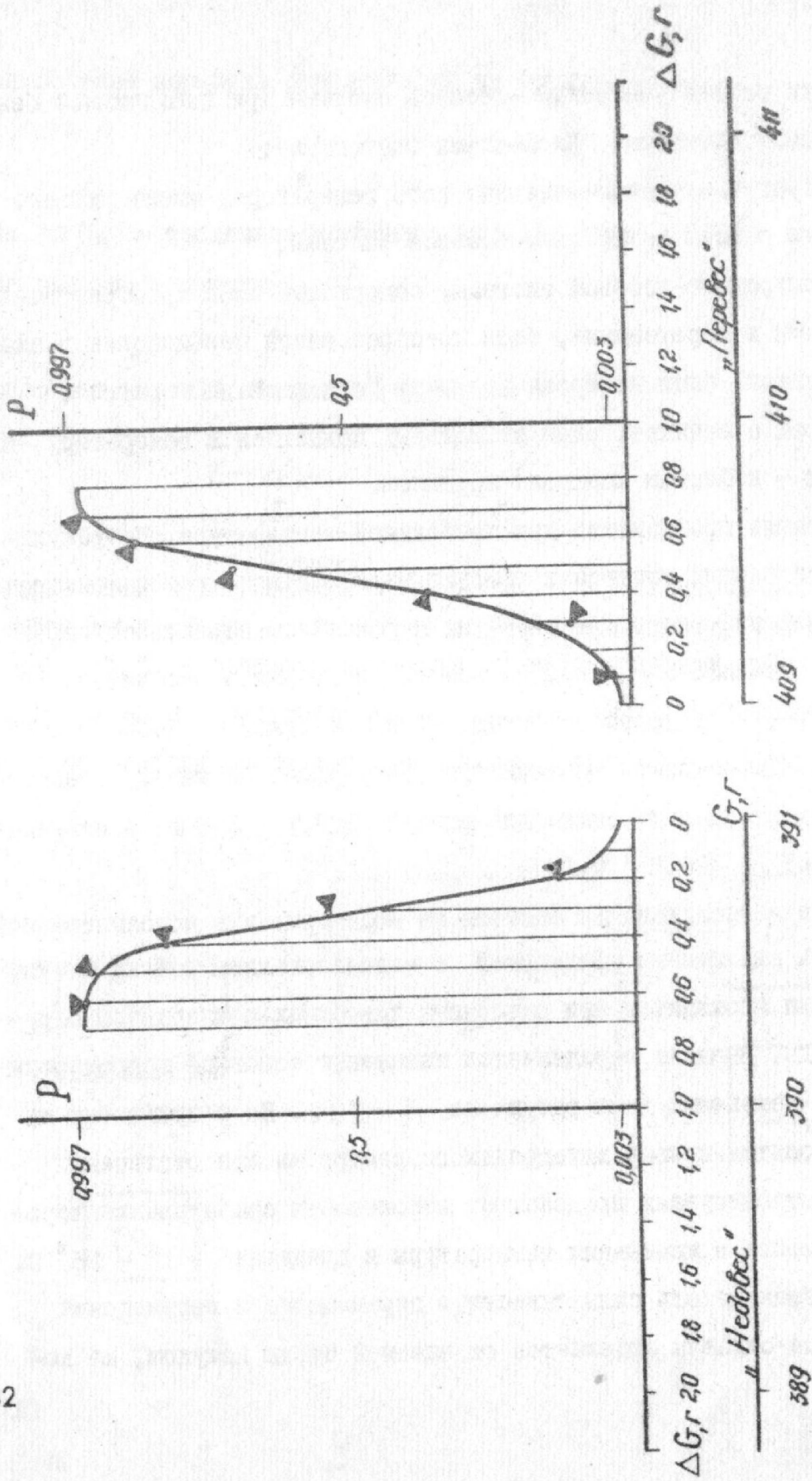


Рис. 7

тором смонтирована тепловая трубка с радиатором и регулирующей емкостью. Повторные измерения проводятся аналогично вышеизложенному. На основании проведенных исследований построены кривые закона распределения массы от вероятности срабатывания порогового элемента и изменения внешней температуры.

На рис. 8 и рис. 9 даны зависимости смещения контролируемых пределов при изменении температуры, соответственно, без кожуха и тепловой трубки и с ним. Исследования показали, что изменение температуры на один градус смещает величину контролируемого предела на 1 г без использования тепловой трубки, а при её применении постоянство контролируемых пределов обеспечивается в пределах $\pm 3^\circ \text{C}$. Тем не менее этого достаточно для сохранения несмещаемости контролируемых пределов до 6 г. Таким образом, исследования показали, что система имеет высокую чувствительность и значительно меньшую погрешность отбраковки по сравнению с заданной.

Рекомендации по применению системы экспрессного контроля массы консервов в промышленности

Применение систем экспрессного контроля массы, кроме своего прямого назначения — отбраковка нестандартных по массе банок — способствует также повышению технологической дисциплины, экономит ручной труд, затрачиваемый при контроле массы. Кроме того, путем организации нового способа дозирования мяса можно сократить затраты ручного труда при доводке отбракованных банок. Это возможно путем первоначального смещения средней массы дозируемой порции мяса в сторону "недовес" на 10 г, и повторного их наполнения мясом.

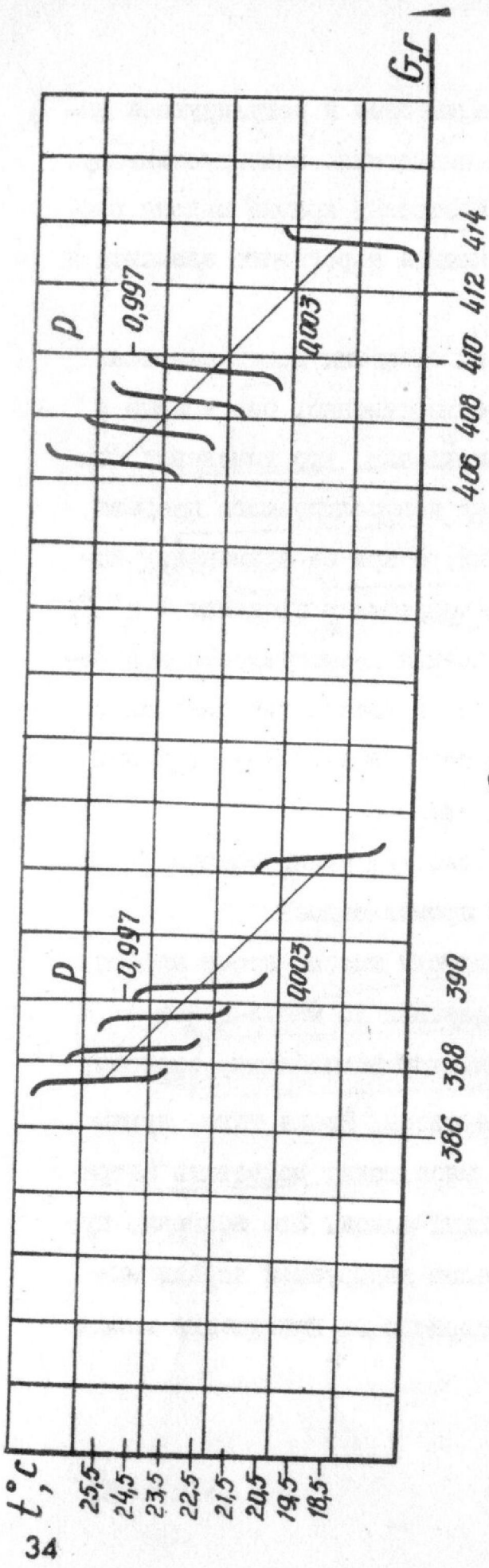


Рис. 8

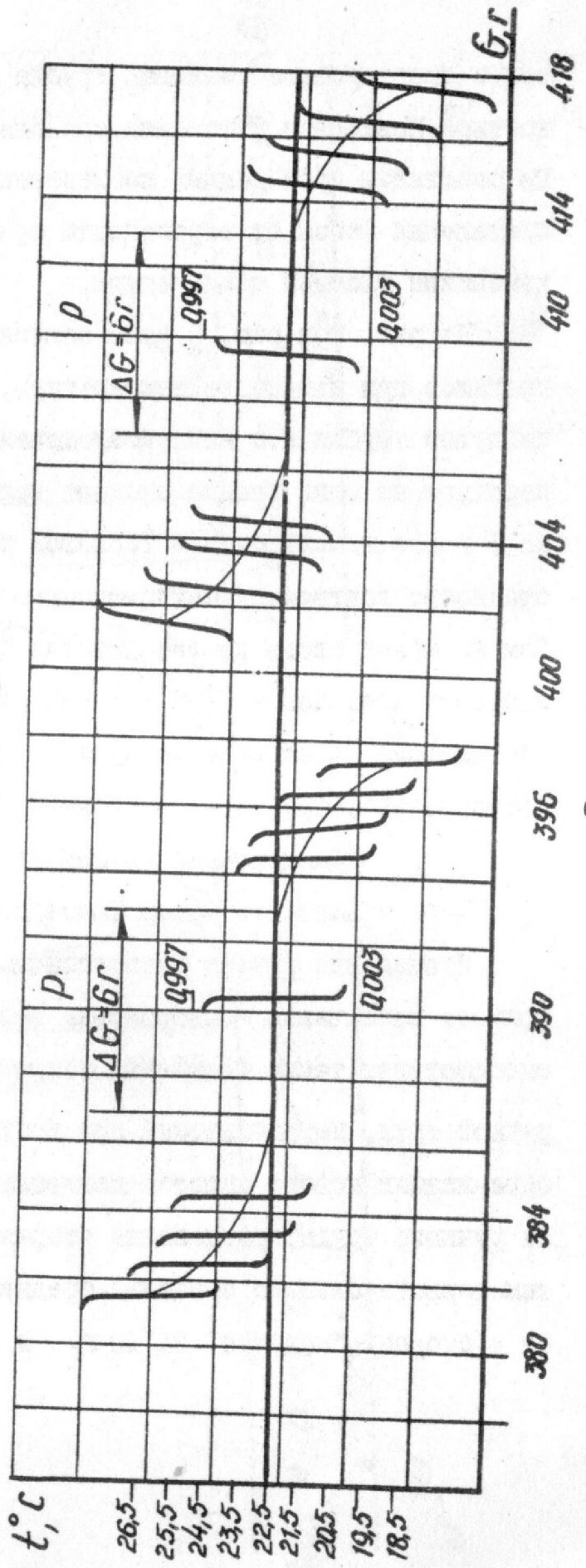
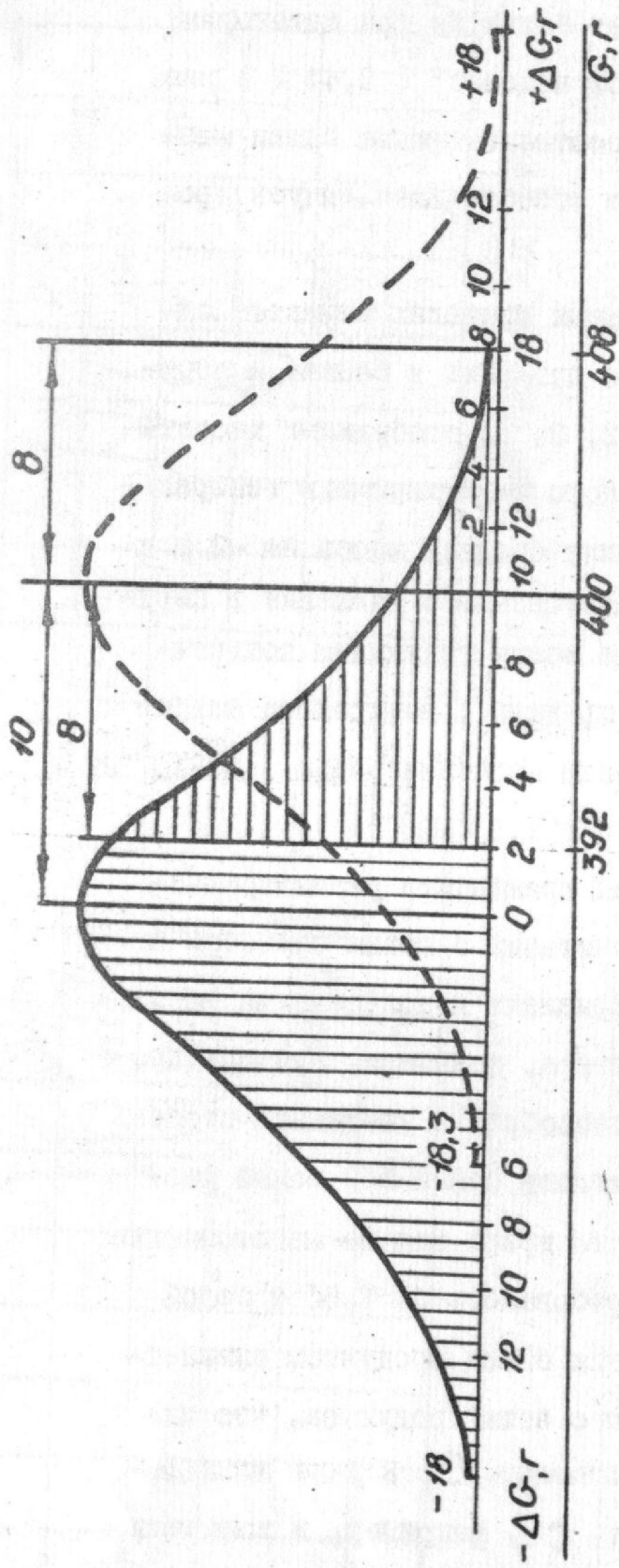


Рис. 9

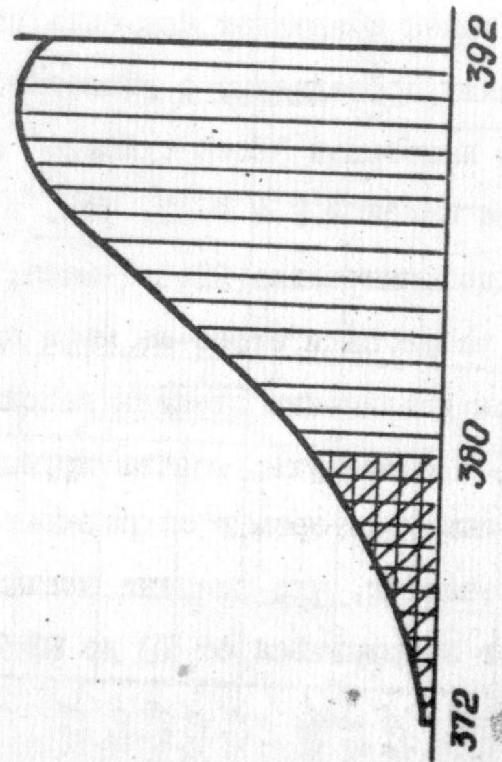
малой дозой; рис. 10. Система разбракует банки на три категории: "норма", "недовес" (62,93 %), "большой недовес" (2,44 %) рис. 10 а, б. Повторное дозирование мяса в соответствующие банки массой 10 г и 18 г ликвидирует "недовес" и обеспечивает выпуск продукции с массой "норма", рис. 10 в.

Поддержание массы продукта в заданных пределах является одним из условий нормализации внутреннего давления в банках в период стерилизации. На рис. 11 кривые 1, 2, 3, 5, отображают теоретическое распределение объема незаполненного пространства в генеральной совокупности банок № 9 и при смещении средней массы на -2 г и ± 11 г. Кривая 4 отображает изменение внутреннего давления в период стерилизации. Из графика следует, что между границами допустимых значений массы (нижний и верхний пределы) внутреннее давление минимально, а для переполненной банки давление равно $1,35 \cdot 10^5$ Па и не превосходит допустимых значений ($1,8 \cdot 10^5$ Па).

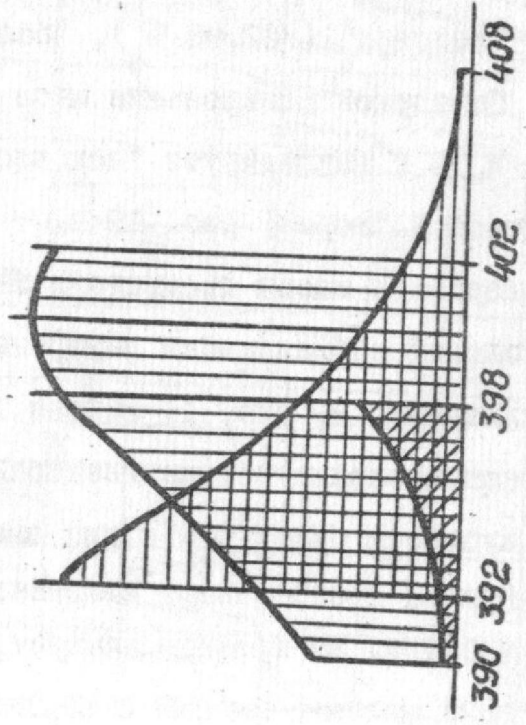
Учитывая это, следует заметить, что применение рассматриваемой системы экспрессного контроля в сочетании с новым способом наполнения банок позволяет повысить коэффициент использования тары. Исследования, проведенные с участием автора, показали, что при производстве консервов "Мясо тушеное" целесообразно увеличить степень наполнения банок № 9 и № 12. Так, в миллион банок № 9 можно расфасовать дополнительно 32,3 т мяса, в то время как на изготовление тары для расфасовки этого же мяса потребовалось бы 7,55 т белой жести. При увеличении степени наполнения банок продуктом снижается количество воздуха, контактирующего с этим продуктом, что является важным фактором в сохранении витамина С. В ряде исследований отмечается, что процент витамина С, например, в томатном соке может сохраниться от 10 до 83 %.



d)



e)



b)

Рис. 10

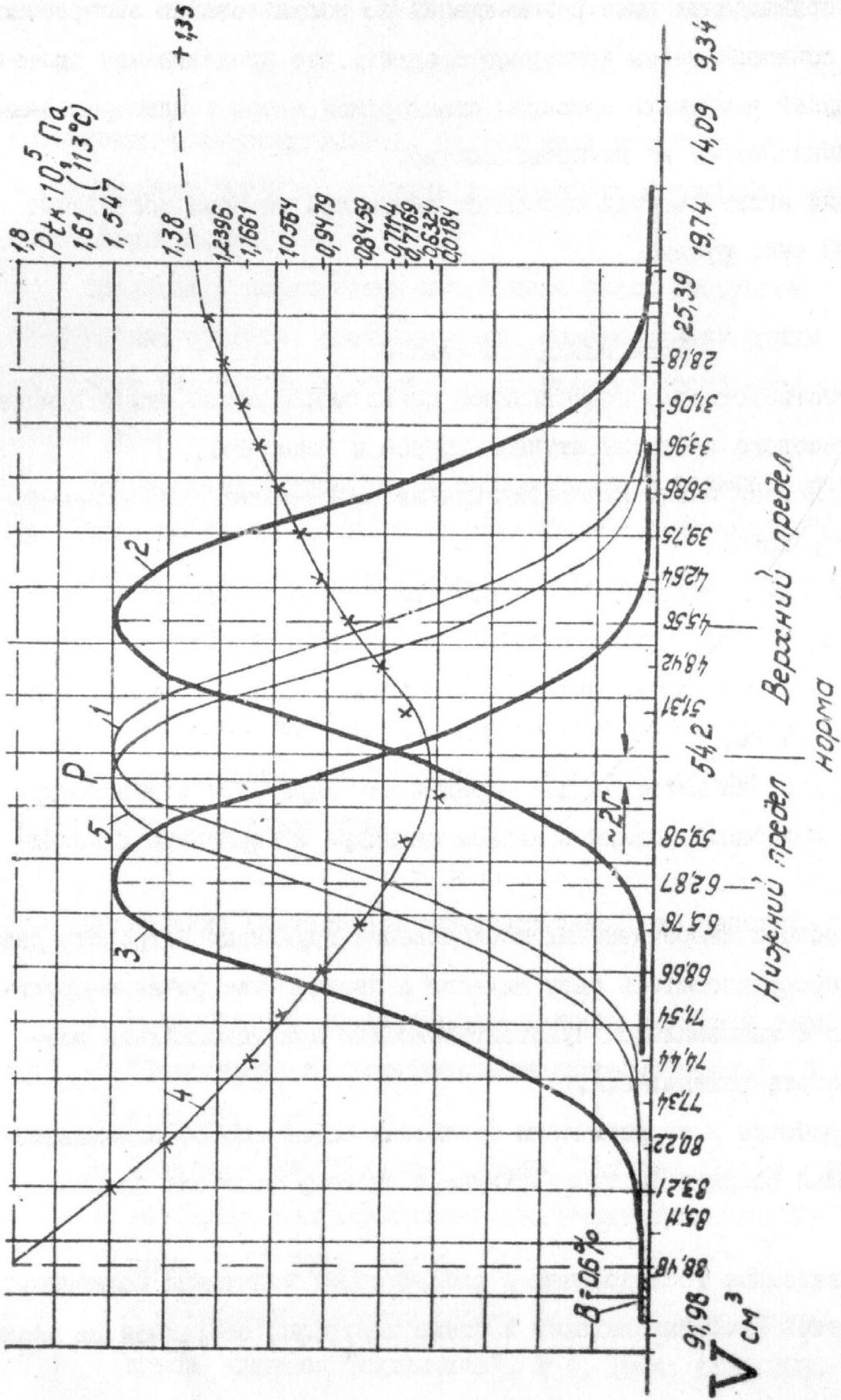


Рис. 11

Из приведенных выше рекомендаций по использованию экспрессной системы контроля массы консервов следует, что предлагаемая система позволяет выпускать консервы стандартной массы с одновременным уменьшением затрат на их производство.

Общий экономический эффект от внедрения системы составляет более 100 тыс. рублей.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

В соответствии с поставленной целью исследованы существующие методы весового контроля штучных грузов и консервов.

Предложена новая классификация автоматических контрольно-весовых устройств.

Основным возмущающим фактором является жирность мяса. Вероятностная погрешность массы мяса всегда больше стандартных пределов, носит статистический характер, что обязывает вести контроль массы каждой банки.

Разработана методика для определения характера и абсолютных значений колебаний усилий в мерном цилиндре и горловине наполнителя.

На основе теоретических исследований пружинных устройств разработан преобразователь силы тяжести в перемещение рычажно-пружинного типа с максимальной чувствительностью при максимально возможной частоте взвешивания.

Разработан и теоретически обоснован новый способ взвешивания, позволивший создать быстродействующую систему контроля на пневматике.

Проведенные исследования и лабораторные испытания полномасштабных макетов преобразователей и схемы контроля, собранной на пнев-

матических элементах УСЭПА, подтвердили теоретические выкладки и выполненные расчеты, а также возможность реализации нового способа взвешивания.

Предложена новая схема наполнения банок продуктом и комплекс технических средств, обеспечивающих полную замену ручных операций на данном участке производства с соблюдением требуемой точности дозирования.

Разработана и испытана в лабораторных условиях система экспрессного контроля массы консервов класса контрольно-бракующая. Система предусматривает принципиальную возможность встройки дополнительного блока, решающего алгоритм регулирования среднего значения.

По проблеме, исследуемой в диссертации, автором опубликовано 7 работ общим объемом 2,2 печатных листа. По диссертации получено 4 авторских свидетельства.

Содержание диссертации отражают следующие работы:

1. Рациональное использование емкости жестяной тары (соавтор) "Консервная и овощесушильная промышленность", № 4, 1963, стр. 21.
2. Дозатор свежего лука. Сборник "Пищевая промышленность" (консервная, овощесушильная и пищекокцентратная), ЦИНИПищепром, № 8, 1964, стр.2.
3. О повышении точности работы расфасовочных машин. "Известия вузов, пищевая технология", № 4, 1964, стр. 108.

4. Исследование точности объемного дозирования мяса при механизированной расфасовке. "Известия вузов, пищевая технология", № 6, 1968, стр. 90.
5. Некоторые вопросы теории пружинных взвешивающих устройств. "Измерительная техника", № 1, 1967, стр. 21.
6. Динамическое взвешивание грузов с большой скоростью. "Измерительная техника", № 3, 1969, стр. 25.
7. Исполнительный механизм для регулирования дозаторов мяса. "Экспресс-информация по мясной промышленности", из-во ЦНИИТЭИ Минмясомолпром, № 12, 1972, стр. 3.
8. Способ измерения параметров физических тел (соавтор). Авт. свид. № 200803, кл. 42 f , 31/50, Бюллетень изобретений № 17, 1967.
9. Исполнительный механизм. Авт. свид. № 315654, МКП В 65 d , 49/00. Бюллетень изобретений № 29, 1971.
10. Устройство для разделения на потоки отбракованных консервных банок. Авт.свид. № 379473 М кл. В65в, 37/18. Бюллетень изобретений № 20, 1973.
- II. Загрузочное устройство к дозирующей машине. Авт. свид. № 396104. кл. А 22 с 7/00. Бюллетень изобретений № 36, 1973.

БР 11864 30.1X-74 г. Формат 60x84/16. Объем 1,5 печ. л.
Тираж 200 экз. Заказ № 445.

Ротапринт института "Пищепромавтоматика"
г. Одесса, ул. Краснова, 6.