

Автор ер.

Ж 69

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНСКОЙ ССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА

---

Жидонис Вилюс Юозович

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ  
МАШИН ДЛЯ ФАСОВКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ  
В ПЛЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Специальность № 05.02.14. Машины и агрегаты пищевой  
промышленности

(Диссертация написана на русском языке)

**А в т о р е ф е р а т**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Одесса—1973

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНСКОЙ ССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА

Жидонис Виллус Юозович

Переучет 1989

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ  
МАШИН ДЛЯ ФАСОВКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ  
В ПЛЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Специальность № 05.02.14. Машины и агрегаты пищевой  
промышленности

(Диссертация написана на русском языке)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

ОНАХТ 29.07.11  
Научные основы созда



v012123

Одесса—1973

с. В. 012123

Одесский технологический  
институт пищевой промыш-  
ленности им. М. В. Ломоносова

Работа выполнена в Научно-исследовательской лаборатории  
упаковочных автоматов Каунасского политехнического института.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Дикис М. Я.,  
доктор технических наук, профессор Маршалкин Г. А.,  
доктор технических наук, профессор Палюнас В. А.

Ведущее предприятие—Всесоюзный научно-исследовательский  
и экспериментально-конструкторский институт продовольственного  
машиностроения «ВНИЭКИпродмаш».

Автореферат разослан «19» марта 1973 г.

Защита диссертации состоится в 10 часов «20»  
апреля 1973 г. на заседании Ученого Совета Одесского  
технологического института пищевой промышленности имени М. В.  
Ломоносова.

Отзыв по автореферату в двух экземплярах, заверенный пе-  
чатю, просим выслать по адресу: 270039, г. Одесса, ул. Свердлова,  
112. Технологический институт пищевой промышленности имени  
М. В. Ломоносова.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института  
(г. Одесса, ул. Свердлова, 112).

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА

К. Т. Н.

ЗАПОРОЖЕЦ Л. А.

## ВВЕДЕНИЕ

В решениях XXIV съезда КПСС и специальных постановлениях ЦК КПСС и Совета Министров СССР уделяется большое внимание увеличению выпуска пищевых продуктов в фасованном виде.

Увеличение выпуска продуктов питания в фасованном виде позволяет значительно повысить производительность труда и культуру обслуживания в системе торговли. Различные продукты—сахар-песок, поваренная соль, крупы, сушки, конфеты, замороженные пельмени, творог, молоко и другие—после упаковки малыми дозами превращаются в штучные изделия, продажа которых становится возможной в магазинах самообслуживания. Кроме того, штучные изделия значительно легче могут быть реализованы через торговые автоматы. Однако операции фасовки пищевых продуктов весьма сложны. Рабочие, занятые на выполнении этих операций вручную, работают в трудных условиях. В связи с этим вопрос оснащения высокопроизводительными автоматизированными фасовочными машинами предприятий, выпускающих продукты питания, весьма актуален.

Существующая упаковочная техника отличается большим разнообразием. Машины, созданные для фасовки пищевых продуктов, в отдельных случаях могут быть использованы и в других отраслях промышленности. Однако специфические свойства подлежащих фасовке пищевых продуктов, а также специфика предприятий, выпускающих продукты питания, обуславливают соответствующие требования к упаковочным материалам, таре, рабочим органам и соприкасающимся с пищевыми продуктами деталям, а также фасовочным машинам в целом.

Новейшим прогрессивным направлением в упаковке пищевых продуктов является применение пленочных упаковочных материалов. Это полиэтиленовая пленка, целлофан, покрытый тонким слоем полиэтилена или термопластического лака, саран и др. В пакеты из полимерных пленок можно упаковывать различные продукты, как штучные, кускообразные и сыпучие, так и пастообразные, и даже жидкие. При надлежащем оформлении продукты питания, упакованные в пакеты из полимерных пленок, хорошо сохраняются и имеют хороший товарный вид.

В мировой практике известно большое количество машин с различной степенью автоматизации, предназначенных для фасовки продуктов в пленочную тару. Изучение конструктивных особенностей этих машин позволяет сделать вывод, что они довольно часто создаются по случайным функциональным схемам, а их специальные механизмы и устройства конструируются опытным путем без применения теоретических основ расчета. Этим объясняется тот факт, что достаточно простые в изготовлении, сравнительно удобные в обслуживании и обладающие достаточной универсальностью существующие машины для фасовки пищевых продуктов в пленочные материалы имеют ограниченную производительность, а высокопроизводительные автоматизированные фасовочные машины того же назначения сложны в изготовлении, неудобны в обслуживании и поэтому пока не нашли широкого применения.

В специальной научно-технической и патентной литературе опубликовано немало работ, посвященных исследованию основных операций, выполняемых при автоматической фасовке пищевых продуктов, а также разработке функциональных схем, конструкций и теоретических основ расчета специальных механизмов и устройств фасовочных машин. Однако эти работы не объединены общностью цели и их явно недостаточно для конструирования отвечающих современным требованиям высокопроизводительных фасовочных машин.

Наряду с фасовочными машинами, предназначенными для упаковки пищевых продуктов в пленочные материалы, широко применяются машины, предназначенные для упаковки продуктов в другие виды тары. Кроме того, в других отраслях промышленности применяются упаковочные машины специального назначения, в которых используются достаточно совершенные специальные механизмы, разработанные и исследованные известными учеными. Однако, ввиду специфики этих машин и трудности использования их в пищевой промышленности в настоящей работе они не рассматриваются.

Цель настоящей работы—разработка научных основ создания автоматизированных машин для фасовки пищевых продуктов в пленочные материалы.

При решении этой проблемы нами исследованы известные функциональные схемы существовавших ранее и предложенных автором фасовочных машин указанного назначения, исследованы основные операции, выполняемые при автоматической фасовке продуктов в пленочные материалы, разработаны схемы новых, более совершенных автоматизированных фасовочных машин, разработана теория, основы расчета и конструирования основных механизмов и устройств фасовочных машин, проведены работы по исследованию таких механизмов.

На основе проведенных работ создано более десяти разновидностей автоматизированных машин типа АРЖ, предназначенных для фасовки в пленочные материалы различными дозами легкосыпучих, трудносыпучих, кускообразных, штучных, пастообразных и жидких пищевых продуктов. Базовые машины этой гаммы прошли неоднократные междуведомственные испытания, получили высокую оценку и рекомендованы к серийному производству.

При проведении исследований, разработке схем новых машин, теоретических основ расчета и конструирования их механизмов и устройств нами использованы работы многих советских и зарубежных ученых: И. И. Артоболевского, С. И. Артоболевского, В. Я. Белецкого, Б. Е. Бройдо, Ю. В. Бурлай, В. Т. Бушунова, Ю. Д. Винидеева, Г. Д. Гальперина, С. В. Генеля, М. М. Гернет, В. В. Гортинского, В. Е. Гуля, М. Я. Дикиса, В. Б. Зайцева, Н. Н. Знаменского, Д. Я. Ильинского, Е. Б. Карпина, Ю. К. Карпова, М. У. Кацнельсон, С. Н. Кожевникова, Л. Н. Кошкина, А. А. Лапшина, В. П. Макеева, Г. А. Маршалкина, Л. Н. Мацюк, А. Н. Мачюлиса, С. П. Орлова, В. А. Палюнаса, Л. В. Петрокаса, В. Ф. Петько, В. Ф. Прейса, К. М. Рагульскиса, А. Я. Соколова, И. И. Сторишко, Л. А. Сухого, К. В. Тира, Е. Б. Тростянской, В. М. Трубникова, С. В. Харламова, Г. П. Цаде, Г. А. Шаумяна, В. Н. Шувалова, В. А. Юдина и ряда других.

В проведении некоторых экспериментов настоящей работы приняли участие сотрудники Научно-исследовательской лаборатории (НИЛ) упаковочных автоматов Каунасского политехнического института (КПИ), лаборатории неметаллических материалов Института физико-технических проблем энергетики АН Литовской ССР, кафедры технологического оборудования Одесского технологического института им. М. В. Ломоносова. Первый опытный образец автоматизированной фасовочной машины марки АРЖ по чертежам автора был изготовлен силами Сакского химического завода и внедрен на том же заводе. Большой вклад внесен сотрудниками Капсукского завода продовольственных автоматов и НИЛ упаковочных автоматов КПИ при подготовке и освоении промышленного выпуска и внедрении этих машин на различных предприятиях пищевой, мясо-молочной и других отраслей промышленности. Неоднократно работали междуведомственные приемочные комиссии, проводившие испытания опытных образцов фасовочных машин типа АРЖ в промышленных условиях, давшие высокую общую оценку и указавшие на некоторые конструктивные недостатки отдельных образцов.

Автор выражает искреннюю признательность и глубокую благодарность указанным коллективам и всем специалистам, оказав-

шим помощь при выполнении настоящей работы и содействие при внедрении в народном хозяйстве ее результатов.

Диссертационная работа состоит из двух частей. В первой части приведены результаты работ автора, во второй помещены акты испытаний новых фасовочно-упаковочных автоматов и другие документы, связанные с их внедрением.

Диссертация (I часть) содержит 392 страницы машинописного текста, в т. ч. 137 рисунков, 10 таблиц, а также приложения и состоит из введения, пяти глав и выводов. Чистый (учитываемый) текстовый материал занимает 190 страниц.

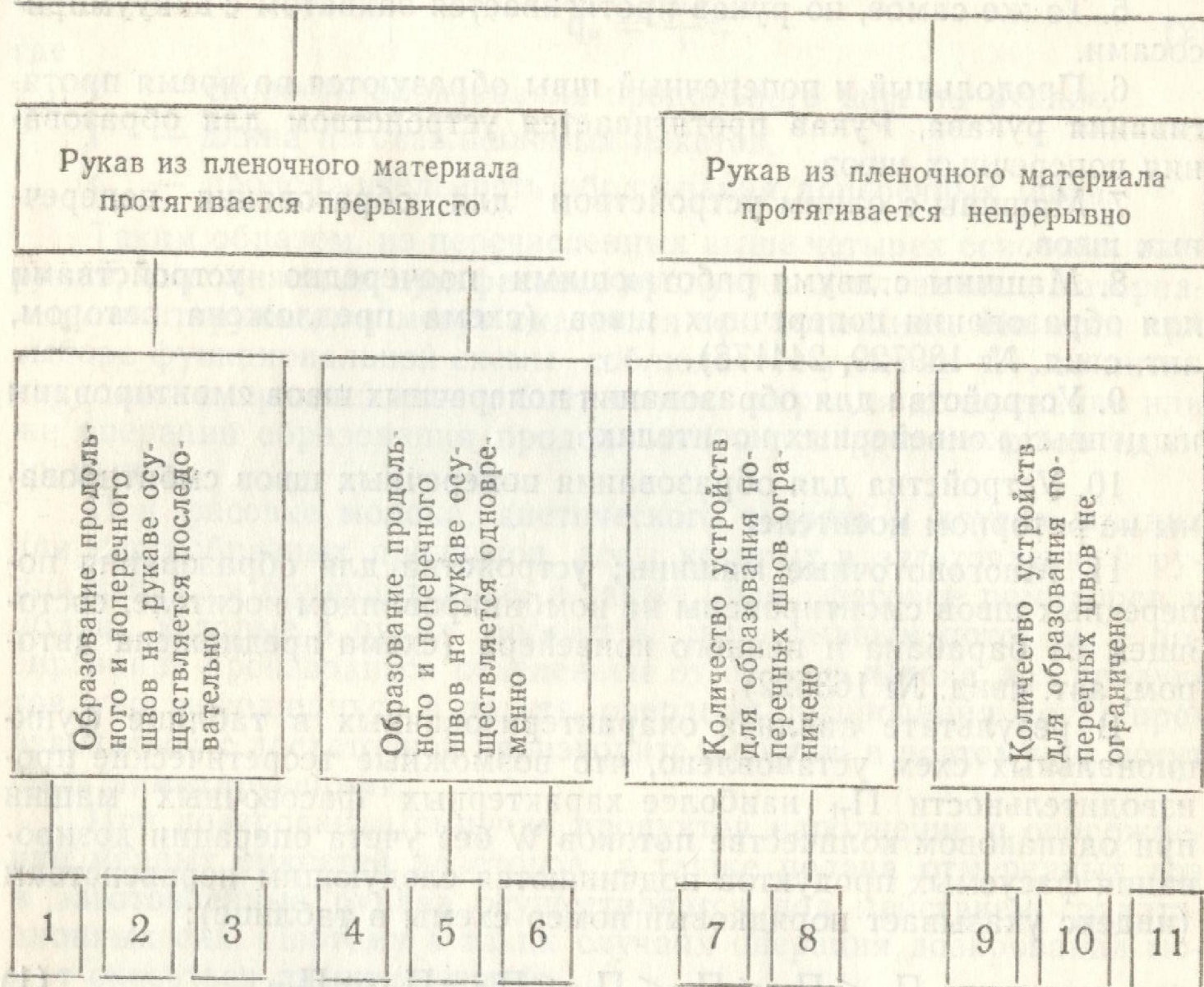
## Г л а в а I. АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ МАШИН ДЛЯ ФАСОВКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ В ПЛЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Из числа машин, предназначенных для фасовки пищевых продуктов в пленочные материалы, наиболее широкое применение получили такие, на которых пакеты изготавливаются путем свертывания пленочной ленты в рукав с образованием на нем продольного и поперечных швов, а операция запечатывания наполненных пакетов совмещена с их отделением от рукава. Процесс фасовки пищевых продуктов на рассматриваемых фасовочных машинах состоит из следующих основных операций: 1) свертывания ленты упаковочного материала в рукав; 2) образования продольного шва на рукаве; 3) образования поперечных швов на рукаве; 4) дозирования подлежащего фасовке продукта и подачи отдельных доз в заготовленный рукав.

С отделением каждого очередного наполненного пакета от рукава, последний протягивается на шаг, равный длине пакета, а из рулона разматывается соответствующее количество упаковочного материала.

С целью оценки функциональных схем автоматизированных машин для упаковки пищевых продуктов в пленочные материалы нами разработана их классификация по следующим признакам, тесно связанным с теоретической производительностью машин: признаку способа протягивания рукава, признаку совмещения операций образования продольного и поперечного швов на рукаве и признаку количества устройств для образования поперечных швов (см. таблицу)

## Автоматизированные машины для фасовки пищевых продуктов в пленочные материалы



Примечание. Для краткости фасовочные машины с прерывистым протягиванием рукава ниже будем условно называть машинами прерывистого действия, а машины, на которых рукав протягивается непрерывно, — машинами непрерывного действия.

Ниже приводятся характеристики фасовочных машин, относящихся к обозначенным цифрами клеткам таблицы.

1. Продольный шов образуется во время выстоя рукава, а поперечный — во время его протягивания. Рукав протягивается устройством образования поперечных швов.

2. Продольный шов образуется во время протягивания рукава, поперечный — во время его выстоя. Рукав протягивается бесконечными ремешками или рсликами.

3. То же самое, но рукав протягивается щипцами.

4. Продольный и поперечный швы образуются во время выстоя рукава, который периодически протягивается бесконечными ремешками или роликами.

5. То же самое, но рукав протягивается захватом с вакуумприсосами.

6. Продольный и поперечный швы образуются во время протягивания рукава. Рукав протягивается устройством для образования поперечных швов.

7. Машины с одним устройством для образования поперечных швов.

8. Машины с двумя работающими поочередно устройствами для образования поперечных швов (схема предложена автором, авт. свид. № 189729, 244178).

9. Устройства для образования поперечных швов смонтированы на цепных конвейерных носителях.

10. Устройства для образования поперечных швов смонтированы на роторном носителе.

11. Многопоточные машины; устройства для образования поперечных швов смонтированы на комбинированном носителе, состоящем из барабана и цепного конвейера (схема предложена автором, авт. свид. № 163522).

В результате анализа охарактеризованных в таблице функциональных схем установлено, что возможные теоретические производительности  $P_{T1}$  наиболее характерных фасовочных машин при одинаковом количестве потоков  $W$  без учета операции дозирования фасуемых продуктов подчиняются следующим неравенствам (индекс указывает порядковый номер схемы в таблице):

$$P_{T1} < P_{T4} < P_{T7} < P_{T3} \ll P_{T3} = P_{T10} = P_{T11}. \quad (1)$$

Таким образом, наиболее производительными являются фасовочные машины непрерывного действия с неограниченным количеством устройств или с двумя устройствами для образования поперечных швов, за ними следуют машины непрерывного действия с одним устройством для образования поперечных швов, далее — машины прерывистого действия с одновременным образованием продольного и поперечного швов и, наконец, машины прерывистого действия с последовательным образованием этих швов.

Пока не совсем определенное место занимают фасовочные машины непрерывного действия с двумя поочередно работающими устройствами для образования поперечных швов. Дело в том, что с повышением производительности операции образования поперечных швов за счет увеличения количества одновременно работающих соответствующих устройств лимитирующей становится операция образования продольных швов. Исходя из условия одинаковой

производительности операций образования продольного и поперечных швов, можно определить необходимое количество одновременно работающих устройств  $Q_p$  для образования этих швов:

$$Q_p = \frac{v}{l} \tau_r, \quad (2)$$

где

$v$  — скорость образования продольного шва на рукаве,

$l$  — длина изготавливаемых пакетов,

$\tau_r$  — продолжительность образования поперечных швов.

Таким образом, из перечисленных выше четырех основных операций, выполняемых при фасовке продуктов в пленочные материалы, лимитирующими могут оказаться три последних. Но если при выборе функциональной схемы соблюдается условие (2), то лимитирующей операцией может быть только операция дозирования или же операции образования продольного и поперечного швов одновременно.

При фасовке молока, диетического творога и других жидких или пастообразных продуктов, дозы которых в заготовленный рукав вводятся принудительно, а также при фасовке помидоров и яблок, которые в рукав подаются непрерывным потоком, а дозирование производится отделением от общего потока доз продуктов, уже находящихся в пакете, операции дозирования могут производиться с достаточной производительностью и поэтому не могут быть лимитирующими.

При дозировании сыпучих продуктов наполнение и опорожнение мерных емкостей дозаторов, а также подача отмеренных доз в заготовленные рукава осуществляется под действием гравитационных сил. Поэтому в таких случаях операция дозирования может оказаться лимитирующей.

На основании изложенных соображений сформулированы основные задачи диссертационной работы, которые необходимо решить для достижения поставленной цели:

I группа задач — исследование основных операций, выполняемых в процессе фасовки пищевых продуктов в пленочные материалы с целью теоретического обоснования выбора функциональной схемы фасовочных машин и получения исходных данных для разработки теоретических основ конструирования соответствующих функциональных механизмов этих машин: 1) операции дозирования легкосыпучих пищевых продуктов типа круп; 2) операции дозирования трудносыпучих пищевых продуктов типа концентрата киселя; 3) операции образования продольного шва на рукавах из полиэтиленовой пленки; 4) операции образования поперечных швов на рукавах из полиэтиленовой пленки.

II группа задач — разработка теоретических основ конструиро-

вания автоматизированных фасовочных машин: 1) разработка теории и основ расчета устройств для образования рукавов из пленочных материалов; 2) обоснование выбора функциональной схемы автоматизированных фасовочных машин; 3) разработка теоретических основ расчета и конструирования основных механизмов и устройств, позволяющих реализовать обоснованную функциональную схему и создать автоматизированные машины для фасовки в пленочные материалы различных пищевых продуктов: сыпучих — круп, сахара-песка, поваренной соли, концентрата киселя; кускообразных и штучных — сушек, замороженных пельменей, сухофруктов, сыров, помидоров, яблок; пастообразных и жидких — творога, сметаны, приготовленной горчицы, молока, соков.

## Г л а в а II. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ОПЕРАЦИЙ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ ПРИ ФАСОВКЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ В ПЛЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В диссертации приведены результаты исследования операций дозирования круп, сахара-песка, поваренной соли и концентрата киселя, а также операций образования продольного и поперечных швов на рукавах из полиэтиленовой пленки в условиях автоматизированных машин при фасовке пищевых продуктов.

Цель исследования операции дозирования круп заключалась в определении возможной производительности и точности дозирования в условиях автоматизированных фасовочных машин, работающих на пленочных упаковочных материалах.

Первая часть исследований проводилась в лабораторных условиях с использованием ячменной крупы № 2 по ГОСТ 5784-60, влажностью в пределах от 12,5 до 14,8%. Время истечения отдельных доз в зависимости от объема мерных стаканов, параметров воронок и труб для ввода доз продукта в рукав, а также окружной скорости стаканов определялось при помощи киносъемки со скоростью 48 кадров в секунду. Воронки, а также трубы имели круглые и сплюснутые выпускные отверстия, параметры которых выбирались на основании заданной ширины рукава упаковочного материала  $B=120, 140, 160, 180$  и  $200$  мм.

В результате обработки данных эксперимента вычислена максимальная производительность фасовочной машины  $\Pi_T$  (пакетов/мин), которую может обеспечить стаканчиковый дозатор выбранной конструкции. Установлено, что при объеме дозы  $500 \text{ см}^3$  может быть достигнута максимальная производительность машины 105 пакетов/мин, а при дозе  $1000 \text{ см}^3$  — 85 пакетов/мин.

Исследование точности дозирования круп достаточно полно

отражено в работах И. И. Сторишко. Поэтому мы ограничились проведением проверочных исследований в промышленных условиях на более широком ассортименте круп. Эти исследования производились во время междуведомственных испытаний фасовочно-упаковочного автомата АРЖ на Сочинской реализационной базе хлебспродуктов.

При этом фасовались следующие виды круп: пшено шл. I сорт (ГОСТ 572-60), рис обрабстанный шл. I сорт (ГОСТ 6292-70), гречневсе ядро б/развар. I сорт (ГОСТ 5550-60), крупа манная «М» (ГОСТ 7022-54), ячменная перловая № 3 (ГОСТ 5784-60), горох цельный, луц., полированный (ГОСТ 6021-68), кукурузная крупная (ГОСТ 6002-69), кукурузная мелкая (ГОСТ 6002-69).

Всего было произведено 5000 взвешиваний, в том числе 2300 взвешиваний пакетов с номинальной массой 1000 г и 2700 взвешиваний с номинальной массой 500 г. Из общего количества пакетов 2300 шт. с номинальной массой 1000 г в 2238 случаях (97,3% от всех взвешиваний) погрешность массы дозы не превышала  $\pm 0,5\%$ , в 57 случаях (2,5% от всех взвешиваний) погрешность массы дозы находилась в пределах от  $\pm 0,5\%$  до  $\pm 0,7\%$ , в 5 случаях (0,2% от всех взвешиваний) погрешность дозы находилась в пределах от  $\pm 0,7$  до  $\pm 1,0\%$ , и не было зафиксировано ни одного случая, чтобы погрешность массы дозы превышала  $\pm 1,0\%$ .

При взвешивании пакетов с номинальной массой дозы 500 г из общего количества 2700 пакетов, 2438 пакетов (90,3% от общего количества) имели погрешность массы дозы до  $\pm 0,6\%$ , остальные 262 пакета (9,7% от общего количества) имели погрешность массы дозы в пределах от  $\pm 0,6\%$  до  $\pm 1,0\%$ .

Во время испытаний автоматов АРЖ на Сакском химическом и Паневежском сахарном заводах было установлено, что погрешность дозирования объемным дозатором с мерными стаканами поваренной соли и сахара—песка достигает  $\pm 2\%$  при номинальной массе 0,5 и 1,0 кг. Такая точность дозирования находится в допустимых пределах, предусмотренных соответствующими ГОСТами на эти продукты. Значительно хуже обстоит дело с такими труднораспознаваемыми пищевыми продуктами, каким является концентрат киселя (МРТУ 18/166—66): при дозировании концентрата плодово-ягодного киселя влажность  $4 \div 6\%$  дозами по 300 г погрешность отдельных доз достигает пределов  $\pm 5\%$ , в то время как, согласно упомянутым техническим условиям, максимальная погрешность не должна превышать  $\pm 3\%$ . На рис. I представлена кривая нормального распределения масс доз, полученная при дозировании концентрата плодово-ягодного киселя объемным дозатором с мерными стаканами. При этом в результате расчета установлено: среднее

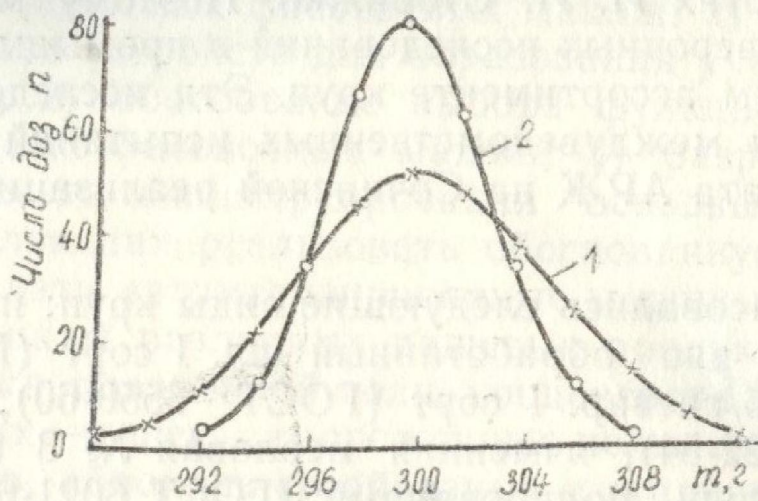


Рис. 1. Кривые нормального распределения масс доз при дозировании концентрата киселя объемным дозатором с мерными стаканами: 1—дозирование обычными мерными стаканами, 2—дозирование мерным стаканом с вибрирующей цилиндрической частью.

арифметическое значение масс доз  $\bar{m} = 300, 26$  г, среднее квадратическое отклонение  $\sigma = 4,75$  г, асимметрия  $A_c = 0,116$ ; эксцесс  $E = -0,139$ ; максимальное относительное отклонение массы дозы от среднего ее значения  $\delta = \pm 5\%$ .

В связи с тем, что точность, получаемая при дозировании киселя обычным объемным дозатором, неудовлетворительна, нами исследована операция дозирования этого продукта дозатором с мерным стаканом, цилиндрическая часть которого вибрирует. О целесообразности применения вибростабилизации массы дозы с целью повышения точности объемного дозирования концентрата киселя можно судить по результатам предварительных экспериментов, приведенным на рис. 2.

Исследование операции дозирования проводилось методом многофакторного планирования эксперимента. В качестве управляемых переменных факторов были заданы следующие величины: амплитуда колебаний цилиндрической части мерного стакана  $A(x_1)$ , круговая частота колебаний  $\omega(x_2)$  и отношение диаметра стакана к его высоте  $d/h(x_3)$ . Продолжительность вибростабилизации массы дозы была задана равной  $t=3$  сек, а в качестве параметра оптимизации был выбран коэффициент вариации  $V_{ар}(y)$ .

Для получения линейной модели дозирования реализован дробный факторный эксперимент типа  $2^{3-1}$ . Представление процесса линейной моделью оказалось неадекватным, поэтому на втором этапе исследования реализована схема рототабельного центрального композиционного планирования, состоящего из полного факторного эксперимента типа  $2^3$ , шести «звездных» и шести нулевых точек. Общее число точек  $N=20$ .

По результатам экспериментов получено уравнение регрессии

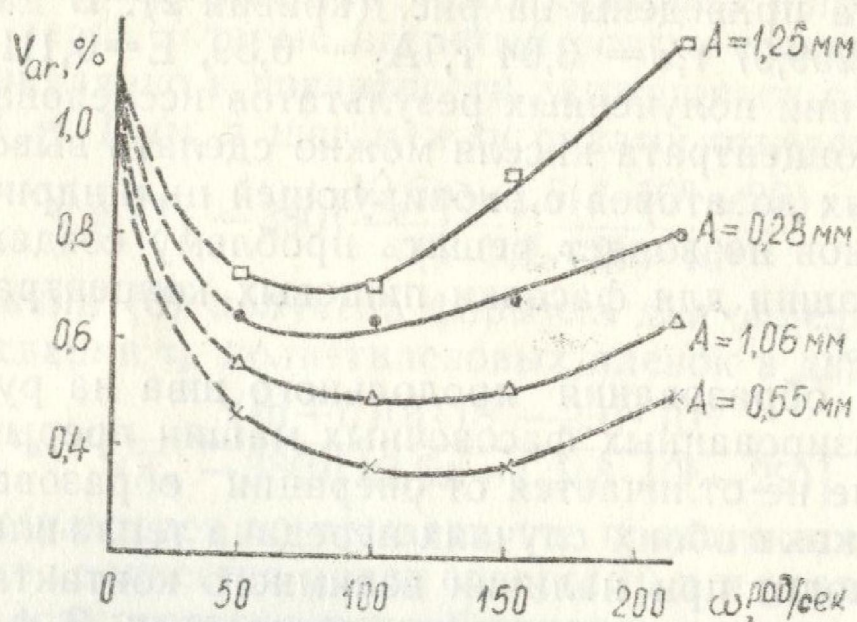


Рис. 2. Зависимость коэффициента вариации  $V_{ar}$  массы дозы концентрата плодово-ягодного киселя от круговой частоты  $\omega$  и амплитуды колебаний  $A$  цилиндрической части мерного стакана (продолжительность вибровоздействия  $t = 3$  сек,  $d/h = 0,8$ , повторность опыта  $n = 30$ ).

второго порядка, адекватно описывающее поверхность отклика:

$$y = 0,2940 - 0,0454x_1 - 0,0256x_2 + 0,0146x_3 + 0,0919x_1^2 + 0,0313x_2^2 + 0,0563x_3^2 - 0,0013x_1 \cdot x_2 - 0,0013x_1x_3 - 0,0038x_2x_3. \quad (4)$$

После соответствующих преобразований полином второго порядка (4) приведен к каноническому виду:

$$y - 0,2823 = 0,09192X_1^2 + 0,03115X_2^2 + 0,05643X_3^2. \quad (5)$$

Координаты особой точки:  $x_{1s} = 0,4982$ ;  $x_{2s} = 0,8145$ ;  $x_{3s} = -0,2261$ .

Параметр оптимизации в особой точке  $y_s = 0,2823$ . Вид канонического управления (5) указывает на то, что контурные кривые поверхности отклика относятся к типу эллипса, а центр фигуры является минимумом, т. е. параметр оптимизации в этой точке имеет минимальное значение, а соответствующие режимы вибростабилизации массы дозы являются оптимальными. После перехода к натуральным величинам найдены оптимальная амплитуда, круговая частота колебаний и отношение диаметра мерного цилиндра к его высоте:

$$A_{opt} \cong 0,7 \text{ мм}; \quad \omega_{opt} \cong 140 \text{ рад/сек}; \quad (d/h)_{opt} \cong 0,85.$$

Для сравнения точности дозирования концентрата плодово-ягодного киселя в реальных условиях объемным дозатором без вибростабилизации и с вибростабилизацией массы дозы, мы провели эксперимент с использованием найденных оптимальных параметров вибрирования цилиндрической части мерного стакана. Ре-

зультаты опыта приведены на рис. 1 (кривая 2). В данном случае получено:  $\bar{m} = 299,97$  г,  $\sigma = 3,04$  г,  $A_2 = 0,39$ ,  $E = 0,111$ ,  $\delta = \pm 2,9\%$ .

На основании полученных результатов исследования операции дозирования концентрата киселя можно сделать вывод, что применение объемных дозаторов с вибрирующей цилиндрической частью мерных стаканов позволяет решить проблему создания автоматизированных машин для фасовки пищевых концентратов в пленочные материалы.

Операция образования продольного шва на рукавах в условиях автоматизированных фасовочных машин прерывистого действия в принципе не отличается от операции образования поперечных швов, так как в обоих случаях передача тепла пленке от нагревателя происходит при наличии взаимного контакта и отсутствии перемещения пленки относительно нагревателя. В фасовочных машинах непрерывного действия образование продольного шва на рукаве происходит в процессе движения его относительно нагревателя. Если фасовка продуктов производится в однослойные пленочные материалы, каким является, например, полиэтиленовая пленка, операцию образования продольного шва желательно проводить бесконтактным способом, так как наличие контакта с размягченными участками пленки в значительной мере снижает надежность работы соответствующего устройства.

Практика показывает, что наиболее простым и удобным способом выполнения операции образования продольного шва на рукавах из полиэтиленовой пленки является бесконтактный способ при помощи нагретого воздуха. В литературных источниках имеются данные исследований сварки полимерных пленок в движении, однако этих данных недостаточно для подготовки рекомендаций конструкторам, работающим в области создания новых фасовочно-упаковочных автоматов. В частности, для рационального конструирования устройств образования продольных швов необходимо знать зависимость продолжительности нагрева или скорости сварки свариваемых пленок от их толщины, температуры воздуха и некоторых других параметров. Поэтому мы сочли необходимым поставить специальные опыты по исследованию этой операции применительно к требованиям специфики фасовочных машин.

Для проведения исследований применялась нестабилизированная полиэтиленовая пленка высокого давления (ГОСТ 10354-63) трех толщин:  $\delta = 65$  мкм,  $\delta = 80$  мкм,  $\delta = 100$  мкм (марка сырья 10812—020, МРТУ 6—05—1085—69).

После обработки результатов экспериментов мы получили эмпирическую формулу, связывающую четыре величины: скорость сварки  $V$  (м/сек), температуру воздуха  $T_v$  ( $^{\circ}$ К) в корпусе нагревателя, толщину одного слоя полиэтиленовой пленки  $\delta$  (м) и ко-

личество рядов отверстий  $n$ , перпендикулярных направлению образования шва, через которые нагретый воздух выходит из нагревателя перпендикулярно к поверхности движущихся пленок (диаметр отверстий  $d = 1$  мм, а шаг между рядами отверстий  $t = 2$  мм):

$$V = (T_B - 380) \frac{19,6n + 1,5(\delta \cdot 10^6 - 29)}{(\delta \cdot 10^6 - 29) \cdot 10^4} \quad (6)$$

На основании (6) получена формула для определения продолжительности сварки  $\tau_B$  полиэтиленовых пленок в движении:

$$\tau_B = \frac{(tn + d)(\delta \cdot 10^6 - 29) \cdot 10^4}{(T_B - 380)[19,6n + 1,5(\delta \cdot 10^6 - 29)]} \quad (7)$$

Анализ результатов показывает, что продолжительность сварки  $\tau_B$  зависит от количества рядов отверстий  $n$  и увеличивается с их увеличением, асимптотически приближаясь к некоторому пределу. Очевидно, предельное значение  $\tau_B$  может быть получено по (7) при  $n \rightarrow \infty$ :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \tau_B = \tau_\infty = \frac{t(\delta \cdot 10^6 - 29)10^4}{19,6(T_B - 380)} \quad (8)$$

Кроме того, в результате исследования операции образования продольного шва на рукаве из полиэтиленовой пленки получена эмпирическая формула для приближенного определения необходимой мощности  $N$  (ва) в зависимости от скорости сварки  $V$  и других параметров:

$$N = \frac{(n+7)(\delta \cdot 10^6 - 29)V \cdot 10^4}{187n + 14,3(\delta \cdot 10^6 - 29)} + 16,8(n-4,9) \quad (9)$$

По (6) получена формула для подсчета теоретической производительности  $\Pi_T$  (пакетов/мин) фасовочной машины, которую может обеспечить устройство для образования продольного шва:

$$\Pi_T = (T_B - 380) \frac{9[13n + (\delta \cdot 10^6 - 29)]}{l(\delta \cdot 10^6 - 29) \cdot 10^3} \quad (10)$$

где  $l$  — длина пакетов, м.

Во время образования поперечных швов тепло слоям пленки передается от находящегося с ней в контакте нагретого тела. Для получения данных, необходимых при конструировании фасовочных машин, необходимо выяснить влияние на прочность сварных соединений усилия, с которым слои пленки зажимаются между нагревателем и спорой, температуры нагревателя, продолжительности контакта — времени сварки и некоторых других факторов.

Вопросам термоконтактной сварки полимерных пленок плоскими нагревателями также посвящено большое количество работ советских и зарубежных исследователей. Однако в подавляющем большинстве случаев, эти исследования проведены без учета специ-

фических требований, имеющих место при создании современных фасовочных машин. Например, в литературных данных приведены результаты исследований при повышенных давлениях на пленку во время сварки и сравнительно большой продолжительности нагрева, что в условиях автоматизированных фасовочных машин не может считаться рациональным. Поэтому, имея в виду уже опубликованные результаты работ по сварке полимерных пленок, мы исследовали операцию образования поперечных швов на рукавах из полиэтиленовой пленки в качестве одной из операций автоматической фасовки пищевых продуктов.

На основании анализа полученных экспериментальных данных мы пришли к выводу, что давление оказывает заметное влияние на прочность шва при низких температурах нагревателя. С повышением температуры прочность швов увеличивается и приближается к прочности основного материала независимо от давления (в выбранном диапазоне). Кроме того, давление на прочность шва оказывает более заметное влияние при меньшей продолжительности нагрева. Поэтому в случае достаточно высокой температуры нагревателя давление можно задавать в пределах  $0,2 \div 0,5 \text{ Мн/м}^2$  (результаты исследования, в качестве примера, приведены на рис. 3).

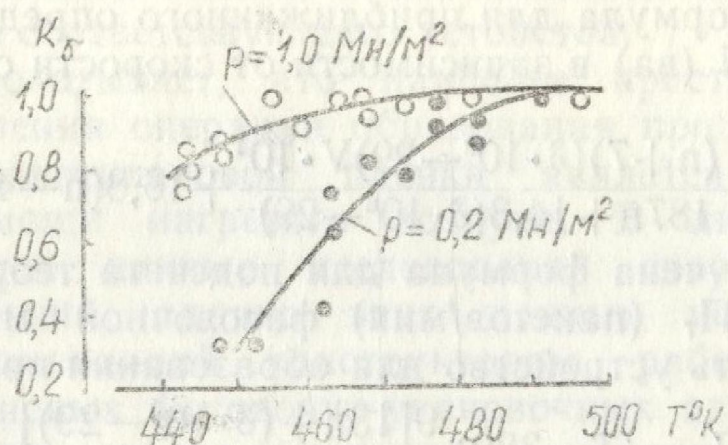


Рис. 3. Зависимость коэффициента  $k\sigma$  прочности сварных соединений полиэтиленовой пленки от температуры  $T$  сваривания при разных давлениях  $p$ . Толщина пленки  $\delta = 40 \text{ мкм}$ . Продолжительность сваривания  $\tau_b = 0,29 \text{ сек}$ . Нагреватель плоский

( $k\sigma = \frac{\sigma_{ш}}{\sigma_{пл}} = \frac{P_{\max}}{P}$ , где  $\sigma_{ш}$  — прочность шва в н/м,  $\sigma_{пл}$  — прочность пленки в н/м,  $P$  — усилие растягивания образца полиэтиленовой пленки, соответствующее удельному удлинению образца  $\epsilon = 100\%$ ,  $P_{\max}$  — усилие, при котором разрушалось сварное соединение).

Для сварки пленок непосредственно через выдавливаемые продукты нами предложен клинобразный нагреватель (авт. свид. № 190551). При использовании такого нагревателя производится

не только сварка пленки, но и ее разделение по месту сварки. Таким образом, одновременно получают два шва и разрез между ними. В результате исследования влияния температуры и давления на прочность шва, установлено, что имеется аналогия с плоскими нагревателями: давление оказывает заметное влияние на прочность шва при низких температурах нагревателя. При достижении достаточно высокой температуры в испытанных интервалах давление на прочность шва практически не влияет.

В фасовочных машинах во время подачи отмеренных доз продукта в рукав возможно выделение определенного количества пыли и оседание ее на внутреннюю поверхность пленки перед образованием поперечных швов. В связи с этим представляет интерес определения влияния возможного загрязнения свариваемой полиэтиленовой пленки пылью фасуемых пищевых продуктов. Во время исследований загрязнение пленки перед сваркой производилось двумя способами. В одном случае на пленку насыпался сыпучий продукт, а затем стряхиванием пленки удалялся его излишек. В другом случае пленка выдерживалась определенное время в пространстве с пылью интересующего нас продукта без соприкосновения с основной его массой. Часть этой пыли также оседала на поверхность подлежащей сварке пленки. Степень загрязнения или запыления пленки определялась количеством (массой) оставшейся на пленке пыли, приходящимся на единицу поверхности пленки. В качестве загрязнителя использовалась пыль сахарной пудры (ГОСТ 22-66), питьевой соды (ГОСТ 2156-68) и крахмала (ГОСТ 7699-66).

На основании анализа данных эксперимента мы пришли к заключению, что загрязнение пленки различными сыпучими продуктами существенно снижает прочность швов, а в некоторых случаях вообще исключает возможность сварки.

Прочность швов запыленных пленок существенно зависит от свойств продуктов. При запылении полиэтиленовой пленки сахарной пудрой прочность швов остается достаточно высокой. Однако пыль таких продуктов, как крахмал, на прочность швов оказывает значительное отрицательное влияние.

Кроме определения влияния давления, температуры нагревателя, степени и вида загрязнения пленки на прочность ее сварных соединений, нами исследована зависимость необходимой продолжительности сварки  $\tau_n$  (сек) от температуры нагревателя  $T_n$  ( $^{\circ}\text{K}$ ) и толщины пленки  $\delta$  (м). Найдена следующая эмпирическая зависимость.

$$\tau_n = \frac{0.02(3.05 + \delta \cdot 10^4) T_n}{T_n - 0.4(943 + \delta \cdot 10^6)}. \quad (11)$$

Операция образования поперечных швов состоит из нагрева

г. В. 012123

свариваемых пленок (рукава) и охлаждения шва после их соединения. В тех случаях, когда продукты фасуются малыми дозами (25 ÷ 50 г), швы можно высвободить из сваривающих элементов до их охлаждения. При фасовке большими дозами поперечные швы необходимо охлаждать в зажатом состоянии, так как в противном случае они разрываются под действием веса помещенного в пакетах продукта. Чем больше масса дозы, тем до более низкой температуры необходимо охладить поперечные швы до раскрытия клещей. Нами установлено, что необходимое время охлаждения поперечных швов  $\tau_{охл}$  (сек) приближенно можно подсчитать по следующей эмпирической формуле

$$\tau_{охл} \approx 5(1 - 0,1), \quad (12)$$

где

1 — длина пакетов (м).

Общее время, необходимое для образования поперечных швов можно определить так:

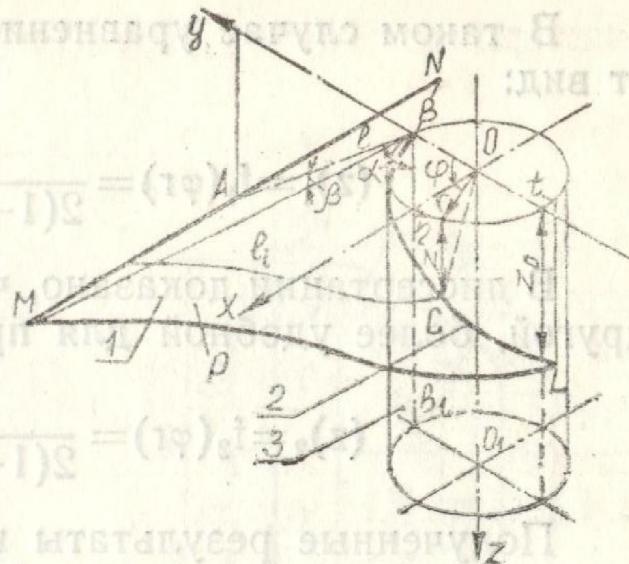
$$\tau_r = \tau_n + \tau_{охл}. \quad (13)$$

### Г л а в а III. ТЕОРИЯ И ОСНОВЫ РАСЧЕТА УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ РУКАВОВ ИЗ ПЛЕНОЧНОГО УПАКОВОЧНОГО МАТЕРИАЛА В УСЛОВИЯХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ФАСОВОЧНЫХ МАШИН

Свертывание ленты в рукав на автоматизированных фасовочных машинах осуществляется при помощи рукавообразователей. Эта операция выполняется качественно, если во время свертывания лента упаковочного материала натягивается равномерно по всей ширине и исключается возможность появления продольных складок. Качество выполнения операции зависит от правильности построения формирующего контура 2 рукавообразователя (рис. 4), являющегося пространственной кривой пересечения направляющей поверхности шлейфа 1 и цилиндрической части рукавообразователя 3, а также конфигурации самой направляющей поверхности р.

Формирующий контур рукавообразователя может быть построен двумя способами: 1) когда задается уравнение общей кривой развертки цилиндрической части рукавообразователя и его шлейфа, 2) когда задается конфигурация направляющей (наружной) поверхности шлейфа и цилиндрической части рукавообразователя, а формирующий контур определяется как кривая взаимного пересечения этих поверхностей. В обоих случаях устройство выполняет свои функции качественно, если соблюдается найденное нами условие равномерного натяжения ленты по всей ее ширине (авт. свид. № 207104).

Рис. 4. Расчетная схема для определения конфигурации направляющей поверхности шлейфа  $p$



В диссертации рассмотрен вопрос определения конфигурации направляющей поверхности  $p$  шлейфа в общем случае, когда кривая формирующего контура задана по первому способу:  $z = f(\eta) = f(\varphi r)$ . Этот вопрос в данной постановке до сих пор не рассматривался. На рис. 4 представлена расчетная схема. Кривая BCL представляет собой половину формирующего контура рукавообразователя и является линией пересечения его цилиндрической части со шлейфом. Прямая MN является крайней кромкой шлейфа, а прямая AB—его серединной линией. Угол  $\alpha$  образован прямой AB и наибольшей образующей цилиндра BB<sub>1</sub>.

Очевидно, уравнение кривой BCL имеет вид:

$$\vec{OC} = i r \sin \varphi + j r \cos \varphi + k f(\varphi r).$$

В результате проведенных вычислений в общем виде установлено, что, если рукавообразователь имеет форму круглого цилиндра, а уравнение кривой формирующего контура, т. е. линии пересечения этого цилиндра и шлейфа, имеет вид  $z = f(\varphi r)$ , то направляющая поверхность шлейфа представляет собой огибающую поверхность семейства однопараметровых плоскостей, которая описывается следующими выражениями:

$$A(\varphi)(x - r \sin \varphi) + B(\varphi)(y - r \cos \varphi) + C(\varphi)[z - f(\varphi r)] = 0,$$

$$A'(\varphi)(x - r \sin \varphi) + B'(\varphi)(y - r \cos \varphi) + C'(\varphi)[z - f(\varphi r)] = 0,$$

$$A(\varphi) = \frac{1}{r} \left[ f''_{\varphi}(\varphi r) \sin \varphi - f'_{\varphi}(\varphi r) \cos \varphi \right] C(\varphi) - \sin \varphi,$$

$$B(\varphi) = \frac{1}{r} \left[ f'_{\varphi}(\varphi r) \sin \varphi + f''_{\varphi}(\varphi r) \cos \varphi \right] C(\varphi) - \cos \varphi,$$

$$C(\varphi) = \frac{2r f''_{\varphi}(\varphi r)}{r^2 + f'_{\varphi}(\varphi r)^2 + f''_{\varphi}(\varphi r)^2}$$

(14)

В таком случае уравнение кривой формирующего контура имеет вид:

$$(z)_1 = f_1(\varphi r) = \frac{r\varphi^2}{2(1 + \cos\alpha)} \left( \sin\alpha + \frac{1}{3}\varphi \operatorname{tg}\beta \right). \quad (15)$$

В диссертации доказано, что кривая (15) может быть заменена другой, более удобной для практического использования кривой:

$$(z)_2 = f_2(\varphi r) = \frac{r\varphi^2}{2(1 + \cos\alpha)} \left( \sin\alpha + \frac{1}{3}\operatorname{tg}\beta \right). \quad (16)$$

Полученные результаты позволили нам разработать теоретические основы расчета устройств для образования рукавов из пленочных упаковочных материалов. Расчетные схемы рукавообразователей, поперечные сечения которых составлены соответственно из сопряженных дуг окружностей и чередующихся дуг окружностей отрезков прямых, представлены на рис. 5 и рис. 6. На рис. 7 и рис. 8 изображены поперечные сечения этих рукавообразователей. При расчетах приняты следующие обозначения:  $k_d = \frac{d_1}{d_2}$ ,  $k_A = \frac{d_{21}}{d_2}$ ,  $k_r = \frac{r}{d_2}$ ,  $k_b = \frac{z_0}{B}$ , где  $B$  — ширина рукава, равная половине длины периметра поперечного сечения рукавообразователя, а другие величины обозначены на соответствующих рисунках.

Основы расчета рукавообразователей разработаны с использованием инвариантов подобия  $i$ , поэтому полученные результаты могут быть легко использованы для различных по абсолютным раз-

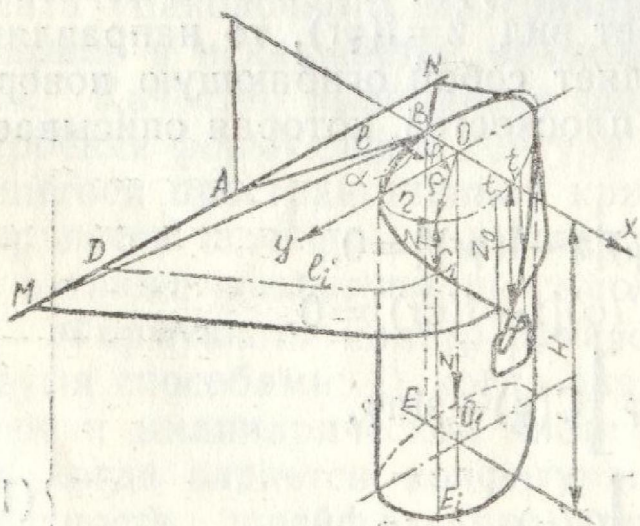


Рис. 5. Расчетная схема рукавообразователя с овалообразным поперечным сечением

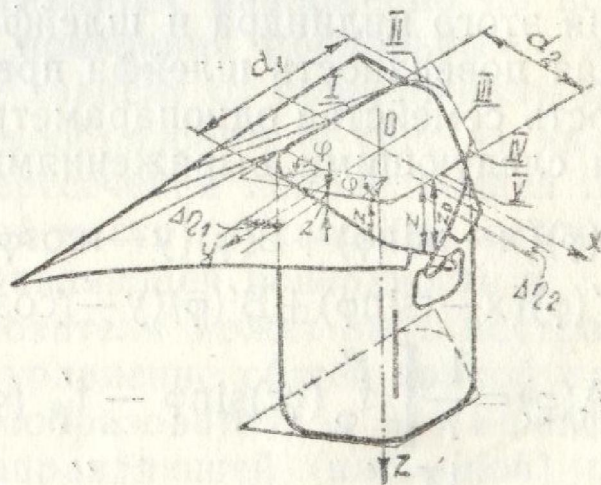


Рис. 6. Расчетная схема рукавообразователя с поперечным сечением в виде трапеции со скругленными углами



в интервале  $(\pi - \varphi_2) \leq \varphi \leq (\pi + \varphi_2)$

$$i = i_{30} + \frac{i_{r2}^2}{2i_{p3}} \left[ \pi - \arcsin \left( \frac{i_p}{i_{R2}} \sin \varphi \right) \right]. \quad (20)$$

Промежуточные величины  $i_{R1}$ ,  $i_p$ ,  $i_{p1}$  и др. определяются соответствующими формулами, которые в автореферате не приведены.

Для трапецеидального со скругленными углами рукавообразователя инвариант подобия  $i$  определяется следующими выражениями (рис. 6 и рис. 8):

на I участке

$$i = i_I = 0, \quad (21)$$

на II участке

$$i = i_{II} = \frac{k_r k_B}{A + 2\pi k_d (k_{\Delta 2})_0} \cdot \varphi^2, \quad (22)$$

на III участке

$$i = i_{III} = \frac{k_B \varphi_1}{A + 2\pi k_d (k_{\Delta 2})_0} (\varphi_1 k_r + 2k_{\Delta 1}), \quad (23)$$

на IV участке

$$i = i_{IV} = \frac{k_B}{A + 2\pi k_d (k_{\Delta 2})} \left[ A - (\pi^2 - \varphi^2) k_r \right], \quad (24)$$

на V участке

$$i = i_V = \frac{k_B}{A + 2\pi k_d (k_{\Delta 2})_0} (A + 2\pi k_d k_{\Delta 2}), \quad (25)$$

где

$$k_{\Delta 1} = \frac{\Delta \eta_1}{d_2}, \quad k_{\Delta 2} = \frac{\Delta \eta_2}{d_1}, \quad (k_{\Delta 2})_0 = \frac{m_2}{2d_1}, \quad A = \left[ \pi^2 k_r + 2(1 - 2k_r) \frac{\pi - \varphi_1}{\sin \varphi_1} \right]. \quad (26)$$

Очевидно, при  $m_2 = 0$  (рис. 8), трапецеидальный рукавообразователь превращается в треугольный.

Особый практический интерес представляет прямоугольный со скругленными углами рукавообразователь.

Уравнения для построения его формующего контура могут быть получены по (21) ÷ (25), при  $\psi_1 = \varphi_1 = \varphi_2 = \frac{\pi}{2}$ . В этом случае на I участке значения  $i$  остаются без изменения, а на других участках:

$$i_{II} = \frac{k_r k_B}{\pi [k_d + 1 - (4 - \pi) k_r]} \cdot \varphi^2, \quad (26)$$

$$i_{III} = \frac{k_B}{4 [k_d + 1 - (4 - \pi)k_r]} (\pi k_r + 4k_{\Delta 1}), \quad (27)$$

$$i_{IV} = \frac{k_B}{\pi [k_d + 1 - (4 - \pi)k_r]} [\pi(1 - 2k_r) + k_r \varphi^2], \quad (28)$$

$$i_V = \frac{k_B}{[k_d + 1 - (4 - \pi)k_r]} [1 + (\pi - 2)k_r + 2k_d k_{\Delta 2}]. \quad (29)$$

По полученным уравнениям при помощи ЭВМ нами составлены сборники таблиц инвариантов подобия  $i$  для овалообразных и прямоугольных со скругленными углами рукавообразователей в широком диапазоне заданных констант  $k_B$ ,  $k_d$ ,  $k_r$ ,  $k_A$ .

Кроме уравнений, описывающих конфигурацию формирующего контура, выведены также формулы для определения других конструктивных величин рукавообразователей, в том числе для подсчета угла  $\alpha$  наклона плоской части шлейфа (рис. 5 и рис. 6) и др.

#### Г л а в а IV. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ МАШИН ДЛЯ ФАСОВКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ В ПЛЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В первой главе нами получена формула (2), по которой можно определить необходимое количество одновременно работающих устройств для образования поперечных швов в условиях фасовочных машин непрерывного действия, обеспечивающее одинаковую производительность операций образования продольного и поперечных швов на рукавах. В результате исследования операций образования этих швов (глава II) получены эмпирические формулы (6), (11), (12), (13) для определения величин, входящих в (2). При определении  $q_p$  по (2) следует принять крайние практически целесообразные значения исходных параметров:  $T_B = 600^\circ\text{K}$ ,  $T_H = 500^\circ\text{K}$ ,  $n = 25$ . С использованием этих значений и упомянутых формул составлена таблица числовых значений величины  $q_p$  в зависимости от длины пакетов  $l$  и толщины пленки  $\delta$ . Из полученных табличных данных видно, что при  $l = 0,1 \div 0,26$  м и  $\delta = 80 \cdot 10^{-6}$  м и  $\delta = 100 \cdot 10^{-6}$  м  $0,9 \leq q_p \leq 1$ . Таким образом приходим к выводу, что теоретически обоснованной следует считать такую функциональную схему фасовочных машин, которая обеспечивает постоянное нахождение в работе одного устройства для образования поперечных швов. Этим требованиям соответствует предложенная нами функциональная схема, относящаяся к клетке 8 классификационной таблицы (см. главу I). Такая функциональная схема изображена на рис. 9.

Согласно схеме, изображенной на рис. 9, лента упаковочного материала 2 подается с рулона (на рис. 9 не показан), огибает

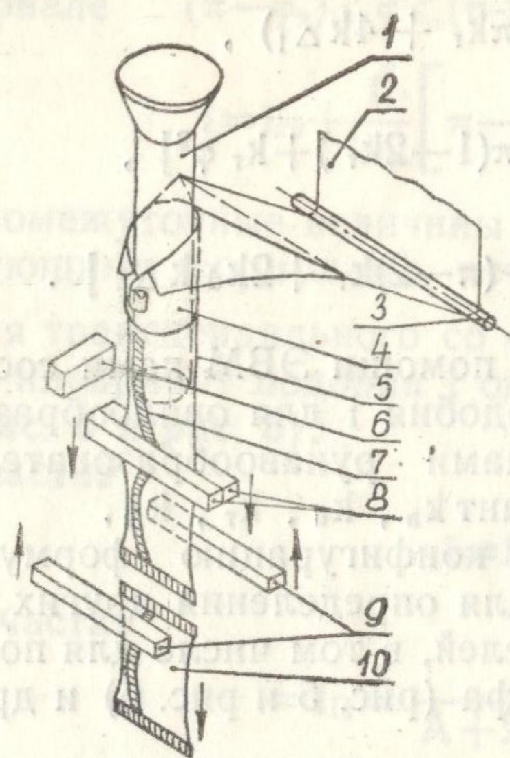


Рис. 9. Функциональная схема фасовочной машины непрерывного действия с поочередно работающими двумя устройствами для образования поперечных швов на рукаве

направляющий валик 3 и вводится в рукавообразователь 4, при помощи которого она свертывается в рукав 5. Продольный шов 7 рукава 5 образуется при помощи неподвижного нагревателя 6, а протягивание его осуществляется посредством двух пар клещей 8 и 9. В определенный момент времени в рукав 5 по трубе I из дозатора (на рис. 9 не показан) подается доза продукта. После очередного раскрытия клещей 8 или 9 из автомата выдается готовый наполненный пакет 10.

В связи с тем, что холостой ход клещей 8 и 9 условиями образования швов не ограничивается, дважды на протяжении кинематического цикла имеются промежутки времени  $\tau_n$ , когда оба устройства 8 и 9 находятся в рабочем положении. Поэтому рабочий цикл таких машин

$$T_{p8} = (1 - k_n) \tau_r, \quad (30)$$

где

индекс «8» обозначает принадлежность схемы машины к клетке 8 классификационной таблицы;

$$k_n = \frac{\tau_n}{\tau_r}. \quad (31)$$

Соответственно теоретическая производительность

$$P_{r3} = \frac{60w}{(1 - k_n) \tau_r} \quad (32)$$

В главе IV описана конструкция механизма привода устройств для образования поперечных швов (клещи 8 и 9 на рис. 9), предложенного нами для реализации обоснованной функциональной схемы новых фасовочных машин непрерывного действия (авт. свид.

№ 189729). Этот механизм выполнен в двух вариантах: с верхним и с нижним расположением устройств образования поперечных швов по отношению к их носителям. На рис. 10 представлена расчетная схема одной половины механизма (вторая половина — симметрична). На тихоходном валу редуктора  $O_k$  (рис. 10) жестко смонтированы кулачки 1 и 2. Кулачок 1 через рычажную систему 7 и зубчатые сектора 3, 4 управляет раскрытием двух половин 5 и 6 одной пары клещей (на рис. 9 клещи 8 или 9), а кулачок 2 через толкатель 9 и рычаг 8 управляет перемещением этих клещей вверх — вниз.

Механизм с нижним расположением клещей в принципе отличается тем, что клещи 5 и 6 смонтированы под секторами 3 и 4 (рис. 10). В расчете механизма одно из основных мест занимает обоснованный синтез законов движения рычагов 8, являющихся носителями клещей 5—6. Эти законы должны обеспечить непрерывность протягивания рукава и качественную выдачу пакетов.

Для получения качественного продольного шва при сварке наложенных друг на друга краев свернутой в рукав ленты упаковочного материала необходимо обеспечить протягивание ее с постоянной скоростью. Следовательно, рычаги 8 в рабочем интервале должны поворачиваться с постоянной скоростью, а клещи в верхнем

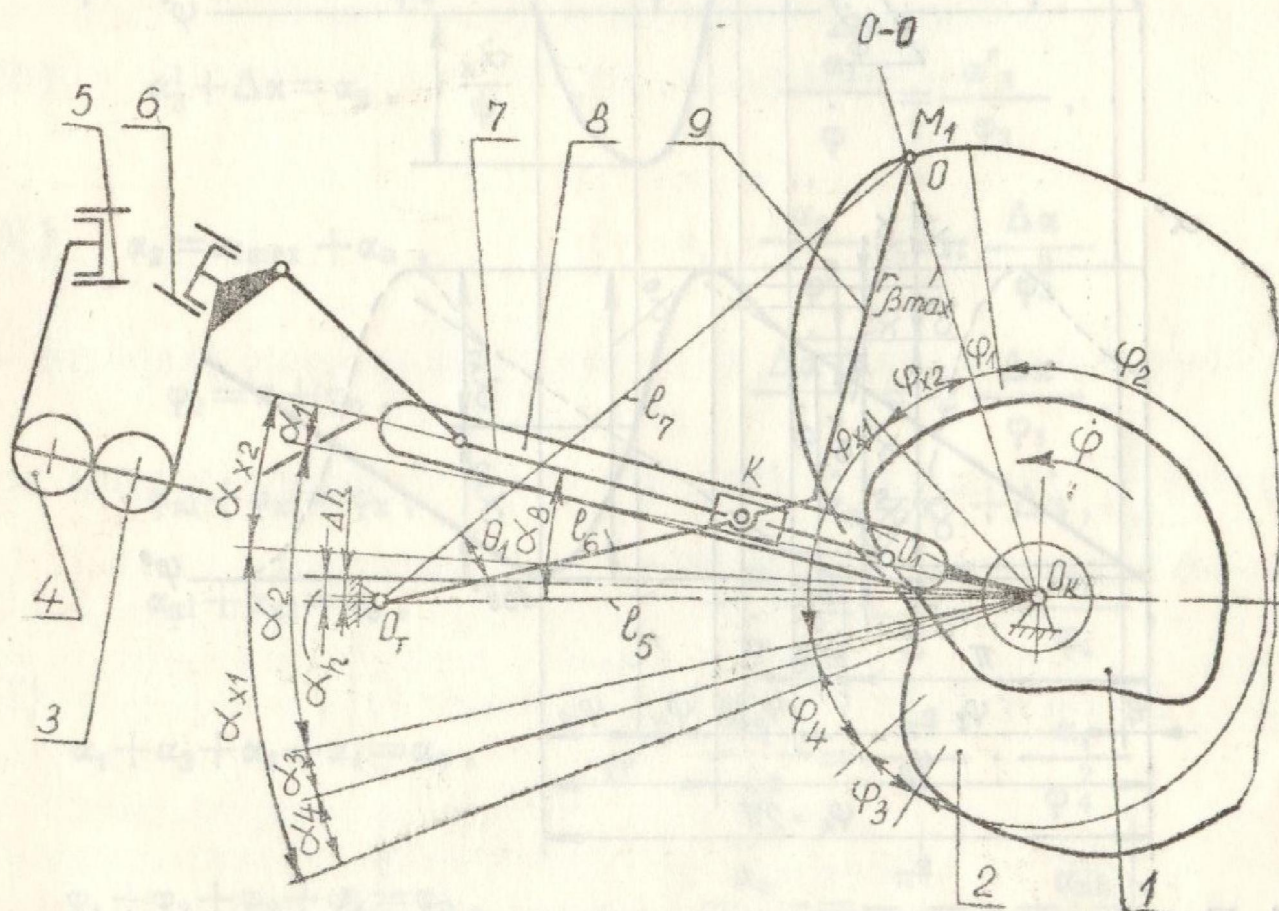


Рис. 10. Расчетная схема механизма непрерывного протягивания рукава для реализации <sup>обоснованной</sup> функциональной схемы фасовочных машин непрерывного действия

положении должны пережать рукав только тогда, когда вертикальная слагающая их скорости становится равной скорости протягивания рукава. В нижнем положении при раскрытии клещей рычагу 8 необходимо сообщить некоторый дополнительный рывок, исключая возможность подвертывания свободного конца пакета. Поэтому весь кинематический цикл перемещения в вертикальной плоскости каждой пары клещей можно разбить на пять характерных фаз (рис. 11): 1) разбег в начале рабочего хода в верхнем положении до постоянной скорости ( $\varphi_1$ ), 2) перемещение вниз с постоянной скоростью ( $\varphi_2$ ), 3) дополнительный рывок в сторону ра-

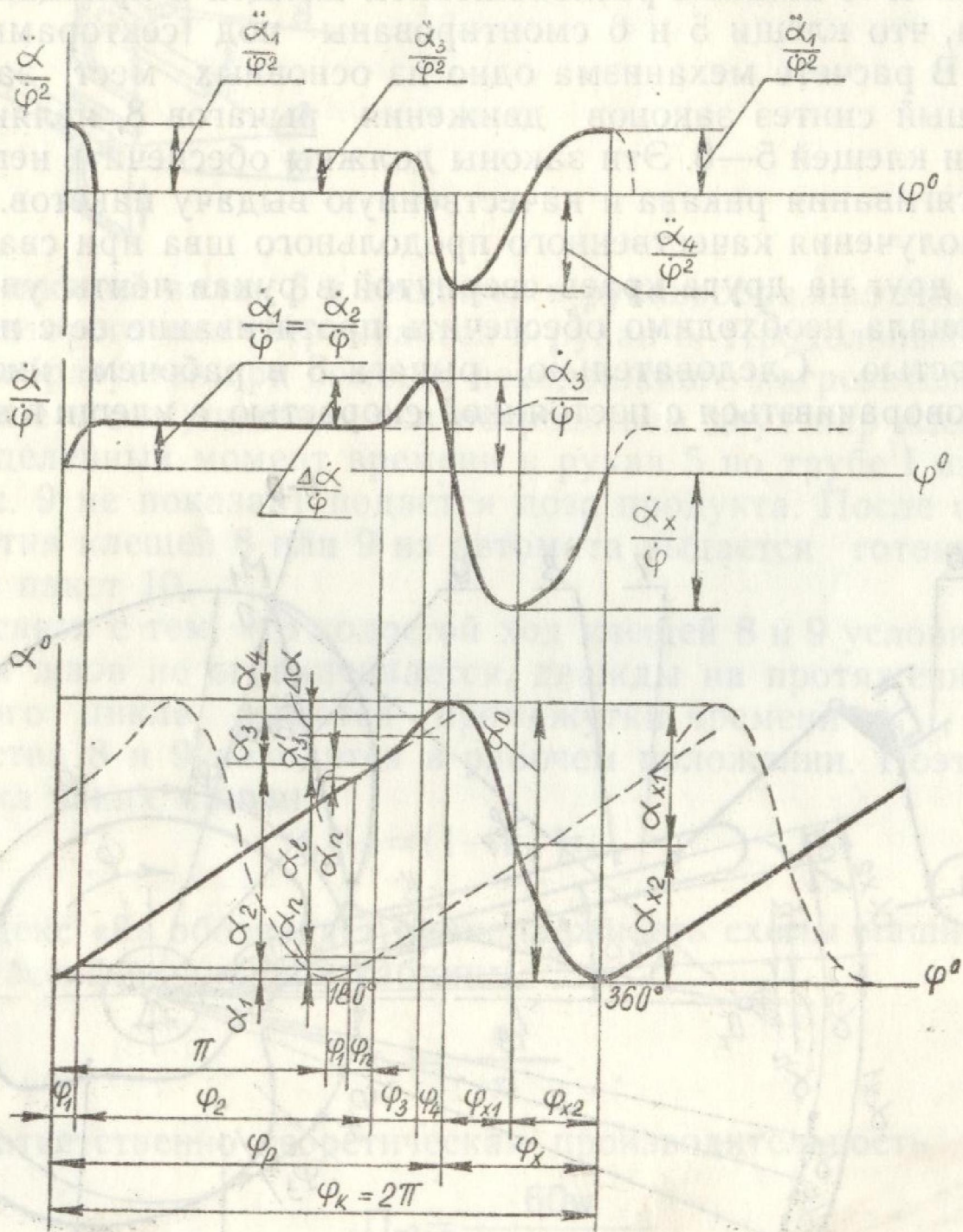


Рис. 11. Подлежащие определению диаграммы угловых перемещений  $\alpha$ , относительных угловых скоростей  $\frac{\dot{\alpha}}{\varphi}$  и ускорений  $\frac{\ddot{\alpha}}{\varphi^2}$  рычагов с верхним расположением клещей,

бочего хода ( $\varphi_3$ ), 4) торможение в конце рабочего хода в нижнем положении ( $\varphi_4$ ), 5) хлостой ход — перемещение клещей снизу вверх ( $\varphi_x$ ). Характерной особенностью механизма с нижним расположением клещей является то, что при их раскрытии подвешивания свободного конца палета не происходит. Поэтому в таком случае нет необходимости рычагам с клещами в нижнем положении сообщать дополнительный рывок.

На основании очевидных зависимостей (рис. 11) составлена следующая система уравнений:

$$\begin{aligned}
 \frac{\ddot{\alpha}_1}{\dot{\varphi}^2} &= \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{\alpha_{x2}}{\varphi_{x2}^2}, & \frac{\ddot{\alpha}_1}{\dot{\varphi}^2} &= \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{\alpha_1}{\varphi_1^2}, \\
 \frac{\dot{\alpha}_x}{\dot{\varphi}} &= \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\alpha_{x1}}{\varphi_{x1}}, & \frac{\dot{\alpha}_1}{\dot{\varphi}} &= \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\alpha_1}{\varphi_1}, \\
 \frac{\alpha_x}{\dot{\varphi}} &= \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\alpha_{x2}}{\varphi_{x2}}, & \frac{\alpha_1}{\dot{\varphi}} &= \frac{\alpha_2}{\varphi_2}, \\
 \frac{\ddot{\alpha}_0}{\dot{\varphi}^2} &= \frac{\pi^2}{2} \cdot \frac{\alpha_0}{\varphi_x^2}, & \frac{\dot{\alpha}_1}{\dot{\varphi}} &= \frac{\alpha_n}{\varphi_n}, \\
 \alpha_3^1 + \Delta\alpha &= \alpha_3, & \frac{\dot{\alpha}_1}{\dot{\varphi}} &= \frac{\alpha'_3}{\varphi_3}, \\
 \alpha_2 &= \alpha_{1\max} + \alpha_n, & \frac{\ddot{\alpha}_3}{\dot{\varphi}^2} &= \pi \frac{\Delta\alpha}{\varphi_3^2}, \\
 \varphi_2 &= \pi + \varphi_n, & \frac{\Delta\dot{\alpha}}{\dot{\varphi}} &= 2 \frac{\Delta\alpha}{\varphi_3}, \\
 \varphi_{x1} + \varphi_{x2} &= \varphi_x, & \dot{\alpha}_3 &= \dot{\alpha}_1 + \Delta\dot{\alpha}, \\
 \alpha_{x1} + \alpha_{x2} &= \alpha_0, & \frac{\dot{\alpha}_3}{\dot{\varphi}} &= \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\alpha_4}{\varphi_4}, \\
 \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 &= \alpha_0, & \frac{\ddot{\alpha}_4}{\dot{\varphi}^2} &= \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{\alpha_4}{\varphi_4^2}, \\
 \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4 &= \varphi_p, & \frac{\ddot{\alpha}_4}{\dot{\varphi}^2} &= \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{\alpha_{x1}}{\varphi_{x1}^2}, \\
 \varphi_p + \varphi_x &= 2\pi, & m &= \left| \frac{\ddot{\alpha}_4}{\ddot{\alpha}_1} \right|,
 \end{aligned} \tag{33}$$

где

$\dot{\varphi}$  — угловая скорость кулачка, управляющего перемещением рычагов,

$\ddot{\alpha}_0$  — экстремальное значение углового ускорения рычага на участке холостого хода при условии, что холостой ход осуществляется по полному, симметричному, однородному (косинусоидальному) закону.

$m$  — произвольно выбираемая величина, подлежащая исследованию.

В результате решения системы уравнений (33) получены формулы для вычисления фазовых величин, являющихся константами в уравнениях, описывающих законы периодического движения рычагов — носителей устройств для образования поперечных швов. С использованием этих констант составлены уравнения для определения угловых перемещений  $\alpha$  относительных угловых скоростей  $\frac{\dot{\alpha}}{\dot{\varphi}}$  и относительных ускорений  $\frac{\ddot{\alpha}}{\dot{\varphi}^2}$  рычагов 8 с клещами (рис. 10):

$$\alpha = f_1(\varphi_1, \alpha_1, \varphi), \quad (34)$$

$$\frac{\dot{\alpha}}{\dot{\varphi}} = f_2(\varphi_1, \alpha_1, \varphi), \quad (35)$$

$$\frac{\ddot{\alpha}}{\dot{\varphi}^2} = f_3(\varphi_1, \alpha_1, \varphi). \quad (36)$$

Угловые перемещения  $\beta$ , относительные угловые скорости  $\frac{\dot{\beta}}{\dot{\varphi}}$  и ускорения  $\frac{\ddot{\beta}}{\dot{\varphi}^2}$  толкателя 9 (рис. 10) могут быть определены исходя из очевидного его взаимодействия с рычагом:

$$\beta = (\alpha_b + \beta_b) - \alpha - \arcsin \left[ \frac{l_5}{l_6} \sin(\alpha_b - \alpha) \right], \quad (37)$$

$$\frac{\dot{\beta}}{\dot{\varphi}} = \left[ \frac{\frac{l_5}{l_6} \cos(\alpha_b - \alpha)}{\sqrt{1 - \left(\frac{l_5}{l_6}\right)^2 \sin^2(\alpha_b - \alpha)}} - 1 \right] \frac{\dot{\alpha}}{\dot{\varphi}}, \quad (38)$$

$$\dot{\varphi}_\beta = \left[ \frac{\frac{l_5}{l_6} \cos(\alpha_b - \alpha)}{\sqrt{1 - \left(\frac{l_5}{l_6}\right)^2 \sin^2 \alpha_b}} - 1 \right] \dot{\varphi}_\alpha + \frac{\frac{l_5}{l_6} \left[ 1 - \left(\frac{l_5}{l_6}\right)^2 \right] \sin(\alpha_b - \alpha)}{\sqrt{\left[ 1 - \left(\frac{l_5}{l_6}\right)^2 \sin^2(\alpha_b - \alpha) \right]^3}} \cdot \frac{\dot{\alpha}^2}{\dot{\varphi}_\alpha^2}, \quad (39)$$

где  $l_5 = O_1 O_k$ ,  $l_6 = O_7 K$ ,  $\alpha_b$  — верхняя часть угла размаха  $\alpha_0$  рычага 8, заключенная между крайним верхним его положением и прямой  $O_k O_7$ ,  $\beta_b$  — верхняя часть угла размаха  $\beta_0$  толкателя.

Радиус  $r_\beta$  теоретического профиля кулачка в любой его точке:

$$r_\beta = \sqrt{l_5^2 + l_7^2 - 2l_5 l_7 \cos(\beta_k + \beta_0 - \beta)}. \quad (40)$$

Очевидно, угол  $\varphi_\beta$ , корректирующий положение радиуса-вектора можно определить следующим образом:

$$\varphi_\beta = \varphi + \Delta\varphi, \quad (41)$$

где

$$\Delta\varphi = \arccos \frac{r_{\beta_{\max}}^2 + r_\beta^2 - \Delta\beta^2}{2r_{\beta_{\max}} \cdot r_\beta}, \quad \Delta\beta = 2l_7 \sin\left(\frac{1}{2}\beta\right),$$

$l_7 = O_7 M_1$  (рис. 10).

Синтез закона периодического движения рычага 8 (рис. 10) осуществляется при заданном значении величины  $l_6 = O_7 K$ . В связи с этим представляет интерес исследование пределов искажения этого закона в зависимости от изменения расстояния  $l_6$  в результате регулировки длины пакета.

Уменьшенное значение величины  $l_6$  обозначаем через  $l'_6$ . Уменьшенные угловые перемещения рычага 8, его угловые скорости и ускорения соответственно обозначаем через  $\alpha', \dot{\alpha}', \ddot{\alpha}'$ :

$$\alpha' = \alpha'_b - \operatorname{arccctg} \left\{ \frac{1}{\sin(\beta_b - \beta)} \left[ \frac{l_5}{l'_6} - \cos(\beta_b - \beta) \right] \right\}, \quad (42)$$

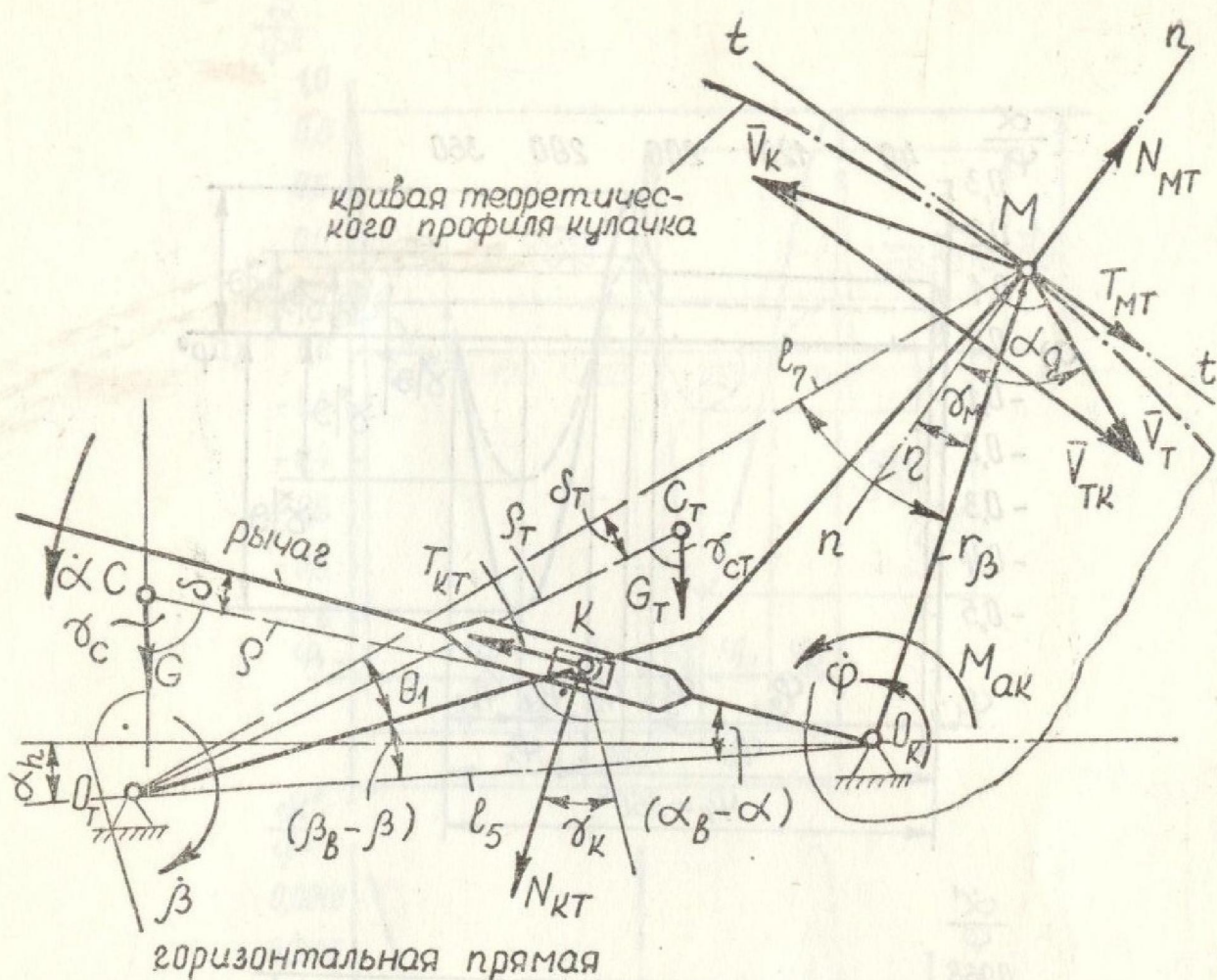


Рис. 12. Взаимодействие рычага, толкателя и кулачка механизма протягивания рукава.

Суммарный активный момент  $M_{a\Sigma}$ , действующий на кулачковый вал с ссью  $O_K$ , выражается как сумма моментов  $M_{a\kappa}$  и  $M_{a1.\pi}$ :

$$M_{a\Sigma} = M_{a\kappa} + M_{a1.\pi} \quad (51)$$

С использованием ЭВМ по  $34 \div 39$  и  $42 \div 51$  исследованы законы периодического движения основных кинематических звеньев механизма при различных заданных исходных данных и при изменении соотношений между звеньями, имеющим место при регулировке длины пакетов. Крутящий момент на основном валу механизма исследовался аналитически при помощи ЭВМ (без учета сил трения), а также экспериментально в реальных условиях при помощи тензодатчиков и соответствующей аппаратуры. Результаты исследований в качестве примера приведены на рис. 13  $\div$  16. В результате обработки полученных данных разработаны основные рекомендации по рациональному конструированию механизма.

$$\frac{\varphi \cdot \dot{\alpha}_1'}{\varphi \cdot \dot{\beta}_1'} = \frac{\frac{1_5}{1_6} \cos(\beta_b - \beta) - 1}{\frac{1_5}{1_6} \left[ \frac{1_5}{1_6} - 2 \cos(\beta_b - \beta) \right] + 1} \cdot \frac{\dot{\beta}_1'}{\varphi \cdot \dot{\beta}_1'}, \quad (43)$$

$$\frac{\varphi \cdot \dot{\alpha}_2'}{\varphi \cdot \dot{\beta}_2'} = \frac{\frac{1_5}{1_6} \left[ \left( \frac{1_5}{1_6} \right)^2 - 1 \right] \sin(\beta_b - \beta)}{\left\{ \frac{1_5}{1_6} \left[ \frac{1_5}{1_6} - 2 \cos(\beta_b - \beta) \right] + 1 \right\}^2} \cdot \frac{\dot{\beta}_2'}{\varphi \cdot \dot{\beta}_2'} +$$

$$+ \frac{\frac{1_5}{1_6} \cos(\beta_b - \beta) - 1}{\frac{1_5}{1_6} \left[ \frac{1_5}{1_6} - 2 \cos(\beta_b - \beta) \right] + 1} \cdot \frac{\dot{\beta}_1'}{\varphi \cdot \dot{\beta}_2'}. \quad (44)$$

Нагрузки, возникающие при взаимодействии отдельных звеньев механизма, определяются следующими выражениями (рис. 12):

$$N_{KT} = \frac{1}{l_6} (m \cdot g \cdot \rho \cdot \sin \gamma_c - I \ddot{\alpha}) \frac{\sin(\alpha_b - \alpha)}{\sin(\beta_b - \beta)}, \quad (45)$$

$$N_{MT} = \frac{1}{l_7 \cos \alpha_g} (N_{KT} \cdot l_6 \cdot \cos \gamma_k + m_T \cdot g \cdot \rho_T \cdot \sin \gamma_{CT} - I_T \cdot \ddot{\beta}), \quad (46)$$

$$M_{LK} = -N_{MT} \cdot r_{\beta} \cdot \sin \gamma_M, \quad (47)$$

где  $I$ ,  $I_T$  — моменты инерции рычага и толкателя,  $m$ ,  $m_T$  — масса рычага и толкателя,  $g$  — ускорение силы тяжести.

Механизм для протягивания рукава состоит из двух рычагов, смонтированных на общем валу  $O_K$  и имеющих аналогичный привод. Законы периодического движения обоих рычагов совершенно одинаковы, только смещены по фазе на угол, равный  $\pi$ . Поэтому величины  $\alpha$ ,  $\dot{\alpha}$ ,  $\ddot{\alpha}$ ,  $\beta$ ,  $\dot{\beta}$ ,  $\ddot{\beta}$ ,  $r_{\beta}$ ,  $\alpha_g$  и другие, относящиеся ко второму рычагу и соответствующие значению угла  $\varphi_{\pi} = \varphi + \pi$ , обозначены с добавлением индекса « $\pi$ » и могут быть найдены по соответствующим выражениям. Таким образом:

$$N_{KT\pi} = \frac{1}{l_6} (m \cdot g \cdot \rho \cdot \sin \gamma_{CT\pi} - I \cdot \ddot{\alpha}_{\pi}) \frac{\sin(\alpha_b - \alpha_{\pi})}{\sin(\beta_b - \beta_{\pi})}, \quad (48)$$

$$N_{MT\pi} = \frac{1}{l_7 \cos \alpha_{g\pi}} (N_{KT\pi} \cdot l_6 \cdot \cos \gamma_{K\pi} + m_T g \rho_T \sin \gamma_{CT\pi} - I_T \cdot \ddot{\beta}_{\pi}), \quad (49)$$

$$M_{AK\pi} = -N_{MT\pi} \cdot r_{\beta\pi} \cdot \sin \gamma_{M\pi}. \quad (50)$$

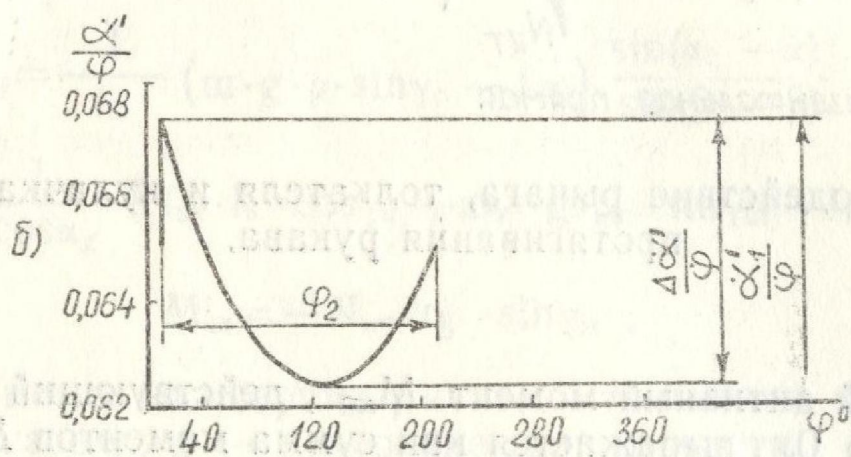
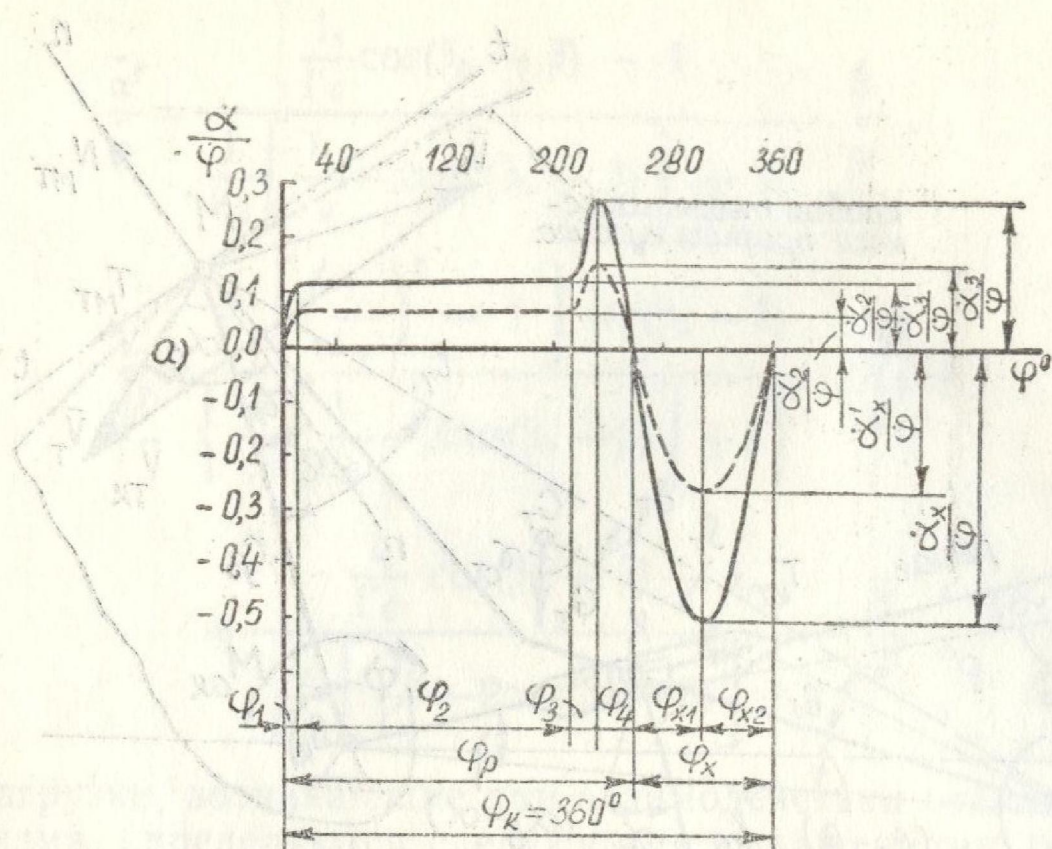


Рис. 13. Относительные угловые скорости  $\frac{\alpha}{\varphi}$  одного рычага с верхним расположением клещей: а) сплошной линией изображена диаграмма угловых скоростей при максимальной длине пакета, прерывистой линией — аналогичная диаграмма при заданной минимальной длине пакета; б) диаграмма относительных угловых скоростей рычага в увеличенном масштабе (рабочий интервал:

$$\varphi_1 \leq \varphi \leq \varphi_1 + \varphi_2)$$

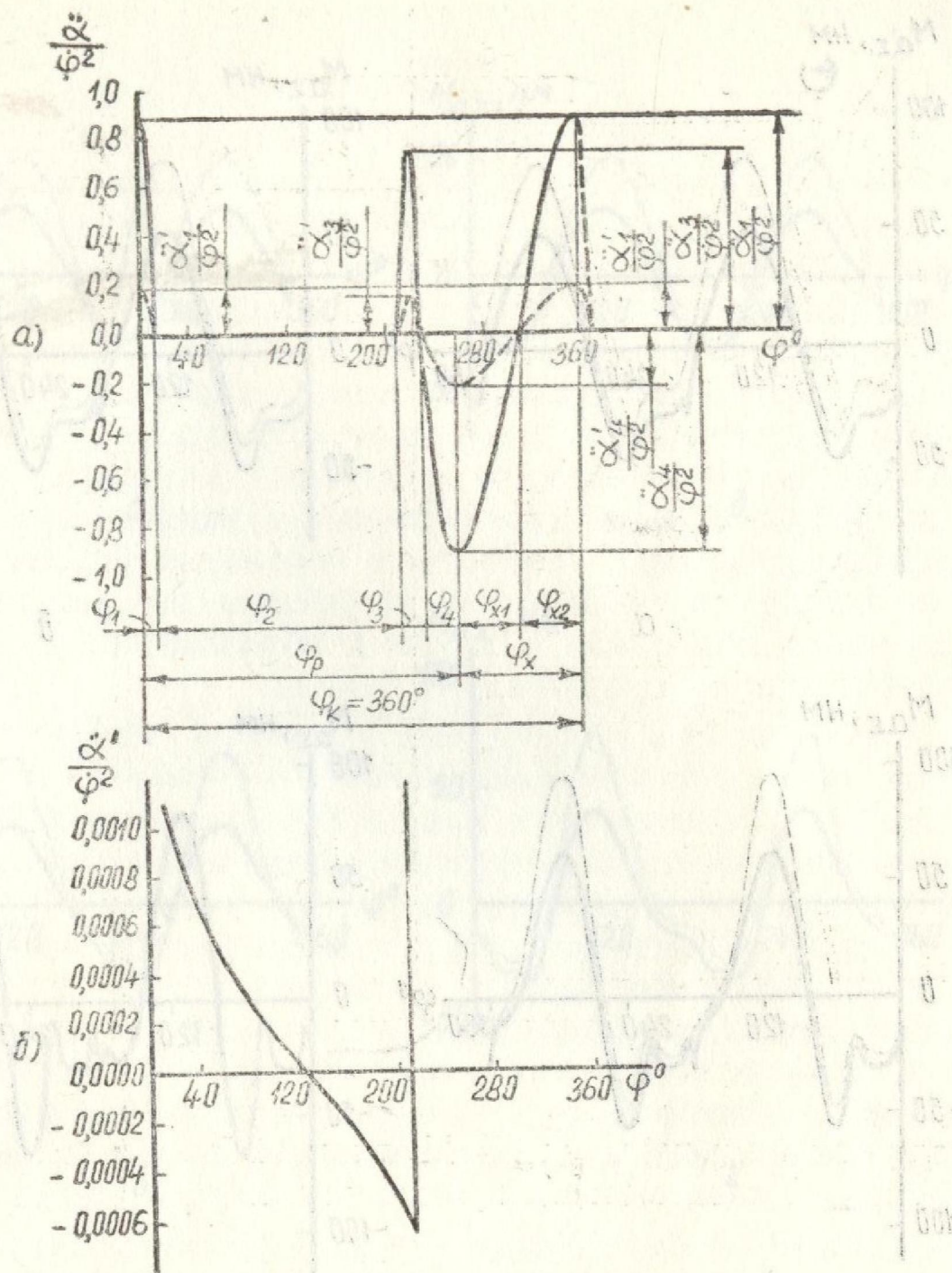


Рис. 14. Относительные угловые ускорения  $\frac{\ddot{\alpha}}{\phi^2}$  рычага с верхним расположением клещей: а) сплошной линией изображена диаграмма угловых ускорений при максимальной длине пакета, прерывистой линией — аналогичная диаграмма при заданной минимальной длине пакета; б) диаграмма относительных угловых ускорений рычага в увеличенном масштабе (рабочий интервал:  $\phi_1 \leq \phi \leq \phi_1 + \phi_2$ )

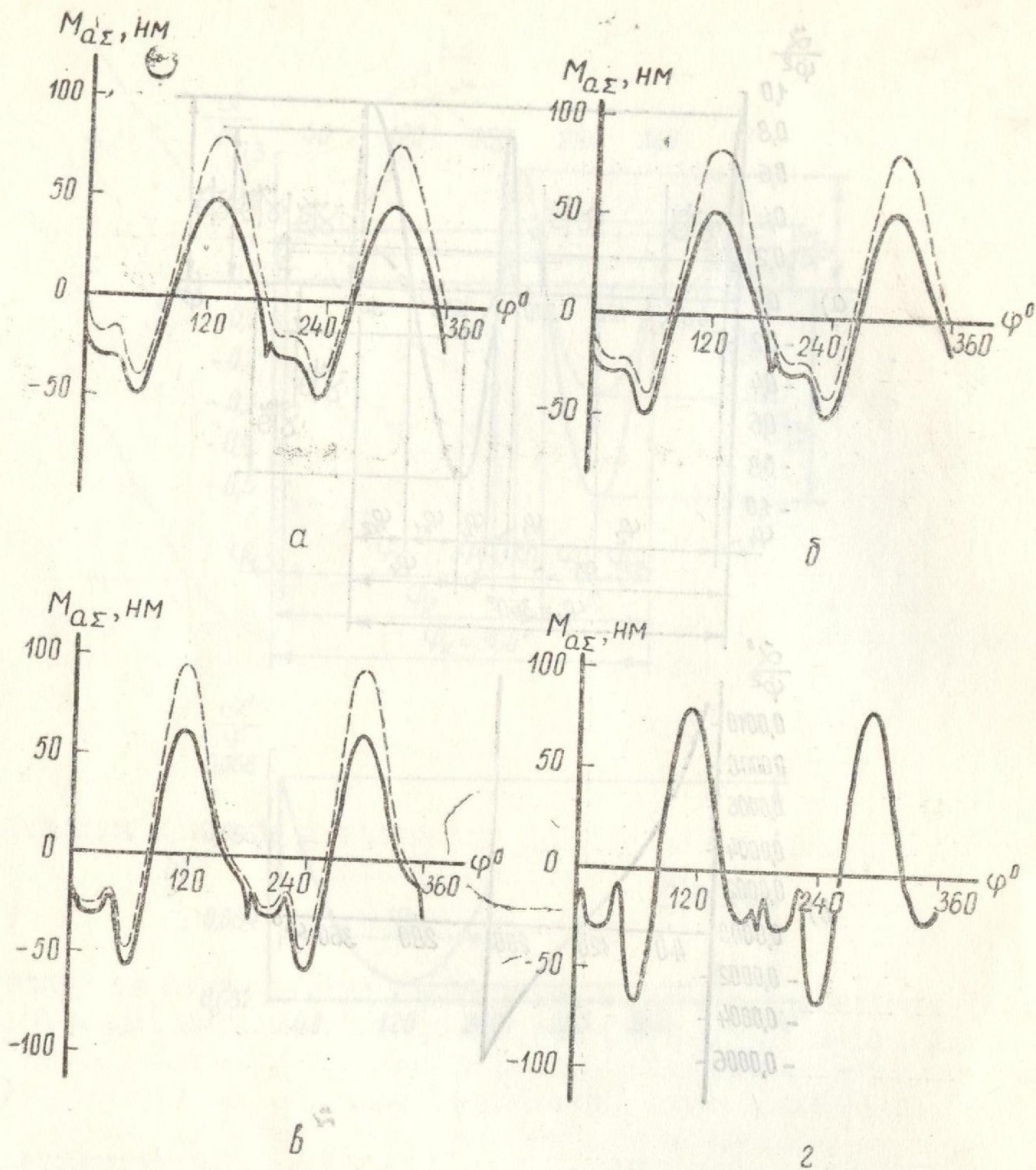
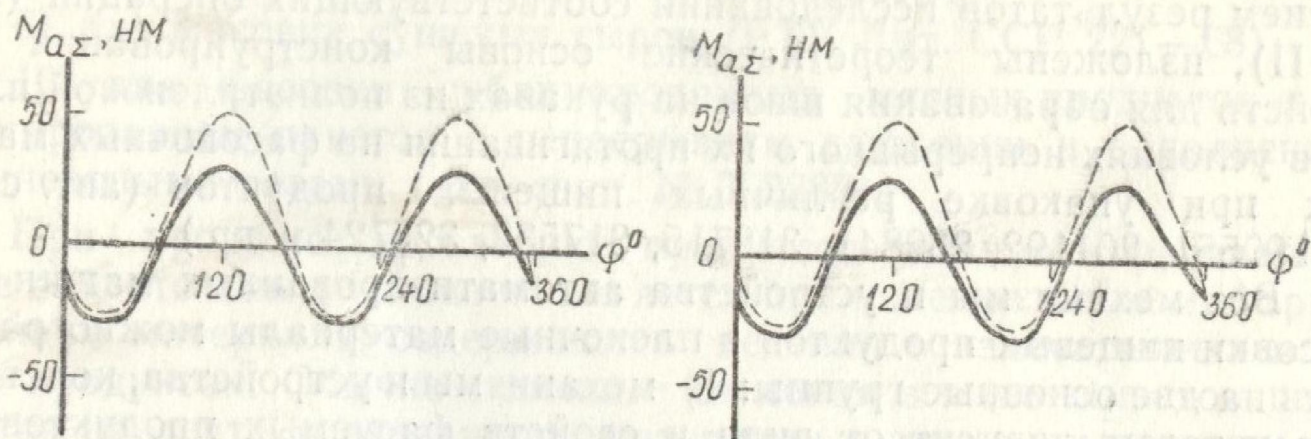


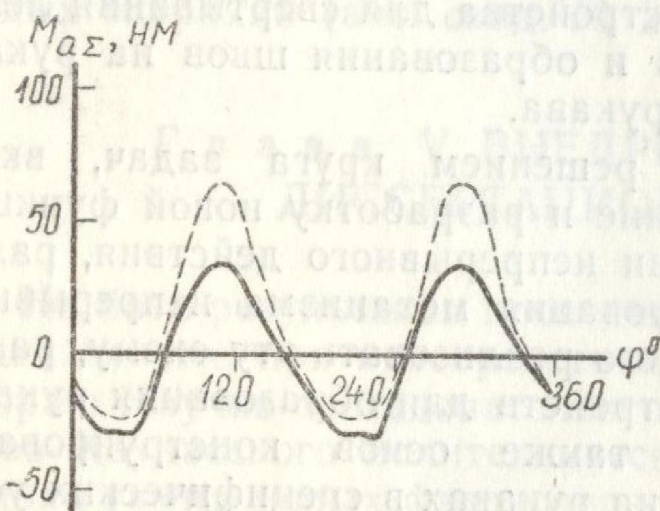
Рис. 15. Крутящий момент на валу механизма протягивания рукава с верхним расположением клещей при  $m = 1,0$ ,  $k_n = 0,1$ : а)  $\Pi_T = 25$  пак/мин,  $\varphi = 5/12 \pi$  1/сек; б)  $\Pi_T = 50$  пак/мин,  $\varphi = 10/12 \pi$  1/сек; в)  $\Pi_T = 75$  пак/мин,  $\varphi = 15/12 \pi$  1/сек, г)  $\Pi_T = 100$  пак/мин,  $\varphi = 20/12 \pi$  1/сек, где  $m = \frac{\alpha_4}{\alpha_1}$ ,  $k_n$  — коэффициент, учитывающий величину угла  $\varphi_n$ , определяющего продолжительность совместного равномерного перемещения в сторону рабочего хода обоих рычагов с клещами (см. рис. 11);

— — — — — расчетная кривая без учета сил трения  
 — — — — — средняя экспериментальная кривая

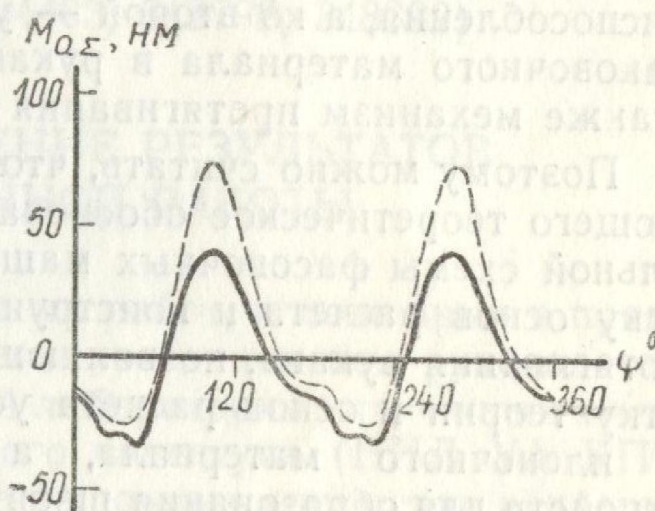


a

b



c



d

Рис. 16. Крутящий момент на кулачковом валу механизма протягивания рукава с нижним расположением клещей при  $k_n = 1$ : а)  $\Pi_T = 25$  пак/мин,  $\dot{\varphi} = 5/12 \pi$  1/сек; б)  $\Pi_T = 50$  пак/мин,  $\dot{\varphi} = 10/12 \pi$  1/сек; в)  $\Pi_T = 75$  пак/мин,  $\dot{\varphi} = 15/12 \pi$  1/сек, г)  $\Pi_T = 100$  пак/мин,  $\dot{\varphi} = 20/12 \pi$  1/сек, где  $k_n$  — коэффициент, учитывающий величину

угла  $\varphi_1$  определяющего продолжительность совместного равномерного перемещения в сторону рабочего хода обоих рычагов с клещами (см. рис. 11);

————— расчетная кривая без учета сил трения

— — — — — средняя экспериментальная кривая

В главе IV, кроме рассмотренных выше вопросов, с использованием результатов исследований соответствующих операций (глава II), изложены теоретические основы конструирования устройств для образования швов на рукавах из полиэтиленовой пленки в условиях непрерывного их протягивания на фасовочных машинах при упаковке различных пищевых продуктов (авт. свид. № 190551, 201192, 239841, 312715, 317532, 325724 и др.).

Все механизмы и устройства автоматизированных машин для фасовки пищевых продуктов в пленочные материалы можно разделить на две основные группы: 1) механизмы и устройства, конструкция которых зависит от вида и свойств фасуемых продуктов; 2) механизмы и устройства, конструкция которых не зависит от свойств фасуемых продуктов. К первой группе механизмов относятся дозаторы, бункера, питатели и некоторые другие специальные приспособления, а ко второй — устройства для свертывания ленты упаковочного материала в рукав и образования швов на рукаве, а также механизм протягивания рукава.

Поэтому можно считать, что решением круга задач, включающего теоретическое обоснование и разработку новой функциональной схемы фасовочных машин непрерывного действия, разработку основ расчета и конструирования механизма непрерывного протягивания рукава, позволяющего реализовать эту схему, разработку теории и основ расчета устройств для образования рукавов из пленочного материала, а также основ конструирования устройств для образования швов на рукавах в специфических условиях, положены основы создания базовой части большого количества фасовочных машин различных типо-размеров, предназначенных для фасовки в пленочные материалы различных пищевых продуктов.

С учетом разработанных основ создания базовой части автоматизированных фасовочных машин, далее в главе IV изложены теоретические основы конструирования машин для фасовки самых различных пищевых продуктов в пленочные материалы:

1) для фасовки круп, сахара-песка, поваренной соли (авт. свид. № 189729, 254374);

2) для фасовки пищевых концентратов (авт. свид. № 300333, 352136);

3) для фасовки сушек (авт. свид. № 282214);

4) для фасовки помидоров и яблок (авт. свид. № 283884);

5) для фасовки творога (авт. свид. № 294782, 156092);

6) для фасовки молока (авт. свид. № 244178);

7) для фасовки соков в асептических условиях (авт. свид. № 318517);

- 8) для фасовки замороженныхпельменей);
- 9) для фасовки сушеных сыров (РТУ Лит. ССР 221—68);
- 10) для фасовки сублимированных мясных продуктов с вакуумированием пакетов в непрерывном движении и наполнением их инертными газами (авт. свид. № 3С2282).

При продаже населению продуктов питания в фасованном виде обязательным условием является приложение к ним информационного материала, содержащего сведения о запечатанных в пакете продуктах. Обычно основные сведения в виде этикеток печатаются на ленте упаковочного материала в централизованном порядке. Однако часто, кроме этикетки, приходится наносить сменные данные: дату выпуска, номер смены, серию и др. В гл. IV приведены конструктивные решения механизмов для выполнения указанных операций (авт. свид. № 264403, 342792, 348392).

## Г л а в а V. ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

На базе результатов проведенных работ, изложенных в предыдущих главах, при непосредственном участии и под руководством автора в Научно-исследовательской лаборатории упаковочных автоматов Каунасского политехнического института (НИЛ УА КПИ) создана гамма новых фасовочно-упаковочных автоматов непрерывного действия типа АРЖ, предназначенных для упаковки продуктов в пакеты из полиэтиленовой пленки и комбинированных пленочных упаковочных материалов: автомат АРЖ — для фасовки круп, сахара-песка, поваренной соли и других легкосыпучих продуктов дозами до 1200 см<sup>3</sup>, автомат АР2Ж — для упаковки замороженных пельменей, сухофруктов, конфет и других кускообразных продуктов неопределенной формы дозами до 1200 см<sup>3</sup>, автомат АР3Ж — для упаковки сушеных сыров (РТУ Лит. ССР 221-68), автомат АР4Ж — для фасовки сушек дозами до 250 г, автомат АР5Ж — для фасовки поваренной соли и других легкосыпучих продуктов дозами до 250 см<sup>3</sup>, автомат АР7Ж — для фасовки легкосыпучих продуктов дозами до 6000 см<sup>3</sup>, автомат АР8Ж — для фасовки пищевых концентратов и других трудносыпучих продуктов дозами до 1200 см<sup>3</sup>, автомат АР9Ж — для фасовки творога и других пастообразных продуктов дозами до 1200 см<sup>3</sup>, автомат АР11Ж — для упаковки сублимированных мясopодуKтов дозами до 1200 см<sup>3</sup>, автомат АР12Ж — для фасовки сметаны, приготовленной горчицы и других пастообразных продуктов дозами до 250 см<sup>3</sup>, автомат АР13Ж — для фасовки молока и других жидких продуктов дозами до 1200 см<sup>3</sup>, автомат АР14Ж — многопоточный, для фа-

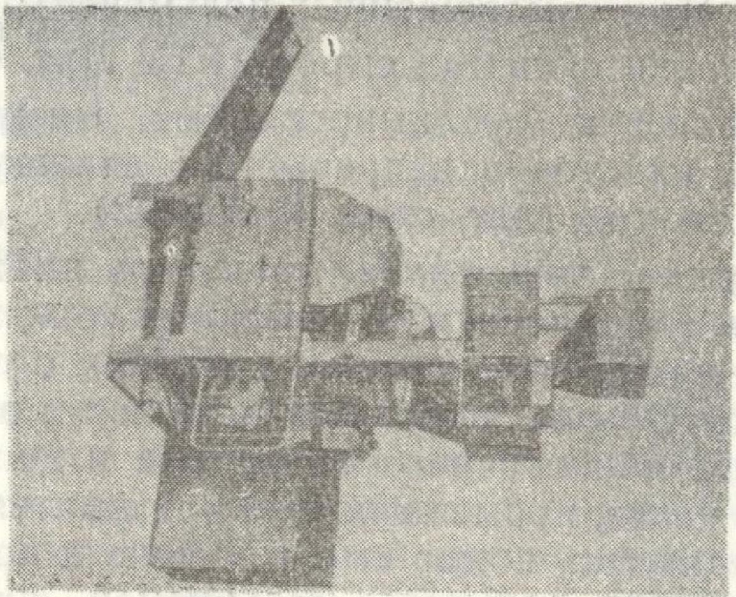


Рис. 17. Фасовочно-  
упаковочный автомат  
АРЖ

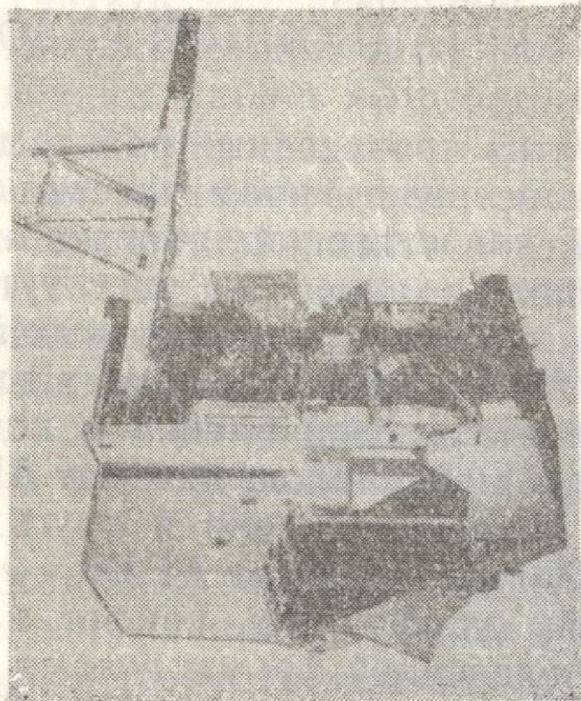


Рис. 18. Фасовочно-  
упаковочный автомат  
АР4Ж

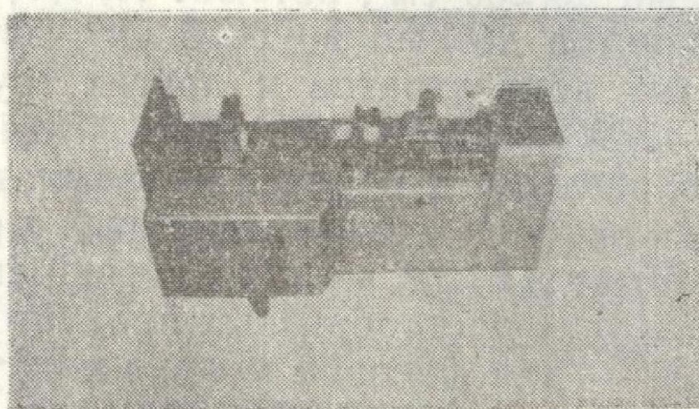


Рис. 19. Фасовочно-  
упаковочный автомат  
АР5Ж

совки сыпучих продуктов дозами до 6 литров, автомат АР16Ж — для фасовки пищевых концентратов дозами до 200 см<sup>3</sup>.

Из перечисленной гаммы автоматы АРЖ, АР4Ж и АР5Ж прошли неоднократные междуведомственные испытания, получили высокую оценку и рекомендованы к серийному изготовлению (рис. 17 ÷ 19). Промышленное производство этих автоматов освоено на Капсулксм заводе продовольственных автоматов. Другие упомянутые автоматы находятся на стадии опытных образцов, а серийное их производство намечается на ближайшие годы.

Размер экономии, получаемой в результате внедрения фасовочно-упаковочных автоматов типа АРЖ, зависит от многих конкретных факторов: достигнутого уровня механизации операций фасовки на данном предприятии до внедрения автоматов АРЖ, вида и стоимости тары, объема выпуска продукции и т. д. Поэтому расчеты, проведенные различными предприятиями, отличаются друг от друга. Однако, несмотря на эти различия, в любом случае годовая экономия средств, получаемая в результате внедрения таких автоматов, значительна.

Общая потребность в автоматах типа АРЖ по Советскому Союзу велика. Только для Министерства заготовок СССР в текущем пятилетии требуется около 300 ÷ 400 автоматов АРЖ. Велика потребность также в автоматах других марок. Ориентировочные расчеты показывают, что в случае удовлетворения потребностей всех предприятий в результате внедрения предложенных нами фасовочно-упаковочных автоматов народное хозяйство страны может иметь годовую экономию, исчисляемую в десятках миллионов рублей.

## О С Н О В Н Ы Е   В Ы В О Д Ы

1. Основными операциями, выполняемыми при фасовке пищевых продуктов в пленочные материалы на соответствующих фасовочных машинах, являются: операция свертывания ленты упаковочного материала в рукав, операции образования продольного и поперечного швов на рукаве, операция дозирования.

2. Автоматизированные машины для фасовки пищевых продуктов в пленочные материалы по характеру протягивания рукава в процессе изготовления и наполнения пакетов разделяются на машины прерывистого и непрерывного действия. Машины прерывистого действия могут быть разделены по признаку совмещения выполнения операций образования продольного и поперечного швов: существуют машины с последовательным и с одновременным (параллельным) образованием этих швов. Фасовочные маши-

ны непрерывного действия могут быть разделены по признаку количества устройств для образования поперечных швов: бывают машины с ограниченным и неограниченным количеством таких устройств.

3. Перечисленные признаки находятся в тесной связи с возможной теоретической производительностью фасовочных машин. На фасовочных машинах прерывистого действия с последовательным образованием продольного и поперечного швов возможная производительность ограничивается суммарной продолжительностью выполнения этих операций. На фасовочных машинах прерывистого действия с одновременным образованием продольного и поперечного швов производительность ограничивается продолжительностью выполнения одной из этих операций и временем ускоренного протягивания рукава на один шаг.

На фасовочных машинах непрерывного действия с неограниченным количеством устройств для образования поперечных швов производительность ограничивается возможной скоростью образования продольного шва, поэтому в большинстве случаев данные машины относятся к наиболее производительным.

4. Существующие машины прерывистого действия для фасовки пищевых продуктов в пленочные материалы, обладающие сравнительной простотой в изготовлении и универсальностью, а также являющиеся достаточно удобными в обслуживании, имеют ограниченную производительность. Аналогичные существующие фасовочные машины непрерывного действия с неограниченным количеством устройств для образования поперечных швов являются более производительными, однако из-за большого количества устройств для образования поперечных швов и несовершенства их носителей — механизмов непрерывного протягивания рукава — такие машины сложны в изготовлении, не обладают универсальностью, неудобны в обслуживании и поэтому не нашли широкого применения.

5. Теоретически обоснованной следует считать такую функциональную схему машин непрерывного действия для фасовки пищевых продуктов в пленочные материалы, которая обеспечивает выполнение операций образования продольного и поперечного швов на рукаве с одинаковой производительностью и сохраняет все основные преимущества функциональных схем, по которым создаются соответствующие фасовочные машины прерывистого действия. Этим требованиям отвечает предложенная нами функциональная схема фасовочных машин непрерывного действия с поочередно работающими двумя устройствами для образования поперечных швов.

6. Продолжительность операции дозирования сыпучих продуктов объемным дозатором с мерными стаканами зависит от величины дозы, скорости вращения дисков со стаканами, формы и площади поперечного сечения трубы для ввода продукта в пакеты. При фасовке круп дозами 500 и 1000 см<sup>3</sup> в пакеты шириной 200 мм, объемный дозатор с четырьмя мерными стаканами может обеспечить теоретическую производительность фасовочной машины соответственно до 105 и 85 пакетов в минуту.

Погрешность при дозировании круп объемным дозатором с мерными стаканами дозами по 0,5 и 1,0 кг не превышает  $\pm 1,0\%$ , что находится в соответствии с требованиями соответствующих ГОСТов.

При дозировании дозатором с обычными мерными стаканами таких неоднородных по гранулометрическому составу сыпучих пищевых продуктов, как сахар-песок, поваренная соль или, особенно, пищевые концентраты типа плодово-ягодного киселя, погрешность достигает более значительных величин: для сахара-песка и поваренной соли — до  $\pm 2,0\%$ , а для киселя — до  $\pm 5\%$ .

Точность дозирования неоднородных сыпучих пищевых продуктов может быть значительно повышена применением специальных объемных дозаторов с вибрирующими мерными стаканами или их элементами. Применение объемных дозаторов с вибрирующей цилиндрической частью мерных стаканов позволяет решить проблему создания автоматизированных машин для фасовки пищевых концентратов в пленочные материалы.

7. Возможная скорость протягивания рукава из полиэтиленовой пленки при образовании на нем продольного шва нагретым воздухом, а также необходимая продолжительность нагрева могут быть определены по найденным эмпирическим формулам (6), (7).

Давление на полиэтиленовую пленку при образовании поперечных швов оказывает заметное влияние на их прочность при недостаточно высоких температурах нагревателя. С повышением температуры нагревателя прочность швов увеличивается и приближается к прочности основного материала независимо от давления (в диапазоне от 0,2 до 1,5 Мн/м<sup>2</sup>). Кроме того, давление оказывает более заметное влияние на прочность шва при меньшей продолжительности нагрева. В случае достаточно высокой температуры нагревателя (порядка 500 ÷ 600°К) давление можно задавать в пределах 0,2 ÷ 0,5 Мн/м<sup>2</sup>.

Вместо плоских нагревателей для образования поперечных швов на рукавах из полиэтиленовой пленки могут быть использованы предложенные клинообразные нагреватели с углом клина порядка 120°. В этом случае имеется возможность производить свар-

ку непосредственно через выдавливаемые жидкие и пастообразные пищевые продукты. Во время образования швов клинообразными нагревателями производится не только сварка, но и разделение рукава на две части по месту сварки. Температура клинообразного нагревателя и давление оказывают такое же влияние на прочность швов, как и при сварке плоскими нагревателями.

8. Загрязнение пленки различными пищевыми сыпучими продуктами значительно снижает прочность поперечных швов, а в некоторых случаях вообще исключает возможность сварки. Прочность швов запыленных пленок зависит от свойств сыпучих продуктов. При запылении пленки, например, сахарной пудрой прочность швов остается достаточно высокой. Однако пыль таких продуктов, как крахмал, на прочность швов оказывает значительное отрицательное влияние. Поэтому при упаковке сильно пылящих продуктов фасовочные машины необходимо укомплектовывать предложенными специальными приспособлениями, ограничивающими падение пыли в зону сварки.

Продолжительность нагрева при образовании поперечных швов, обеспечивающая достаточную их прочность, может быть подсчитана по найденной эмпирической формуле (II).

9. Для качественного выполнения операции образования круглого рукава из ленты пленочного материала необходимо, чтобы направляющая поверхность шлейфа рукавобразователя с кривой формирующего контура  $z = f(\varphi r)$  представляла собой огибающую поверхность семейства однопараметровых плоскостей, которая описывается выражениями (14). В таком случае формирующий контур рукавобразователя описывается уравнением (15), которое с достаточной для практических целей точностью может быть заменено более удобным при расчетах уравнением второй степени (16).

При расчете рукавобразователей для формирования рукава, независимо от формы поперечного сечения, необходимо соблюдать найденное нами основное условие равномерного натяжения ленты во всей ее ширине:  $z = l_1 - l$ , где  $z$  — аппликата любой точки формирующего контура рукавобразователя,  $l_1$  — длина соответствующей продольной линии формируемой ленты, в процессе формирования проходящей через рассматриваемую точку на контуре,  $l$  — стрелок серединной линии ленты, в процессе формирования проходящей в плоскости симметрии рукавобразователя, причем длина стрелков продольных линий ограничивается прямолинейной кромкой шлейфа и кривой формирующего контура.

10. Кривая формирующего контура рукавобразователя, независимо от формы его поперечного сечения, может быть описана общим уравнением (17):  $z = iB$ , где  $B$  — заданная ширина рукава,  $i$  — инвариант подбоя, не зависящий от абсолютных размеров

рукавообразователя. Для овалообразных рукавообразователей, поперечные сечения которых состоят из сопряженных дуг окружностей, величина  $i$  определяется выражениями (18) ÷ (20), а в случае трапецеидальных рукавообразователей, поперечные сечения которых состоят из сопряженных чередующихся дуг окружностей и отрезков прямых, инвариант подобия  $i$  определяется выражениями (21) ÷ (25). Рукавообразователи с прямоугольными поперечными сечениями со скругленными углами могут рассматриваться как частные случаи, а инвариант подобия  $i$  может быть определен по (21) и (26) ÷ (29).

11. Благодаря разработанным теоретическим основам расчета и конструирования механизма для непрерывного протягивания рукава, устройств для образования швов на нем, а также теории и основам расчета рукавообразователей создана возможность реализовать теоретически обоснованную схему новых автоматизированных фасовочных машин непрерывного действия.

В зависимости от конкретных условий предложенный механизм непрерывного протягивания рукава может иметь либо верхнее, либо нижнее расположение устройств для образования поперечных швов. При разработке основ расчета механизма осуществлен синтез законов периодического движения рычагов-носителей этих устройств с верхним и нижним их расположением, определена связь между законами периодического движения всех основных кинематических звеньев механизма, составлены программы для вычисления при помощи вычислительных машин основных геометрических, кинематических и динамических параметров механизма. В результате исследования механизма определено возможное искажение равномерности движения носителей устройств для образования поперечных швов в рабочем интервале кинематического цикла, имеющее место при изменении длины пакетов. Установлено, что при переходе от максимальной длины пакета к минимальной угловая скорость носителей в указанном интервале не остается постоянной, но изменяется в допустимых пределах.

В результате проведенных исследований механизма непрерывного протягивания рукава установлено, что при равных условиях механизм, имеющий рычаги с нижним расположением клещей, обладает преимуществом перед таким же механизмом с верхним расположением клещей, заключающимся в более плавной работе при повышенной производительности фасовочных машин.

12. Разработанные функциональные схемы и теоретические основы конструирования специальных механизмов позволяют на ограниченном количестве баз создать большое количество машин для фасовки в пленочные упаковочные материалы различных пищевых продуктов: круп, сахара-песка, поваренной соли, пищевых

концентратов,пельменей,сухофруктов,конфет,сушек,помидоров,яблок,творога,сметаны,приготовленнойгорчицы,молока,соков(вобычныхиакуптическихусловиях),сублимированныхмясныхпродуктов(вобычныхусловиях,атакжесвакуумированиемпакетоввнепрерывномдвиженииинаполненииихинертнымигазами)идр.

13. Работами, рассмотренными в диссертации, заложены основы создания современных автоматизированных машин для фасовки различных пищевых продуктов в пленочные материалы. Фасовочно-упаковочные автоматы непрерывного действия типа АРЖ, созданные по предложенной и обоснованной функциональной схеме с использованием разработанных теоретических основ расчета и конструирования механизма непрерывного протягивания рукава, а также других специальных механизмов и устройств, обладают всеми преимуществами существующих фасовочно-упаковочных автоматов прерывистого действия аналогичного назначения и имеют значительно более высокие возможности по производительности.

## ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РАБОТЫ АВТОРА

### I. Описания изобретений к авторским свидетельствам и заявкам, по которым имеются решения о выдаче авторских свидетельств

1. Поршневой дозатор для полувязких и вязких продуктов, а. с. 156092, 1962.
2. Устройство для изготовления, наполнения продуктом и запечатывания пакетов из термосклеивающегося материала, а. с. 163522, 1963.
3. Автомат для изготовления, наполнения продуктом и запечатывания пакетов из термосклеивающегося материала, а. с. 189729, 1965.
4. Устройство для образования трубки из ленты упаковочного материала, а. с. 179661, 1965 (соавторы: Депои Л. Л., Шолис Ю. И.).
5. Устройство для формования ленты в трубку, а. с. 207104, 1965.
6. Устройство для термоимпульсной сварки полимерных пленок, а. с. 190551, 1965 (соавторы: Балтруконис Л. И., Раманаускас Э. П.).
7. Устройство для формования трубки из ленты, а. с. 218048, 1966.

8. Устройство для сваривания и разрезания термопластического упаковочного материала при изготовлении из него пакетов, а. с. 201192, 1966 (соавтор Балтруконис Л. И.).

9. Устройство для непрерывной сварки и резки лент термопластического материала, а. с. 239841, 1967.

10. Устройство для формования ленты в трубку, а. с. 221554, 1967.

11. Автомат для изготовления мешков из термосклеивающегося материала, а. с. 266644, 1968.

12. Автомат для изготовления, наполнения продуктом и запечатывания пакетов из термосклеивающегося материала, а. с. 244178, 1968.

13. Устройство для нанесения изображения на ленту, а. с. 264403, 1968 (соавтор Данис Ю. Ю.).

14. Устройство для изготовления, наполнения штучными предметами и запечатывания пакетов из термосклеивающегося материала, а. с. 283884, 1968.

15. Устройство для изготовления, наполнения продуктом и запечатывания пакетов из термосклеивающегося материала, а. с. 294782, 1969 (соавтор Паулюс В. Ю.).

16. Устройство для затаривания сыпучих продуктов, а. с. 254374, 1969 (соавтор Стульгис П. П.).

17. Автомат упаковочный, свид. на пром. образец 1525, 1969 (соавторы: Мажейка Ю. Ю., Дудене Ю. Т., Сипавичюс А. Ю., Ковальченко А. В.).

18. Дозатор для штучных предметов, а. с. 282214, 1969 (соавторы: Лебедис А. П., Шешкевичюс И. С., Каулинис Ю. С., Андрияускас А. А., Сенкуте Р.—А. А., Пошка А. С., Бурлаченко Е. И.).

19. Дозатор, а. с. 300333, 1969 (соавтор Паулаускас Л. А.).

20. Дозатор для трудносыпучих материалов, а. с. 355501, 1970 (соавтор Мацюнас В. Б.).

21. Устройство для изготовления, наполнения продуктом и запечатывания пакетов из термосклеивающегося материала, а. с. 318517, 1970 (соавтор Данис Ю. Ю.).

22. Автомат для изготовления, наполнения продуктом и запечатывания пакетов из ленточного термосклеивающегося материала, а. с. 318518, 1970 (соавторы: Свирбутавичюс М. В., Гузевичюс Р. П.).

23. Устройство для изготовления, наполнения продуктом и запечатывания пакетов из термосклеивающегося материала, а. с.

302282, 1970 (соавторы: Зигманта Е. В., Шешкевичюс И. С., Каулинис Ю. С.).

24. Устройство для нанесения изображения на ленту, а. с. 342792, 1970 (соавторы: Паулюс В. Ю., Данене В. А., Станевичюс Ю. Б.).

25. Устройство для образования трубки из ленты упаковочного материала, а. с. 347248, 1970 (соавторы: Матусевичюс К. С., Румша Р. И.).

26. Устройство для заварки пакетов, а. с. 317532, 1970 (соавторы: Станевичюс Ю. Б., Чепулис К. Ю.).

27. Защитное покрытие, а. с. 312715, 1970 (соавторы: Мачюлис А. Н., Шимайтите В. П., Петрулените И. А., Забукас В. К., Пугина М. И.).

28. Электронагревательный элемент для сварки термопластов, а. с. 325724, 1971 (соавторы: Мачюлис А. Н., Квиклис А. В., Валаткене В. П.).

29. Устройство для нанесения изображения на ленту, свернутую в рукав, а. с. 348392, 1969 (соавтор Данис Ю. Ю.).

30. Устройство для дозирования материалов, а. с. 360555, 1969 (соавтор Паулаускас Л. А.).

31. Устройство для образования трубки из ленты упаковочного материала, а. с. 348433, 1970 (соавтор Паулаускас Л. А.).

32. Дозатор для сыпучих продуктов, а. с. 352136, 1971 (соавторы: Паулаускас Л. А., Станевичюс Ю. Б., Чепулис К. Ю.).

33. Автомат для упаковки продуктов в тару из термосклеивающегося материала, а. с. 367014, 1971 (соавторы: Паулюс В. Ю., Станевичюс Ю. Б.).

34. Автомат для изготовления, наполнения продуктом и запечатывания пакетов из термосклеивающегося материала, заявка 1726989/28-13, 1971 (соавторы: Паулюс В. Ю., Панка Г. В., Станевичюс Ю. Б.).

35. Автомат для изготовления, наполнения продуктом и запечатывания пакетов из термосклеивающегося материала, заявка 1733840/28-13, 1971 (соавторы: Стульгис П. П., Паулюс В. Ю., Панка Г. В.).

**II. Работы, опубликованные в сборнике материалов XX Юбилейной Литовской республиканской научно-технической конференции посвященной 100-летию со дня рождения В. И. Ленина — «Механика», Вильнюс — 1970**

36. Исследование точности дозирования стирального порошка «Ливадия» обычным объемным дозатором (соавторы: Паулаускас Л. А., Сипавичюс А. Ю.).

37. Vibrosutankinimo įtaka dozavimo tikslumui, fasuojant skalbimo miltelius (соавторы: Paulauskas L., Istajevas D. M.).

38. Теория конструирования устройств для образования рукавов из ленточного материала.

39. Исследование устройства для образования рукава с круглым поперечным сечением (соавторы: Койрене А., Буожис Ст.).

### III. Работы, опубликованные в сборнике материалов XXI республиканской научно-технической конференции «Механика — II», Вильнюс — 1971

40. Дозатор автомата АРЖ.

41. Дозатор автомата АР5Ж (соавтор Жидонене Я. П.).

42. Дозатор с вибрирующими стаканами к автоматам АРЖ и АР5Ж для трудносыпучих продуктов (соавтор Мацюнас В. Б.).

43. Дозатор расфасовочно-упаковочного автомата АР8Ж (соавтор Паулаускас Л. А.).

44. Исследование дозатора АРЖ (соавтор Паулаускас Л. А.).

45. Birių medžiagų daugiasrautis dozatorius (соавторы: Ruzgus R., Dockeyičienė В.).

46. Инвариантный расчет устройства для образования рукава с поперечным сечением в виде окружности.

47. Инвариантный расчет устройства для образования рукава с поперечным сечением в виде близкого к эллипсу овала (соавторы: Данис Ю., Паулаускас Л. А.).

48. Инвариантный расчет устройства для образования рукава с поперечным сечением в виде равнобедренного треугольника со скругленными углами.

49. Инвариантный расчет устройства для образования рукава с поперечным сечением в виде равнобокой трапеции со скругленными углами.

50. Инвариантный расчет устройства для образования рукава с поперечным сечением в виде прямоугольника.

51. Karštos ekstruduojamos žarnos suvirinimo klausimais (соавтор Danys J.).

52. Изменение прочности сварных соединений полиэтиленовой пленки при ускоренном старении (соавтор Забукас В. К.).

**IV. Работы, опубликованные в сборнике материалов Литовской республиканской XXII научно-технической конференции — «Механика — III», Каунас — 1972**

53. Гамма расфасовочно-упаковочных автоматов типа АРЖ.

54. Исследование точности дозирования разных сортов круп объемным дозатором (соавторы: Данис Ю. Ю., Шепаров Ю. А., Паулаускас Л. А.).

55. Определение конфигурации направляющей поверхности козырька в устройстве для образования рукава из ленточного материала (соавтор Марчюкайтене А. А.).

56. Угол наклона плоского элемента направляющей поверхности козырька в устройстве для образования круглого рукава из ленточного материала (соавтор Марчюкайтене А. А.).

57. Теория конструирования устройств для образования рукавов с поперечным сечением в виде овала.

58. Угол наклона плоского элемента направляющей поверхности козырька в устройстве для образования овалообразного рукава из ленточного материала (соавтор Марчюкайтене А. А.).

59. Угол наклона плоского элемента направляющей поверхности козырька в устройстве для образования прямоугольного рукава из ленточного материала (соавтор Марчюкайтене А. А.).

60. Угол наклона плоского элемента направляющей поверхности козырька в устройстве для образования трапецеидального или треугольного рукава из ленточного материала (соавтор Марчюкайтене А. А.).

61. Табличный метод конструирования устройств для образования рукавов с поперечным сечением в виде овала.

62. Табличный метод конструирования устройств для образования рукавов с поперечным сечением в виде прямоугольника (соавтор Гвальдене Д. А.).

63. Исследование процесса образования поперечных швов на пакетах из полиэтиленовой пленки в условиях расфасовочно-упаковочных автоматов (соавторы: Валаткене В. П., Мисевичюс В. П.).

64. Исследование процесса сварки полиэтиленовой пленки нагретым воздухом (соавтор Петрулените И. А.).

**V. Работы, опубликованные в сборнике материалов I-ой всесоюзной научной конференции «Основные задачи теории конструирования и исследования упаковочных автоматов» — «Упаковочные автоматы — I», Каунас — 1972**

65. Задачи теории конструирования и исследования расфасо-

вочно-упаковочных автоматов, работающих по бестарной схеме, и некоторые результаты решения этих задач.

66. Некоторые факторы влияющие на точность объемного дозирования сахара-песка (соавтор Паулаускас Л. А.).

67. Определение продолжительности заполнения сыпучим продуктом мерных емкостей объемного дозатора (соавтор Паулаускас Л. А.).

68. Обзор теорий конструирования рукавообразователей к упаковочным автоматам и ближайшие задачи исследований в данной области.

69. О выборе кривой пересечения цилиндрической части круглого рукавообразователя и его козырька (соавтор Марчюкайтене А. А.).

70. Частный случай кривой формующего контура круглого рукавообразователя (соавтор Марчюкайтене А. А.).

71. Исследование операций сваривания трехслойного упаковочного материала (соавторы: Валаткене В. П., Панка Г. В.).

72. Исследование устройства для образования продольного шва на пакетах из полиэтиленовой пленки (соавтор Петрулените И. А.).

## **VI. Работы, опубликованные в других изданиях**

73. Сварка и резка полиэтиленовой пленки раскаленной проволокой (соавтор Туомас Г. П.). Производство и переработка пластмасс, синтетических смол и стеклянных волокон, информационный бюллетень № 2, Москва, 1963.

74. Расчет устройства для формования трубки из ленточного материала на упаковочных автоматах малой и средней производительности. Техническая информация, машино- и станкостроение, Вильнюс, 1966, № 24.

75. Исследование скоростной сварки полиэтиленовой пленки (соавторы: Кучинскас В. К., Шимайтите В. П., Пугина М. И., Петрулените И. А., Данис Ю. Ю., Мачюлис А. Н.). Материалы XI республиканской научно-технической конференции «Полимерные материалы и их исследование», Каунас, 1969.

76. Расфасовочно-упаковочные автоматы типа АРЖ. Машиностроение для пищевой промышленности, выпуск 5, Москва, 1970.

77. Отечественные расфасовочно-упаковочные автоматы. Материалы всесоюзного совещания по механизации процессов фасовки, упаковки и этикетирования в производстве химических реактивов и особо чистых веществ (г. Шостка, 1969), Москва, 1970.

78. Отечественные расфасовочно-упаковочные автоматы. Материалы второй прибалтийской конференции по вопросам тары и упаковки пищевых продуктов и предметов народного потребления, Таллин, 1970.

79. Некоторые особенности разрушения сварных соединений полиэтиленовой пленки (савторы: Забукас В. К., Мачюлис А. Н.). Механика полимеров, Рига, 1971, № 3.

Министерство высшего и среднего специального образования Украинской ССР

Одесский технологический институт пищевой промышленности  
им. М. В. Ломоносова

Автореферат диссертации «НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ МАШИН ДЛЯ ФАСОВКИ ПИЩЕВЫХ  
ПРОДУКТОВ В ПЛЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

Отв. редактор канд. техн. наук В. П. МИСЕВИЧЮС

---

Подписано к печати 1973.III.16. ЛВ 00354. Бумага 60x90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
1,9 печ. листа. Тираж 200 экз.

---

Отпечатано в типографии технологического техникума объединения хозрасчетных  
учебных предприятий «Практика» Каунасского филиала. Каунас, Пяргалес  
крангине 20, заказ № 247.