

Министерство образования Украины
Киевский технологический институт пищевой промышленности

На правах рукописи

САВЧЕНКО Валентин Валентинович

РАЗРАБОТКА МЕТОДИК РАСЧЕТА ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ
МАШИН ДЛЯ УКЛАДЫВАНИЯ ФАСОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ
В ТАРУ

Специальность 05.02.14 - Машины и агрегаты пищевой
промышленности

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

Киев - 1992



00825642 (R)

Работа выполнена в Киевском технологическом институте
пищевой промышленности.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
КРИВОПЛЯС А.П.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
ПУШАНКО Н.Н.
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
СУХОЙ Л.А.

Ведущая организация - производственное объединение макаронной
промышленности Украины

Защита состоится "17 декабря 199 г. в 14 часов
на заседании специализированного Совета Д.068.17.04 Киевского
технологического института пищевой промышленности по адресу:
252017, г.Киев-17, ул.Владимирская, 68, ауд.А-311.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.
Автореферат разослан "12 ноября 1992 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета,
кандидат технических наук,
доцент

Н.И.Сороколит

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. На многих предприятиях пищевой промышленности при выполнении операций укладывания фасованных пищевых продуктов в тару задействовано до трети рабочих, занятых в основном производстве, что снижает его эффективность и повышает себестоимость выпускаемой продукции.

С другой стороны, наличие значительных производственных мощностей предприятий, предназначенных для выпуска однотипных пищевых продуктов, фасованных в потребительскую тару, приводит к необходимости создания многопоточных линий, на завершающей стадии которых предпочтительнее устанавливать одну укладочную машину.

Однако недостаточная проработка научно-обоснованных методик расчета исполнительных механизмов укладочных машин с учетом специфики применения того или иного привода сдерживает дальнейшее развитие высокоэффективной техники для механизации концевых операций.

Цель работы. Разработка методик расчета исполнительных механизмов машин для укладывания фасованных пищевых продуктов в тару.

Основные задачи работы состоят в следующем:

- определить законы движения, которые возможно реализовать при помощи пневмопривода с целью дальнейшего их применения в исполнительных механизмах укладочных машин;

- разработать методику расчета и выбора рабочих параметров сталкивающих механизмов с пневмоприводом для вариантов постоянного и ступенчато изменяющегося внешнего нагружения на толкатель;

АНС Им. В. Стефанни
АН УРСР

- разработать методику расчета и выбора параметров узла формирования штабеля: определить рациональные параметры механизма раздвижения створок с учетом возникающих при его работе нагрузок и осуществить расчет пневмопривода данного механизма; произвести расчет пневмопривода механизма подъемно-опускного стола с учетом специфики его работы; совместить по времени цикла работы исполнительных механизмов формирования штабеля;

- разработать методику расчета и выбора рациональных параметров устройства для группирования и подачи штучных грузов и устройства для объединения нескольких потоков штучных грузов;

- экспериментально проверить адекватность математических моделей физическим процессам, происходящим при формировании структурных элементов пакета на примере сталкивающихся механизмов (постоянное нагружение на толкатель) и механизма подъемно-опускного стола (ступенчато изменяющееся нагружение), а также экспериментально исследовать температурные и временные режимы склеивания клапанов пачек при различных сочетаниях склеивающего вещества, определить пропускную способность элементов и систем пневмопривода.

Объект исследований. В качестве объекта исследований выбраны операции группирования и укладки грузов, а также механизмы и устройства, реализующие эти операции.

Методика исследований. В диссертационной работе выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований. Теоретические исследования базировались на основе математического моделирования исследуемых процессов с применением основных положений динамики твердого тела, классической механики, динамики пневмопривода, теории дифференциальных уравнений и привлечением электронно-вычислительной техники.

Экспериментальные исследования проводились на разработанных и изготовленных лабораторных установках, оснащенных современными измерительными приборами, с применением методов фотограмметрии и математической статистики.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- созданы математические модели для решения задачи динамического синтеза пневмопривода путем реализации заданного закона движения поршня;

- предложены функции, характеризующие движение поршня и предусматривающие сглаживание ударных процессов в пневмоприводе, что позволяет плавно изменять его рабочие параметры;

- предложено научное обоснование выбора рабочих параметров пневмопривода исполнительных механизмов при постоянном и при ступенчато изменяющемся внешнем нагружении на поршень с учетом заданного закона движения последнего;

- исследованы геометрические и кинематические параметры механизма раздвижения створок, устройства для группирования и подачи штучных грузов и устройства для объединения нескольких потоков штучных грузов с учетом специфики использования пневмопривода.

Практическая ценность. Полученные результаты исследований позволяют:

- выбрать исполнительные механизмы для реализации необходимых операций с учетом технологической схемы формирования пакета штучных грузов;

- задать закон движения перемещаемых штучных грузов в зависимости от расположения исполнительных механизмов в технологической цепи;

- определить рациональные геометрические параметры меха-

низмов с учетом габаритных размеров штучных грузов;

- рассчитать рабочие параметры пневмопривода для представленных в работе механизмов;

- уменьшить разницу между максимальным и минимальным временем срабатывания приводов при ступенчато изменяющемся внешнем нагружении;

- осуществить проектирование нагревательных камер в соответствии с временными и тепловыми параметрами просушивания клапанов пачек.

Достоверность работы. Достоверность результатов исследований, научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается применением современных методов теоретических и экспериментальных исследований, использованием современной измерительной аппаратуры во время проведения опытов и подтверждается совпадением расчетных и экспериментальных данных (максимальное расхождение до 15 %).

Реализация результатов работы. Результаты работы были использованы:

- Киевским НПО "Спектр" при разработке и проектировании линии Ш25-ЛУБ для укладывания пачек с макаронными изделиями в тару-оборудование и линии ОЗП-34 для укладывания блоков пачек с табачными изделиями в транспортную тару;

- Артемовским УкрНИИСоли при разработке линии ЛУС для укладывания промышленных упаковок фасованной соли в картонные ящики и пакетоформирующей машины ПС для групповых упаковок фасованной соли.

Согласно расчетам экономический эффект от внедрения 20 линий Ш25-ЛУБ составляет 352 тыс. рублей в ценах на январь 1991 года при долевом участии автора 15 %, т.е. 52,8 тыс. рублей, а

от внедрения 17 линий ОЗП-34 - 223 тыс.рублей в ценах на февраль 1987 года при долевом участии автора 10 %, т.е. 22,3 тыс. рублей.

Материалы диссертационной работы использовались в учебном процессе на механическом факультете КТИПП при разработке методических указаний для выполнения курсовых проектов, при создании учебного видеофильма по дисциплине "Механизация погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ", а также при методическом обеспечении дисциплины "Пневматические приводы".

Апробация работы. Диссертация доложена и одобрена на заседании кафедры "Детали машин" Киевского технологического института пищевой промышленности.

Основные разделы работы были доложены и обсуждены на Шестой Всесоюзной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов соляной промышленности "Повышение эффективности процессов добычи и переработки соли" (г.Артемовск, 1968г.), Республиканских научно-технических конференциях "Технический уровень предприятий перерабатывающей промышленности Госагропрома УССР и качество выпускаемой продукции" (г.Кировоград, 1989 г.) и "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающую отрасли АПК" (г.Киев, 1991 г.), научно-технической конференции молодых ученых и специалистов "Вопросы повышения эффективности сахарного производства" (г.Яготин, 1989 г.) и ежегодных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава института (г.Киев, КТИПП, 1988-1992 гг.).

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 12 печатных работ, в том числе 2 авторских свидетельства на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести разделов, выводов, приложений и списка литературы из 97 наименований отечественных и зарубежных источников. Изложена на 158 страницах основного текста, содержит 86 рисунков, 25 таблиц и 4 приложения.

Во введении обоснована тема диссертационной работы, показана актуальность проблемы механизации концевых операций в пищевой промышленности и специфика проектирования исполнительных механизмов укладочных машин, отмечена недостаточная научная проработка методик расчета этих механизмов, перечислены основные теоретические и экспериментальные исследования, проведенные в последующих разделах, указаны принципы построения методики исследований.

В первом разделе представлен анализ технологических схем линий укладывания, работающих от двух и более фасовочных автоматов, и приведена их классификация. На основании анализа 47 конструкций укладочных машин отечественного и зарубежного производства выделены основные технологические операции при формировании структурных элементов пакета штучных грузов и указаны способы осуществления этих операций, что нашло отражение в соответствующей классификации.

Проведенный анализ конструктивных решений исполнительных механизмов укладочных машин позволил выделить четыре типовые группы этих механизмов, а также показал, что наиболее распространенными являются механизмы сталкивания, подъемно-опускного стола, раздвижения створок, кантователи с применением пневматического привода, которым оснащены от 50 до 100 % конструкций машин. В линиях укладывания, работающих от двух и более фасовочных автоматов, с целью повышения производительности укладочных машин

применяются устройства для предварительного формирования структурных элементов пакета штучных грузов, снабженные, как правило, одним приводом.

Преимущественное использование пневмопривода в укладочных машинах требует разработки соответствующей теоретической базы для расчета и выбора его рабочих параметров. Однако анализ научных работ по исследованию операций формирования структурных элементов пакета показал преобладание трудов, в которых исследуются свойства штучных грузов, их перемещение и взаимодействие с рабочими органами (К.Е.Ивановский, А.С.Оболенский, Ю.В.Бурляй, А.Э.Ридель, В.П.Бобров и др.).

Вопросы общей теории расчета пневматического привода представлены в сравнительно ограниченном объеме (Е.В.Герц, Г.В.Крейнин, К.С.Солнцева, А.Н.Ривкин и др.), а работы, посвященные использованию пневмопривода в укладочных машинах, практически отсутствуют (А.И.Волчко, В.Б.Захаревич).

В соответствии с вышеизложенным возникает необходимость разработать методики расчета следующих механизмов с пневмоприводом (рис.1):

- сталкивающего механизма (рис.1,а);
- механизмов раздвижения створок (1) и подъемно-опускного стола (2) (рис.1,б);
- устройства для группирования и подачи штучных грузов (рис.1,в);
- устройства для объединения нескольких потоков штучных грузов (рис.1,г).

Последовательность изложения приведенных в работе исследований продиктована удобством рассмотрения теоретических вопросов.

Во втором разделе проведен анализ законов движения, пригод-

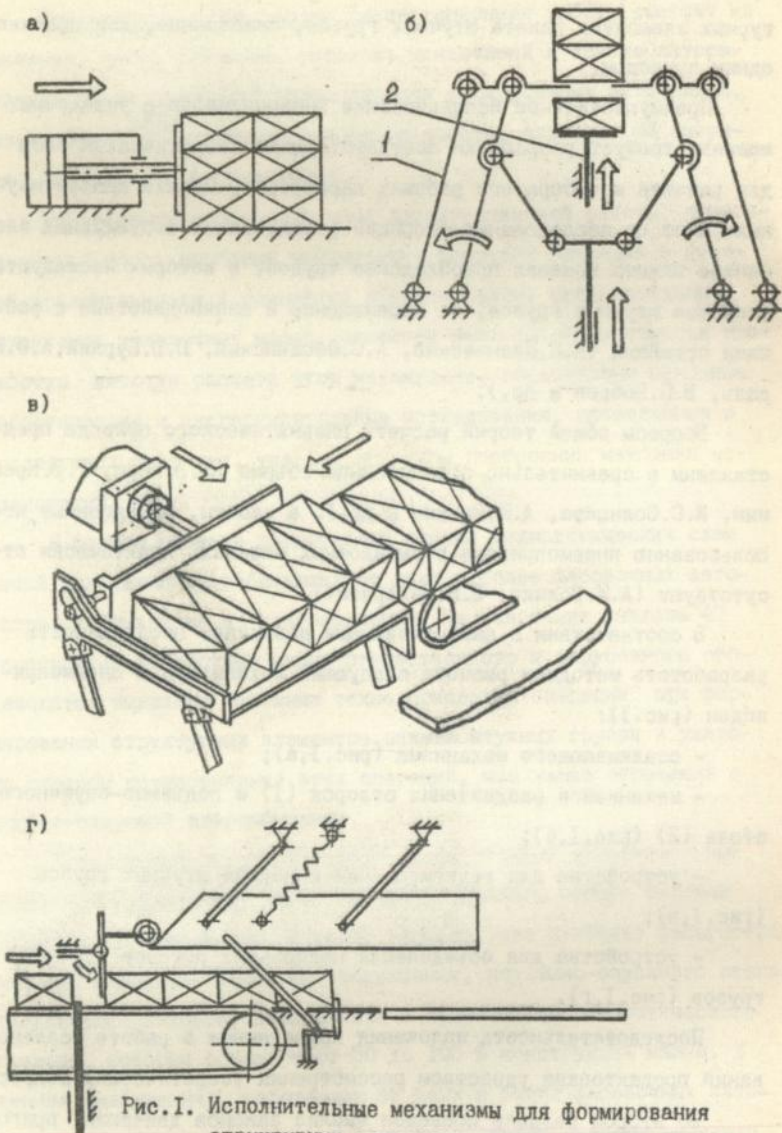


Рис. I. Исполнительные механизмы для формирования структурных элементов пакета штучных грузов.

ных для реализации пневмоприводом и предложена методика расчета и выбора рабочих параметров пневмопривода сталкивающихся механизмов при постоянном и ступенчато изменяющемся внешнем нагружении на толкатель.

При этом принимались следующие допущения и предположения: перемещаемый груз является твердым телом, имеющим форму параллелепипеда, равномерно заполнен однородным продуктом, центр массы перемещаемого груза совпадает с его геометрическим центром; в местах контакта перемещаемого груза с рабочими органами и несущими поверхностями распределенные нагрузки заменены сосредоточенными силами; коэффициенты трения покоя и скольжения являются постоянными и равными величинами; слой (ряд, штабель, пакет) штучных грузов принимаем как единое целое; влияние теплообмена между сжатым воздухом и окружающей средой, а также колебания магистрального давления в пневмосети не учитываются.

В пневмоприводах двухстороннего действия, наиболее распространенных в укладочных машинах, особое внимание уделяют расчету прямого хода поршня, во время которого осуществляется перемещение штучных грузов. Время прямого хода состоит из времени подготовительного периода t_1 и времени рабочего хода t_d .

Различают пневмоприводы с начальным (рис. 2, а) и без начального (рис. 2, б) перепада давлений воздуха на поршне. Решить задачу динамического синтеза пневмопривода путем реализации заданного закона движения поршня с целью получения требуемых кинематических параметров перемещаемого груза можно дросселированием воздуха входным, выхлопным или обоими отверстиями одновременно для каждого из указанных типов пневмопривода.

Наиболее удобным ввиду простоты управления, приемлемого времени подготовительного периода (до 10 %) и возможности примене-

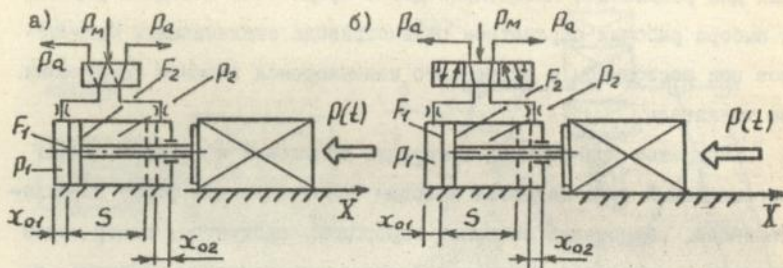


Рис. 2. Схемы пневмопривода: а) с начальным перепадом давлений воздуха на поршне; б) без начального перепада давлений воздуха на поршне.

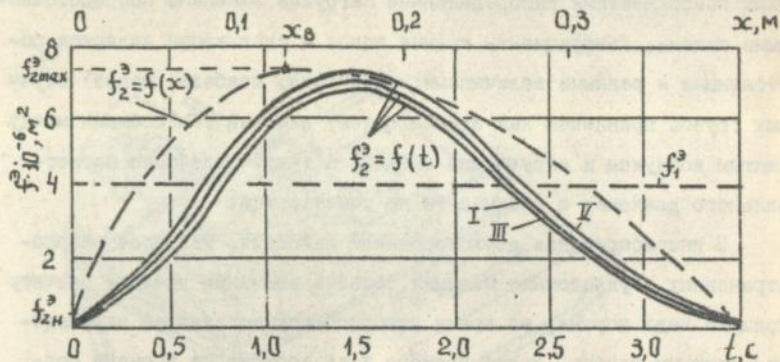


Рис. 3. Зависимость эффективной площади выходного отверстия от времени (решение задачи динамического синтеза пневмопривода) и перемещения.

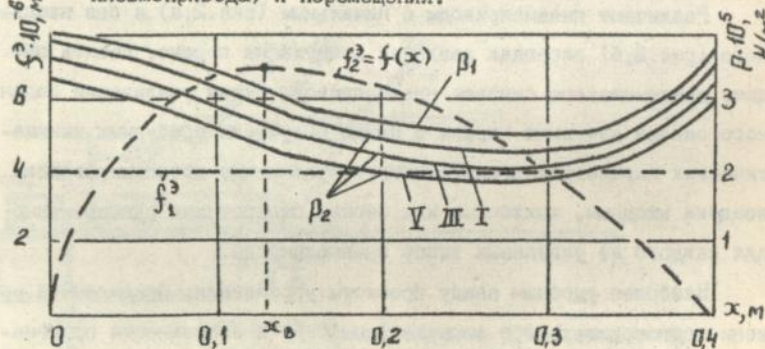


Рис. 4. Графики изменения рабочих параметров пневмопривода, построенные в результате решения задачи динамического анализа пневмопривода при $f_2^3 = f(x)$.

ния в большом диапазоне нагрузок представляется использование пневмопривода с начальным перепадом давлений воздуха на поршне при дросселировании воздуха выхлопным отверстием, который был задействован при решении последующих задач.

Изменение рабочих параметров пневмопривода описывается известной системой уравнений механики и термодинамики

$$m\ddot{x} = p_1 F_1 - p_2 F_2 - P(t); \quad (1)$$

$$\dot{p}_1 = \frac{k}{x_{o1} + x} \left[\frac{f_1^3 K \rho_m \sqrt{RT_m}}{F_1} \varphi(\beta_1) - p_1 \dot{x} \right]; \quad (2)$$

$$\dot{p}_2 = \frac{k}{S + x_{o2} - x} \left[- \frac{f_2^3 K \rho_2^{(3k-1)/2k} \sqrt{RT_m}}{F_2 \rho_m} \varphi\left(\frac{\beta_2}{\beta_a}\right) + p_2 \dot{x} \right], \quad (3)$$

где m - приведенная к поршню масса подвижных частей механизма и перемещаемых грузов; x - координата поршня; p_1 и p_2 - давление воздуха в рабочей и выхлопной полостях; F_1 и F_2 - площади торцов поршня в рабочей и выхлопной полостях; $P(t)$ - результирующая всех сил сопротивления движению поршня; k - показатель адиабаты; f_1^3 и f_2^3 - эффективные площади входного и выхлопного отверстий; ρ_m и ρ_a - давление в магистрали и атмосферное давление; R - универсальная газовая постоянная; S - расстояние, на которое перемещается поршень; x_{o1} и x_{o2} - приведенные начальная и конечная координаты положения поршня; $K = \sqrt{2k/(k-1)}$; $\varphi(\beta_1)$ и $\varphi\left(\frac{\beta_2}{\beta_a}\right)$ - функции расхода воздуха для рабочей и выхлопной полостей.

Задача динамического синтеза пневмопривода решается подстановкой уравнения движения поршня (груза) в выражения (2), (1) и (3) и их последовательным решением. В итоге определяются параметры p_1 и \dot{p}_1 , p_2 и \dot{p}_2 , f_2^3 , что позволяет изменять давление в выхлопной полости с учетом заданных кинематических параметров перемещаемого груза.

Однако прежде, чем приступить к решению задачи динамического синтеза пневмопривода, необходимо учесть возможность практической реализации того или иного закона движения.

Проведенный в работе анализ показал, что функция, описывающая движение поршня, должна быть плавной и не иметь разрывов (из-за невыполнения этих условий нельзя, например, реализовать пневмоприводом оптимальные по быстродействию законы движения). Использование различных функций для описания одного закона движения возможно лишь в том случае, если в месте сшивки они имеют общую касательную.

Невозможность реализовать пневмоприводом оптимальный по быстродействию закон движения обусловил поиск закона движения, приближенного к оптимальному по быстродействию. Решение такой задачи сводится к решению оптимизационной задачи с начальными условиями, не равными нулю, и последующим сглаживанием разрывной функции в момент отключения движущей силы Q . При этом предусматривается безударная основка грузов в конечной позиции.

Движение поршня (груза) состоит из четырех этапов:

I этап - начальный, ($Q \leq Q_{max}$);

II этап - интенсивного разгона, ($Q_{max} = const$);

III этап - переходный, ($Q_{max} \geq Q \geq 0$);

IV этап - интенсивного торможения ($Q = 0$), где Q_{max} - максимальная движущая сила, развиваемая толкателем, а $Q(x)$ - функция, характеризующая изменение движущей силы.

Для каждого из этапов определены уравнения движения в зависимости от переменной x . Например, для II этапа они имеют вид

$$\ddot{x}_{II} = \frac{Q_{max}}{m_{cp}} - g f; \quad (4)$$

$$\dot{x} = \sqrt{\dot{x}_{II}^2 + 2 \left(\left(\frac{Q_{max}}{m_{cp}} - g f \right) (x - x_{IIH}) \right)}, \quad (5)$$

где $m_{гр}$ - масса перемещаемого груза; f - коэффициент трения между опорной поверхностью груза и плоскостью перемещения; x_{II} - начальная координата для II этапа; g - ускорение силы тяжести.

При задании рабочему органу закона движения, выбранного по условию обеспечения требуемой производительности (такой закон более распространен, чем оптимальный по быстрдействию закон движения) необходимо также обеспечить безударную остановку грузов. Осуществлена реализация такого закона движения на примере синусоидальной зависимости ускорения \ddot{x} поршня от времени t . При этом конечные уравнения имеют вид

$$\ddot{x} = A \sin(at); \quad (6)$$

$$\dot{x} = \frac{S}{t_{II}} (1 - \cos(at)); \quad (7)$$

$$x = S \left(\frac{t}{t_{II}} - \frac{1}{2\pi} \sin(at) \right), \quad (8)$$

где

$$A = \frac{2\pi S}{t_{II}^2}; \quad a = \frac{2\pi}{t_{II}}.$$

На основании статистических данных определена зависимость между временем подготовительного периода t_I и временем рабочего хода t_{II} , которая выражается как

$$t_I = d t_{II}^3, \quad (9)$$

где d - коэффициент пропорциональности.

В работе приведена методика определения коэффициента пропорциональности d , что позволяет избежать трудоёмкого процесса подбора величин t_I и t_{II} при заданном времени прямого хода.

При ступенчато изменяющемся нагружении на привод (формирование ряда, слоя, штабеля) время срабатывания привода и конечная скорость перемещаемых грузов могут значительно отличаться ввиду большой разницы между максимальным и минимальным нагружением.

Первый этап расчета подобных механизмов состоит из решения задачи динамического синтеза пневмопривода для каждого варианта

нагружения, результатом которого является получение набора функций $f_2^3 = f(t)$, которые представлены на рис.3, где I, III и У - варианты нагружения на толкатель при формировании пакета, имеющего пять штабелей. Путем аппроксимации этих функций определяется некоторая усредненная функция $f_2^3 = f(x)$, состоящая из двух направленных вниз ветвей различных парабол с общей вершиной, уравнение которых может быть записано как

$$f_2^3 = ax^2 + bx + c, \quad (10)$$

где a , b и c - постоянные коэффициенты для соответствующей ветви параболы.

Данная функция проходит через три характерные точки с координатами:

I. $(0; f_{2H}^3)$ - соответствует начальному положению поршня при $x = 0$;

II. $(x_s; f_{2max}^3)$ - точка сшивки функций $f_2^3 = f_1(x)$ и $f_2^3 = f_2(x)$;

III. $(S; 0)$ - соответствует конечному положению поршня при $x = S$, где f_{2H}^3 и f_{2max}^3 - соответственно начальное и максимальное значение параметра f_2^3 ; x_s - координата поршня при f_{2max}^3 .

Коэффициенты искомой функции определяются как

$$a = \frac{y_1 - y_2}{x_1^2 + x_2^2 - 2x_1x_2}; \quad (11)$$

$$b = -2ax_2; \quad (12)$$

$$c = y_1 - ax_1^2 - bx_1, \quad (13)$$

где x_1 и y_1 - координаты первой и третьей характерных точек соответственно для $f_2^3 = f_1(x)$ и $f_2^3 = f_2(x)$; x_2 и y_2 - координаты точки сшивки (вершины).

Второй этап расчета состоит из решения задачи динамического анализа пневмопривода для каждого варианта нагружения (совместное решение уравнений (1)-(3) с учетом полученной функции $f_2^3 = f(x)$), в результате которого определяются рабочие параметры

пневмопривода (рис.4).

Для упрощения расчета пневмопривода сталкивающихся механизмов как с постоянным, так и со ступенчато изменяющимся внешним нагружением был проведен дробно-факторный эксперимент и получены конечные полиномиальные уравнения для определения координат вершины обеих ветвей параболы, на основании которых из уравнений (II)-(I3) находились выражения, описывающие изменение параметра f_2^3 от x .

Третий раздел посвящен исследованию узла формирования штабеля, разработке методик расчета пневмоприводов механизма раздвижения створок и механизма подъемно-опускного стола.

Механизм раздвижения створок представляет собой рычажный шестизвенник (рис.5), состоящий из стойки 0, штока I, шатуна 2, пары коромысел 3 и 4 и шатуна (створки) 5.

Перемещение поршня пневмопривода в зависимости от длин звеньев можно представить как

$$y = a l_3 \sin \arccos \frac{e_1 + e_2 - b l_5 - x}{l_3} - l_2 \sin \arccos \frac{e_2 (1-a) + a (b l_5 + x - e_1)}{l_2}, \quad (14)$$

а величина хода поршня

$$H = y_k - y_n, \quad (15)$$

где l_2, l_3 и l_5 - длины звеньев 2, 3 и 5; a - коэффициент пропорциональности, учитывающий положение точки E на звене 3; b - коэффициент пропорциональности, характеризующий консольную часть звена 5; e_1 и e_2 - постоянные величины; x - перемещение центра масс створки вдоль оси Oх; y_n и y_k - начальная и конечная координаты поршня.

Перемещение центра масс звена 5 можно записать в виде

$$x = e_1 + e_2 - b l_5 - l_3 \cos \arcsin \frac{y + l_2 \sin \left(\arcsin \frac{a l_3 \sin \arccos A}{\sqrt{e_2^2 + y^2}} - \arcsin \frac{y}{\sqrt{e_2^2 + y^2}} \right)}{a l_3}, \quad (16)$$

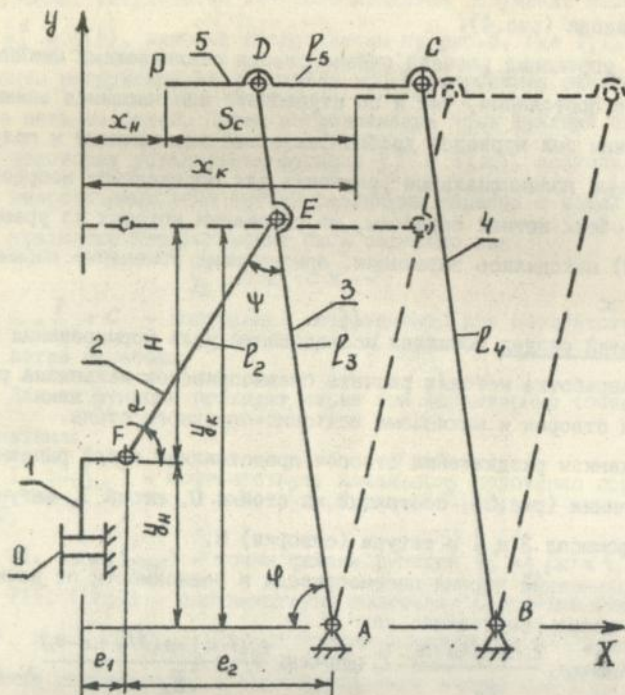


Рис. 5. Рычажный створчатый механизм.

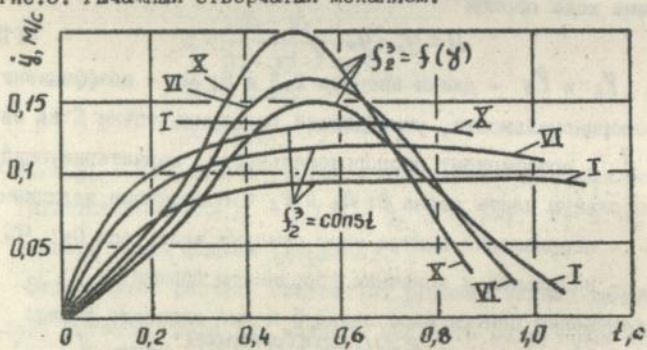


Рис. 6. Сравнительный график скорости звена привода (поршня) при $f_2^3 = f(y)$ и $f_2^3 = const.$

где

$$A = \frac{\ell_2^2 + a^2 \ell_3^2 - y^2 - e_2^2}{2 a \ell_2 \ell_3}$$

Величина отклонения створок

$$S_c = x_k - x_H, \quad (17)$$

где x_H и x_k - начальное и конечное положение точки P звена B относительно оси S_y .

При помощи уравнений (14) и (16) можно определить ход поршня при заданном отклонении створок, а также решить обратную задачу - рассчитать отклонение створок при выбранном ходе поршня. Возможно также совмещение обеих задач - подбор длин звеньев и других кинематических параметров при выбранных H и S_c .

При исследовании механизма раздвижения створок определена величина минимального технологического зазора между створками и грузами подъемно-опускного стола, даны рекомендации по выбору начального φ_H и конечного φ_k углов наклона коромысел, указано предпочтительное место соединения звеньев 2 и 3 механизма.

В связи с тем, что отношение скоростей центров масс звеньев переменное, для расчета пневмопривода необходимо осуществить приведение к поршню масс подвижных звеньев, а также сил, влияющих на работу пневмопривода.

Приведенная масса определялась из условия равенства кинетической энергии механизма сумме кинетических энергий всех его подвижных звеньев

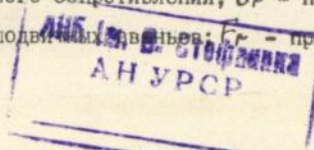
$$m_{пр} = \frac{\sum T_i V_{S_i}^2}{2} \quad (18)$$

где T_i - кинетическая энергия i -го звена; V_{S_i} - скорость центра масс звена приведения (поршня).

Приведенная к поршню сила имеет вид

$$P(t) = Q_r + G_r + F_r \quad (19)$$

где Q_r - приведенная сила полезного сопротивления; G_r - приведенная сила от сил тяжести подвижных звеньев; F_r - приве-



денная сила вредного сопротивления (трения).

Для определения сил Q_r , G_r и F_r использовалось условие равенства соответствующей мгновенной мощности сумме мгновенных мощностей приводимых сил и моментов.

Движение поршня пневмопривода механизма раздвижения створок состоит из трех этапов:

I этап. Разгон поршня при воздействии штабеля на створки;

II этап. Торможение поршня при воздействии штабеля на створки;

III этап. Торможение поршня без воздействия штабеля.

Методика расчета пневмопривода данного механизма состоит из последовательного решения задач динамического синтеза и динамического анализа с учетом промежуточной зависимости $\dot{y}_2^2 = f(y)$, использование которой позволяет значительно снизить конечную скорость поршня для всех вариантов нагружения (рис.6).

Механизм подъемно-опускного стола можно рассматривать как механизм вертикального толкателя с учетом некоторых особенностей: на этапе разгона ускорение штабеля $a_{шт}$ не должно превышать некоторого значения a_p , при котором возможно разрушение штабеля ($a_{шт} < a_p$); на этапе торможения необходимо обеспечить безотрывность штабеля от стола ($a_t < g$), где a_t - ускорение на этапе торможения.

Повысить производительность узла формирования штабеля можно путем совмещения по времени циклов работы механизмов раздвижения створок и подъемно-спускного стола.

В четвертом разделе исследованы устройства для предварительного формирования структурных элементов пакета: устройство для группирования и подачи штучных грузов (рис. I, в) и устройство для объединения нескольких потоков штучных грузов (рис. I, г).

Создана методика расчета этих устройств с учетом специфики применения пневмопривода.

Предварительное формирование структурных элементов пакета позволяет увеличить временной интервал между штучными грузами и повысить производительность укладочной машины. В некоторых случаях удастся избежать операции выделения ряда (слоя) из общего грузопотока, что важно для грузов, легко поддающихся деформации при незначительных динамических воздействиях (например, блоки пачек с табачными изделиями).

Определены рациональные параметры звеньев исследуемых устройств в зависимости от габаритов штучных грузов. При расчете пневмопривода осуществлено приведение масс и сил к его поршню из перечисленных в третьем разделе условий.

При проектировании устройства для группирования и подачи штучных грузов необходимо обеспечить неподвижность грузов относительно плоскости стола-накопителя, постоянный взаимный контакт ролика и копира. Сталкивание грузов на плоскость формирования (приемную площадку) должно осуществляться только после того, как все звенья устройства будут неподвижны.

Прямой ход поршня может осуществляться без остановки и с остановкой последнего в момент стыковки стола-накопителя и приемной площадки. В работе приведены графики изменения рабочих параметров пневмопривода для обоих случаев.

Отличительной особенностью при определении силы полезного сопротивления в устройстве для объединения нескольких потоков штучных грузов является её наличие на всех шести рассмотренных этапах движения.

Пятый раздел посвящен экспериментальным исследованиям по определению исходных параметров, входящих в математические мо-

дели и проверке адекватности полученных математических моделей реальным процессам.

Для проведения экспериментальных исследований были спроектированы, изготовлены и смонтированы экспериментальные установки.

Результаты экспериментальных исследований обработаны при помощи методов математической статистики и сравнивались с результатами аналитических расчетов, выполненных при одинаковых с экспериментами исходными данными.

В результате экспериментальных исследований по определению температурных и временных режимов склеивания клапанов пачек установлено, что оптимальные температурные режимы находятся в пределах $175-200^{\circ}\text{C}$. Это соответствует нагревательным камерам длиной до 500 мм и временем пребывания пачек в зоне нагрева 10-15 с. Проведенные опыты доказывают нецелесообразность использования температур ниже 150°C . Результаты экспериментальных исследований приведены на рис.7.

При определении пропускной способности элементов и систем пневмопривода исследованию подвергались диафрагмы с цилиндрическими отверстиями, регулируемый дроссель и система подвода воздуха. Полученные результаты использовались при проверке соответствия аналитических и экспериментальных данных для пневмоприводов сталкивающего механизма (постоянное нагружение на толкатель) (рис.8) и механизма подъемно-опускного стола (ступенчато изменяющееся нагружение). В первом случае расхождение составило 7,5 %, во втором - 14,5 %, что позволяет сделать заключение об адекватности математических моделей реальным физическим процессам.

Реализации результатов исследований посвящен шестой раздел. В нем изложены основные особенности проектирования рассмотренных в работе исполнительных механизмов для формирования структурных

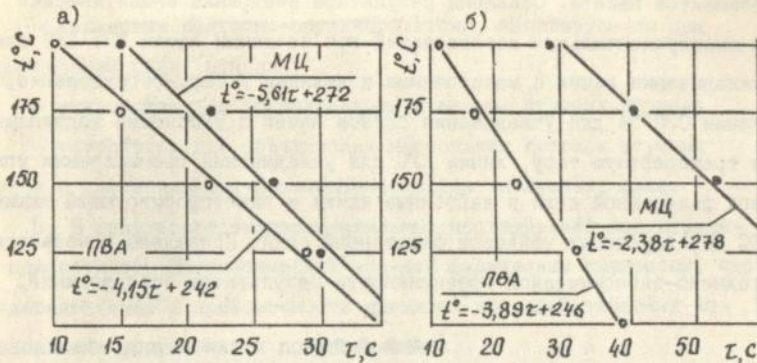


Рис. 7. Время склеивания клапанов пачек:
 а) при выдержке в нагревательной камере;
 б) при выдержке в нагревательной камере в течение $\tau = 8$ с с последующим приложением внешней силы $F = 2$ Н при $t = 20^\circ \text{C}$.

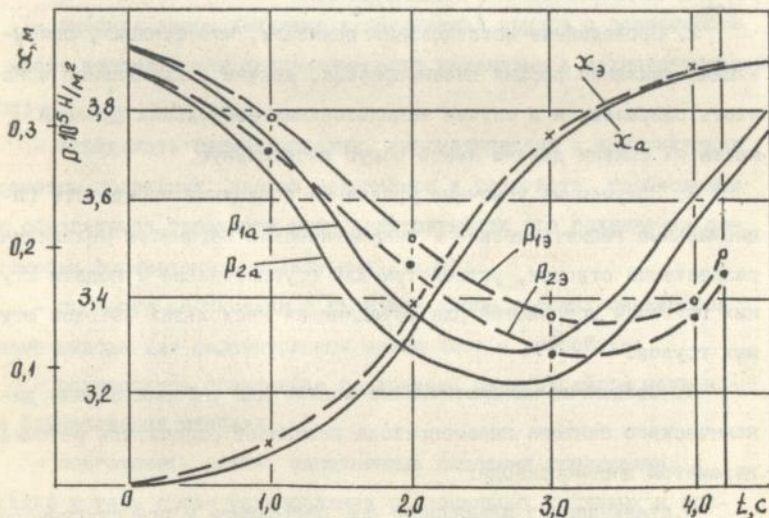


Рис. 8. Изменение расчетных и экспериментальных параметров процесса перемещения штучных грузов сталкивающим механизмом с пневмоприводом при: $S = 0,35$ м; $t = 4,5$ с; $m_{2p} = 21,6$ кг.

элементов пакета. Освещены результаты внедрения аналитических и экспериментальных исследований при создании линии Ш25-ЛУБ для укладывания пачек с макаронными изделиями в тару-оборудование, линии ОЗП-34 для укладывания блоков пачек с табачными изделиями в транспортную тару, линии ЛУС для укладывания промышленных упаковок фасованной соли в картонные ящики и пакетоформирующей машины ПС для групповых упаковок фасованной соли. Приведены показатели технико-экономической эффективности результатов исследований.

В ы в о д ы

Основные выводы заключаются в следующем:

1. Разработку новых методик расчета исполнительных механизмов укладочных машин целесообразно проводить с использованием методов математического моделирования.

2. Проведенные исследования показали, что функция, описывающая движение поршня пневмопривода, должна быть плавной и не иметь разрывов, а в случае использования нескольких функций места их сшивки должны иметь общую касательную.

3. Полученные конечные уравнения позволяют определить рациональные геометрические и кинематические параметры механизма раздвижения створок, устройства для группирования и подачи штучных грузов и устройства для объединения нескольких потоков штучных грузов.

4. Созданные математические модели для решения задачи динамического синтеза пневмопривода позволяют рассчитать рабочие параметры пневмопривода:

- сталкивающихся механизмов при постоянном и при ступенчато изменяющемся внешнем нагружении на толкатель при формировании ряда, слоя, штабеля, пакета;
- механизма раздвижения створок при формировании штабеля;

- механизма подъемно-опускного стола, используемого при формировании ряда, штабеля;

- устройства для группирования и подачи штучных грузов;

- устройства для объединения нескольких потоков штучных грузов с одновременным формированием ряда, полуслоя, слоя.

5. В результате экспериментальных исследований подтверждена адекватность математических моделей физическим процессам, что свидетельствует о правомочности принятых при аналитических исследованиях допущениях и предположениях.

6. Применение результатов исследований позволяет:

- осуществить обоснованный выбор исполнительных механизмов для реализации необходимых операций с учетом технологической схемы формирования пакета штучных грузов;

- выбрать закон движения перемещаемых грузов в зависимости от места расположения исполнительного механизма в технологической цепи;

- определить геометрические, кинематические и динамические параметры подвижных звеньев механизмов и устройств, необходимые для обеспечения требуемой производительности при сохранении целостности формируемых структурных единиц;

- провести обоснованный расчет и выбор рабочих параметров пневмопривода для рассмотренных механизмов и устройств;

- осуществить совмещение по времени циклов работы механизмов формирования штабеля;

- подготовить пачки, заполненные пищевыми продуктами, к укладке в тару путем установления рациональных тепловых и временных параметров нагревательных камер.

Публикации по теме диссертации

1. Волчко А.И., Савченко В.В., Сторижко И.И. Полуавтоматическая линия укладки пачек с пищевыми продуктами в транспортную тару. Тезисы докладов Шестой Всесоюзной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов соляной промышленности "Повышение эффективности процессов добычи и переработки соли", Артемовск, 1988. - С.146-147.
2. Савченко В.В., Волчко А.И., Сторижко И.И. Реализация заданного закона движения исполнительных пневматических органов технологического оборудования пищевых производств. Тезисы Республиканской научно-технической конференции "Технический уровень предприятий перерабатывающей промышленности Госагропрома УССР и качество выпускаемой продукции", Кировоград, 1989, вып. II. - С.8-9.
3. Савченко В.В., Кривопляс А.П. Снижение ударных нагрузок в сталкивающих механизмах с пневмоприводом укладочных машин. Тезисы Республиканской научно-технической конференции "Технический уровень предприятий перерабатывающей промышленности Госагропрома УССР и качество выпускаемой продукции", Кировоград, 1989, вып. II. - С.9-10.
4. Савченко В.В. Повышение эффективности работы укладочных машин. Тезисы докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов "Вопросы повышения эффективности сахарного производства", Яготин. 1989. - С.107-108.
5. Савченко В.В., Кривопляс А.П. Реализация заданного закона движения исполнительного органа в укладочных машинах-автоматах. Рукопись депонирована в УкрНИИТИ 14 августа 1990г., №1288-Ук90.
6. Савченко В.В., Кривопляс А.П. Реализация закона движения, приближенного к оптимальному по быстродействию, при перемещении

штучных грузов по неподвижной плоскости в укладочных машинах. Рукопись депонирована в УкрНИИТИ 14 августа 1990 г., №1289-Ук90.


7. Захаревич В.Б., Кривопляс А.П., Гавва А.Н., Масло Н.А., Волчко А.И., Савченко В.В. Комплексы оборудования для механизации заключительных операций в пищевой промышленности. Тезисы Республиканской научно-технической конференции "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающую отрасли АПК", Киев, 1991. - С.415.

8. Кривопляс А.П., Волчко А.И., Савченко В.В. Исследование исполнительных механизмов укладочных машин. Тезисы Республиканской научно-технической конференции "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающую отрасли АПК", Киев, 1991. - С.427-428.

9. Кривопляс А.П., Гавва А.Н., Захаревич В.Б., Волчко А.И., Савченко В.В., Масло Н.А., Евенко Ю.Н. Линия для укладки паечек с макаронами в тару-оборудование. "Хлебопродукты", Москва, 1992. - С.16-17.

10. Савченко В.В., Кривопляс А.П., Волчко А.И. Реализация заданного закона движения поршня пневмопривода в устройстве для группирования и подачи штучных грузов. Рукопись депонирована в УкрНИИТИ 31 августа 1992 г., №1378-Ук92.

11. А.с. 1346493 (СССР). Устройство для группирования и подачи изделий / Волчко А.И., Кривопляс А.П., Сторижко И.И., Савченко В.В., Пономаренко В.Н., Борисенко Ю.М., Норенко А.Н., Любимов В.М. - Б.И. - 1987. - №39.

12. А.с. 1551595 (СССР). Устройство для объединения нескольких потоков штучных изделий / Волчко А.И., Кривопляс А.П., Сторижко И.И., Савченко В.В. - Б.И. - 1990. - №11. 

Ab 26.205

AB 26.205

101

101000