

Автор ер.
Е

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМ. М. В. ЛОМОНОСОВА

Я. Э. ЕРИХИМОВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОГО
ПИЩЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК
ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ И РАЗРА-
БОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ
СЫРЬЕВЫМИ ПОТОКАМИ**

(Специальность № 05.198 - Автоматизация
производственных процессов)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1970 г.

сн

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМ. М. В. ЛОМОНОСОВА

Я. Э. ЕРИХИМОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОГО
ПИЩЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК
ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ И РАЗРА-
БОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ
СЫРЬЕВЫМИ ПОТОКАМИ

(Специальность № 05.198 - Автоматизация
производственных процессов)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

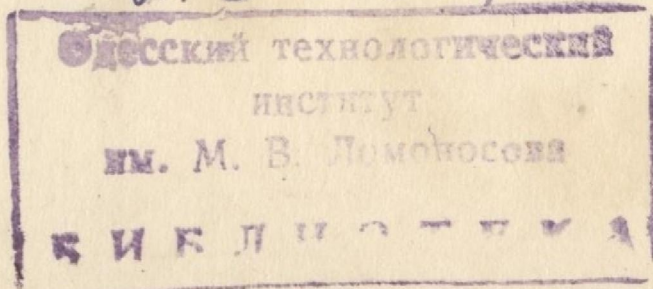
ОНАХТ 20.12.11
Исследование сезонно



v011504

Одесса - 1970 г.

в. б. 11504



Работа выполнена во Всесоюзном проектно-конструкторском и научно-исследовательском институте автоматизации пищевой промышленности "Пищепромавтоматика".

Научные руководители:

доктор технических наук, профессор **П. Н. Платонов**,
кандидат технических наук, доцент **И. К. Петров**

Официальные оппоненты:

член-корреспондент АН СССР, доктор технических наук, профессор **Н. П. Бусленко**,

кандидат технических наук **А. И. Павлов**

Ведущее предприятие - Украинский научно-исследовательский институт консервной промышленности.

Автореферат разослан "13" апреля 1970 г.

Защита диссертации состоится "29" мая 1970 г. на заседании Совета Одесского технологического института им. М.В. Ломоносова. С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Просим Ваши отзывы в двух экземплярах направлять по адресу: г. Одесса-39, ул. Свердлова, 112. Технологический институт им. М.В. Ломоносова.

Ученый секретарь Совета

(**Л. А. Запорожец**)

Рациональное использование и экономия сырья - важнейший вопрос в экономике всех обрабатывающих отраслей промышленности. Пищевая промышленность использует в виде сырья свыше 40% продукции сельского хозяйства. Чем рациональнее используется поступающее в пищевую промышленность сырье, тем выше будет производительность всего общественного труда.

Пищевое производство, перерабатывающее сырье, поступающее непосредственно от сельского хозяйства, носит сезонный характер, связанный со спецификой сельскохозяйственного производства. Особенностью управления рассматриваемым производством является необходимость увязки работы мощностей по переработке сырья на пищевом предприятии с потоками сырья, поступающими из сырьевой зоны. Просчёты в управлении сезонным пищевым производством приводят к задержке переработки поступающего сырья, в результате чего происходят потери сырья или снижается его качество. Уменьшение потерь и повышение качества возможно на базе совершенствования методов управления производством с использованием новейших достижений науки и техники.

Применение вычислительной техники для совершенствования управления пищевым производством дает возможность находить наиболее эффективные решения. Для этого необходимо получить зависимости, описывающие производственный процесс - математическую модель процесса и сформулировать правила отыскания эффективных решений - алгоритмы управления.

В последние годы начаты работы по применению вычислительной техники для управления производством в пищевой промышленности. Серьезным препятствием для дальнейшего развертывания этих работ, имеющих большое народнохозяйственное значение, является как недостаточное развитие методологии исследований, так и отсутствие опыта в проведении подобных работ в большинстве отраслей пищевой промышленности.

Реферируемая работа восполняет в определенной мере этот пробел.

Цель настоящей диссертации заключается в том, чтобы в результате изучения сезонного пищевого производства разработать методику исследования производственного процесса как объекта управления и на примере конкретного производства сформулировать задачи по повышению эффективности производственного процесса, разработать соответствующие алгоритмы автоматизированного управления, выбрать один из возможных путей применения вычислительной техники для автоматизации управления рассматриваемым производством.

Изучение сезонного пищевого производства как объекта управления необходимо не только для решения задач управления производством, но и для обоснованного выбора решений при проектировании и реконструкции пищевого предприятия.

Методически работа базируется на следующем.

Изучение производственного процесса как объекта управления и оценка эффективности алгоритмов управления проводятся методом статистического моделирования на цифровой вычислительной машине (ЦВМ). При составлении математического описания элементов производственного процесса используются экспериментально-статистические методы.

Выбор основных задач управления и синтез алгоритма управления осуществляются путем анализа производственного процесса как сложной системы. Для решения задач управления используются методы теории вероятности, теории массового обслуживания.

В процессе исследования широко используется вычислительная техника.

Работа выполнена в институте "Пищепромавтоматика", экспериментальная часть исследований проведена на Измайльском консервном комбинате.

Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, приложений и списка использованной литературы, включающего 106 источников. Общий объем: основного текста - 140 стр., приложений - 20 стр., 38 рисунков и 21 таблица.

В первой главе приводится общая постановка задачи исследования, определяется круг первоочередных задач управления процессом переработки сырья, поступающего непосредственно от сельского хозяйства, и место этих задач в иерархической структуре управления современным пищевым предприятием.

В себестоимости продукции пищевой промышленности свыше 80 - 85% составляет стоимость основного сырья. От количества и качества сырья, поступающего на пищевые предприятия, зависит объем производства пищевой продукции и большинство её качественных показателей.

Отрасли пищевой промышленности, занятые переработкой первичного сырья, поступающего непосредственно от сельского хозяйства (консервная, винодельческая, мясная, сахарная и др.), используют сырье, которое необходимо переработать возможно быстрее с момента его приемки предприятием.

В период сезона на предприятия поступают большие массы сырья. Поступление сырья происходит неравномерно, приходится создавать запасы сырья для сглаживания неравномерности. При хранении сырья на предприятии сверх допустимого времени происходят потери сырья или снижается его качество. Для повышения эффективности процесса переработки целесообразно выбирать такие режимы работы производства, при которых затраты, связанные с хранением и переработкой сырья, были бы минимальными.

Условимся называть пищевое производство, перерабатывающее первичное сельскохозяйственное сырье и отличающееся сезонным характером работы, связанным с необходимостью переработки сырья по мере его поступления от сельского хозяйства, — с е з о н н ы м п и щ е в ы м производством. Сельскохозяйственное сырье, предназначенное для промышленной переработки, длительное хранение которого приводит к потерям и ухудшению качества, назовем, условно, с к о р о п о р т я щ и м с я сырьем.

Производственный процесс переработки скоропортящегося сырья состоит из нескольких взаимосвязанных стадий; начальные стадии процесса находятся в сфере сельского хозяйства, конечные — на пищевом предприятии. В этих условиях повышение эффективности производственного процесса может быть достигнуто как упорядочением поставок сырья на предприятие, так и совершенствованием управления производством непосредственно на пищевом предприятии в условиях неравномерного поступления скоропортящегося сырья.

К настоящему времени в пищевой промышленности СССР разработаны и апробированы системы автоматизации основных технологических процессов и аппаратов. Эти системы, как правило, предусматривают только стабилизацию основных технологических (режимных) па-

раметров. Создана база для широкого внедрения автоматизации на крупных и средних пищевых предприятиях, оснащенных современным оборудованием. Наряду с автоматизацией технологических процессов на повестке дня стоит вопрос изыскания путей автоматизации управления хозяйственной деятельностью предприятий и автоматизации управления производственными процессами, обеспечивающей ведение процессов в оптимальных режимах при заданных качественных показателях продуктов.

Решение этих задач на современном уровне в значительной мере сводится к применению вычислительной техники для исследований и управления автоматизированным производством.

Структура управления современным крупным промышленным предприятием может быть представлена в виде иерархической схемы, состоящей из трех основных уровней. Приводится краткий обзор работ по применению вычислительной техники на различных уровнях управления пищевым предприятием.

Автоматизация управления на среднем уровне направлена на получение максимально возможной эффективности производственного комплекса, объединяющего соединенные между собой по требованиям технологии элементы производственного процесса. В пищевой промышленности, перерабатывающей первичное сельскохозяйственное сырье, поле — первый цех пищевого предприятия. Поэтому в качестве первоочередных задач на среднем уровне управления рассматриваются задачи управления сырьевыми потоками, поступающими из хозяйств сырьевой зоны в цеха предприятия.

Объектом исследования является сезонное пищевое производство, перерабатывающее скоропортящееся сырье, с дискретным характером сырьевых потоков.

Сырье поступает партиями на пункты приемки и первичной переработки, расположенные в сырьевой зоне предприятия. Вес партии и количество партий, поступающих в час, — случайные величины. Среднее количество партий в час зависит от времени суток. Производительность агрегатов пункта, на которых производится первичная переработка сырья, изменяется случайным образом. Полученное переработанное сырье (полуфабрикат) собирают в партии и отправляют на завод, где распределяют между технологическими цехами.

Условимся называть, для краткости, хранение скоропортящегося сырья или полуфабриката (нахождение вне процесса переработки) на различных этапах производственного процесса, начиная от приемки сырья на пунктах, — **п р о л е ж и в а н и е** сырья или полуфабриката.

Сырье может пролеживать: до запуска в первичную переработку, в ожидании отправки с пункта, во время транспортировки с пункта на завод, на сырьевой площадке цеха. Пролеживание скоропортящегося сырья приводит к убыткам, связанным с потерями сырья, снижением выхода или качества готовой продукции. Задача управления производством сводится к выбору такого управления сырьевыми потоками, которое обеспечивает максимальную эффективность производственного процесса. При этом критерий эффективности управления выбирается для конкретного производственного процесса в зависимости от характера задачи управления сырьевыми потоками.

Разработанная методика исследования должна быть проверена на конкретном пищевом производстве, обладающем всеми основными признаками сезонного пищевого производства, перерабатывающего скоропортящееся сырье. В качестве такого производства выбрано производство консервов "Зеленый горошек".

Во второй главе рассматриваются вопросы методики исследования сезонного пищевого производства как объекта управления. Разрабатывается модель производственного процесса и методика исследования и математического описания элементов процесса.

Для правильного выбора решений по управлению сезонным пищевым производством, с учётом неизбежных отклонений реальных значений параметров производственного процесса от планируемых, необходимо получить и исследовать зависимости, связывающие время пролеживания скоропортящегося сырья с основными влияющими на него факторами. Необходимость постановки эксперимента на модели вместо натурального эксперимента связана с рядом обстоятельств: несопоставимостью данных, собранных в различные периоды сезона и в различное время суток; трудностью принудительного изменения параметров процесса на действующем производстве; территориальной и ведомственной разобщенностью отдельных участков производственного процесса. Изучение особенностей рассматриваемого производственного процесса показало, что при его исследовании целесообразно сочетать экспериментальные методы (для отдельных элементов процесса) с методом моделирования на ЦВМ (для процесса в целом). Для этого необходимо предварительно произвести формализацию производственного процесса — составить его математическую модель.

Введем следующие определения:

1. Группу пунктов приемки и первичной переработки сырья и транспорт, доставляющий сырье или полуфабрикат с пунктов на завод, условно назовем сырьевой зоной пищевого предприятия.
2. Группу цехов, вырабатывающих готовую продукцию из рассматриваемого сырья или полуфабриката назовем собственно заводом.

Модель производственного процесса состоит из следующих укрупненных блоков:

1. Формирование нестационарного случайного потока партий сырья, поступающих на пункт первичной переработки.
2. Обслуживание поступающих партий сырья на пункте.
3. Формирование партий полуфабриката, отправляемых на завод.
4. Формирование случайного потока партий полуфабриката, поступающих на завод из сырьевой зоны.
5. Распределение партий полуфабриката между цехами завода.
6. Обслуживание партий полуфабриката в цехе.
7. Вычисление величин, характеризующих эффективность производственного процесса. Обработка результатов моделирования.

В результате статистического моделирования на ЦВМ пункта первичной переработки может быть получена информация для расчёта уравнений регрессии:

$$\lambda_{\ell}(t, x_{\ell 1}, x_{\ell 2}, \dots, x_{\ell n}), \quad (1)$$

$$\bar{\tau}_{\ell}(t, x_{\ell 1}, x_{\ell 2}, \dots, x_{\ell n}), \quad \ell = 1, 2, \dots, \ell^* \quad (2)$$

$$\sigma_{\ell}^2(t, x_{\ell 1}, x_{\ell 2}, \dots, x_{\ell n}), \quad (3)$$

где λ_{ℓ} – среднее значение количества партий сырья, поступающих в час с ℓ -го пункта на завод; $\bar{\tau}_{\ell}, \sigma_{\ell}^2$ – соответственно среднее значение и дисперсия времени пролеживания партий сырья в сырьевой зоне; t – текущее время суток; $x_{\ell 1}, x_{\ell 2}, \dots, x_{\ell n}$ – параметры, характеризующие ℓ -й пункт первичной переработки.

Можно предположить, что поток полуфабриката, поступающий из сырьевой зоны на завод, который возникает в результате суммирования ℓ^* независимых случайных потоков, является пуассоновским потоком с переменным параметром. Полученная по результатам моделиро-

вания на ЦВМ пункта первичной переработки регрессионная модель сырьевой зоны, состоящая из уравнений (1) + (3), позволяет сформировать в модели поступающий на завод поток полуфабриката (рис.1).

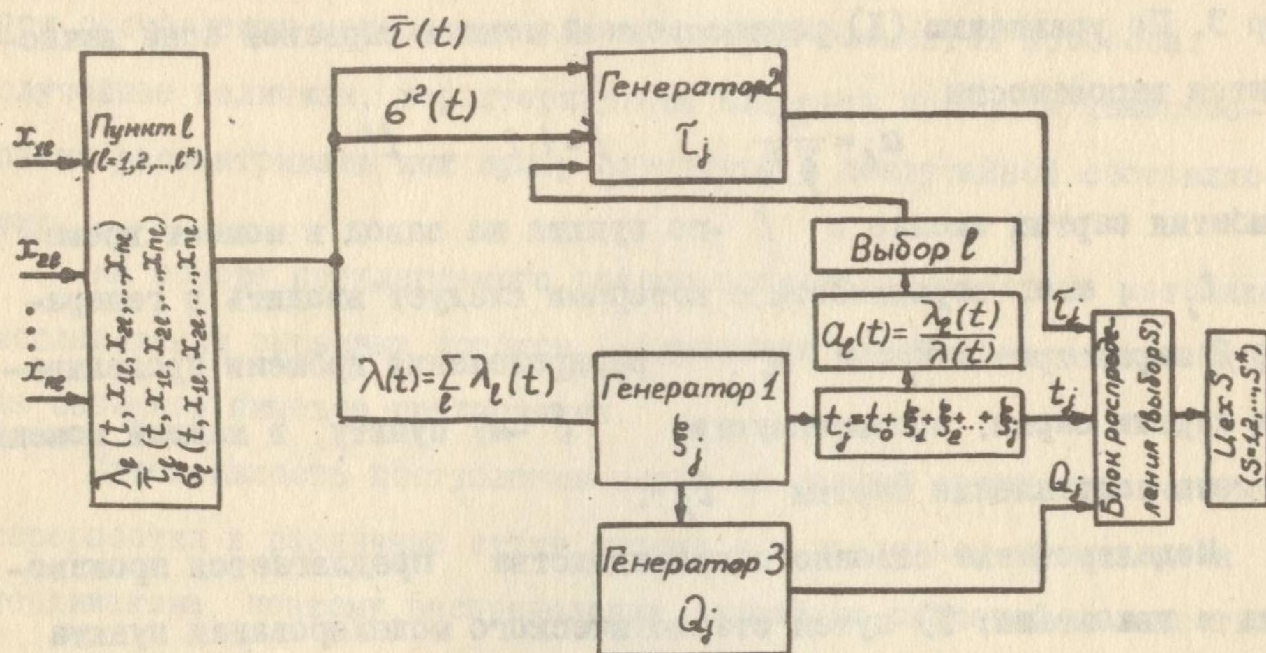


Рис. 1. Алгоритм формирования потока полуфабриката в статистической модели сезонного пищевого производства

При моделировании сезонного производства в целом регрессионная модель сырьевой зоны используется для определения параметров потока полуфабриката, поступающего на завод. В этом случае распределение времени пролеживания партий, прибывающих на завод из сырьевой зоны, может быть представлено как линейная суперпозиция распределений времени пролеживания партий, прибывающих с отдельных пунктов. При моделировании предусмотрено разукрупнение по параметрам времени пролеживания, относящимся к различным пунктам, потока полуфабриката, формируемого с помощью регрессионной модели сырьевой зоны.

Формирование потока полуфабриката производится генераторами 1, 2, 3, вырабатывающими случайные последовательности чисел.

При помощи генератора I вычисляются случайные моменты времени t_j прибытия партий полуфабриката из сырьевой зоны на завод.

Случайные значения веса Q_j партий полуфабриката выдает генератор 3. По уравнению (I) регрессионной модели сырьевой зоны вычисляются вероятности

$$\alpha_l = \frac{\lambda_l}{\sum_l \lambda_l} \quad l=1, 2, \dots, l^*$$

прибытия партии именно с l -го пункта на завод в момент времени t_j ; т.е. вероятности, с которыми следует вводить в генератор 2 параметры $\bar{t}_l$ и σ_l^2 распределения времени пролеживания партии сырья, соответствующие l -му пункту, в каждый момент времени поступления партии t_j .

Моделирование сезонного производства предлагается производить в два этапа: I) путем статистического моделирования пункта первичной переработки и последующей обработки результатов моделирования получаем регрессионную (аналитическую) модель сырьевой зоны; 2) регрессионная модель сырьевой зоны используется как часть статистической модели производства в целом.

Предлагаемый подход позволяет сократить время статистического моделирования производственного процесса на ЦВМ, эффективность его возрастает с увеличением количества пунктов первичной переработки.

При исследовании рассматриваемого производственного процесса необходимо учесть неравномерность сырьевых потоков, поступающих на пищевое предприятие, изменения производительности оборудования, связанные с сезонным характером производства и неоднородностью перерабатываемого сырья и полуфабриката, неравномерность работы транспорта, доставляющего сырье и полуфабрикат. Показано, что неравномерность производственного процесса может рассматри-

ваться как результат совместного действия случайных и неслучайных факторов. В соответствии с характером неравномерности производственного процесса рекомендован общий методический подход при составлении математического описания элементов процесса: случайные величины, характеризующие элементы процесса, целесообразно рассматривать как сумму случайной и неслучайной составляющих.

на основе предлагаемого общего подхода разработана методика исследования сырьевых потоков дискретного характера, поступающих на сезонное пищевое предприятие.

Интенсивность поступления сырья на каждый пункт первичной переработки в различные сутки сезона и в различное время суток неодинакова, поэтому распределение случайных значений количества партий сырья, построенное по данным наблюдений, не будет отражать действительное распределение количества партий в конкретном интервале времени суток.

Вводится гипотеза о законе распределения количества партий сырья, поступающих в единицу времени на ℓ -й пункт в t -м часовом интервале n -х суток сезона. В этом случае эмпирическое распределение, построенное по данным выборки, включающей наблюдения в рассматриваемом интервале t , но при различных ℓ и n , будет, вообще говоря, отличаться от предполагаемого распределения при справедливости гипотезы.

Вычисляется средняя интенсивность поступления сырья в t -м часовом интервале суток $\bar{\lambda}^*(t)$ по результатам M наблюдений, произведенных на различных пунктах в различные сутки сезона, по формуле:

$$\bar{\lambda}^*(t) = \frac{\sum_{\ell, n} k_{\ell, n}(t)}{M}, \quad (4)$$

где $k_{\ell,n}(t)$ — количество партий, поступивших в t -м интервале времени при наблюдении, произведенном на ℓ -м пункте в n -е сутки сезона.

Принимаются два допущения:

$$G_{\ell,n}^* = \bar{g} \sum_t \lambda_{\ell,n}^*(t),$$

$$\lambda_{\ell,n}^*(t) = c_{\ell,n} \bar{\lambda}^*(t).$$

Легко показать, что в этих условиях

$$\lambda_{\ell,n}^*(t) = \frac{G_{\ell,n}^*}{\bar{G}^*} \bar{\lambda}^*(t). \quad (5)$$

Здесь $G_{\ell,n}^*$ — количество сырья, поступившее на ℓ -й пункт в n -е сутки сезона;

$\bar{G}^*$ — среднее количество сырья, поступившее за I сутки в течение M суток сезона;

$\lambda_{\ell,n}^*(t)$ — интенсивность поступления сырья в t -м часовом интервале на ℓ -й пункт в n -е сутки сезона;

$\bar{g}$ — среднее значение веса партии сырья;

$c_{\ell,n}$ — коэффициент пропорциональности.

Для проверки справедливости гипотезы о законе распределения количества партий сырья необходимо рассчитать $\bar{\lambda}^*(t)$ по формуле (4), определить значения $\lambda_{\ell,n}^*(t)$ для каждого наблюдения по формуле (5), вычислить теоретические частоты $\tilde{m}[k_{\ell,n}(t)]$ количества партий сырья $k_{\ell,n}(t)$ для каждого наблюдения по расчетной интенсивности $\lambda_{\ell,n}^*(t)$, а затем $\sum_{\ell,n} \tilde{m}[k_{\ell,n}(t)]$ сравнить с эмпирическими частотами $m[k(t)]$. Для увеличения числа наблюдений при расчете эмпирических и теоретических частот можно использовать объединенную выборку, включающую наблюдения, выполненные в нескольких часовых интервалах времени суток.

Интенсивность поступления сырья в t -й час суток $\lambda_{l,n}(t)$, используемая при моделировании на ЦВМ сырьевого потока с переменной интенсивностью, рассчитывается по формуле:

$$\lambda_{l,n}(t) = \frac{G_{l,n}}{\bar{G}^*} \bar{\lambda}^*(t), \quad (5a)$$

где $G_{l,n}$ — ожидаемое (например, запланированное) на n -е сутки сезона количество сырья на l -й пункт.

Для потоков дискретного характера в первую очередь может быть проверена гипотеза о распределении Пуассона. В общем случае, интервалы времени между поступающими партиями сырья могут быть описаны с помощью распределения Эрланга (для "более регулярного" потока) и гиперэкспоненциального распределения (для "более случайного" потока).

Предлагаемый общий подход, заключающийся в выделении случайной и неслучайной составляющих при составлении математического описания элементов производственного процесса, использован также при исследовании производительности линий консервного завода и времени транспортировки полуфабриката с пунктов первичной переработки на консервный завод. Этот же подход применен и при составлении математического описания сырьевого потока непрерывного характера при исследовании процесса переработки скота на крупном мясокомбинате.

Вопросы анализа производственного процесса как сложной системы и математическая постановка задач управления рассмотрены в главах III и IV, посвященных исследованию конкретного производственного процесса.

В третьей главе излагаются результаты исследования производственного процесса переработки зеленого горошка методом

статистического моделирования на ЦВМ. Проводится анализ производственного процесса как сложной системы с целью выбора задач управления и синтеза алгоритма управления.

Рассматриваемое производство консервов "Зеленый горошек" состоит из группы пунктов первичной переработки сырья, расположенных в сырьевой зоне консервного комбината, и группы цехов, вырабатывающих готовую продукцию.

Первичная переработка сырья производится на молотильных агрегатах пунктов. Полуфабрикат доставляется автотранспортом с пунктов в цеха завода. Готовая продукция вырабатывается на установленных в цехах механизированных и автоматизированных линиях.

При решении задач управления сложной производственной системой на среднем уровне управления агрегаты нижнего уровня рассматриваются как элементы системы, при этом внутренняя структура элементов не является предметом изучения. Существенны только свойства элемента, которые определяют его взаимодействие с другими элементами сложной системы или влияют на свойства системы в целом. Эти особенности задачи исследования учтены при рассмотрении производственного процесса переработки зеленого горошка.

Зеленый горошек является скоропортящимся сырьем. Нормативный срок хранения исходного сырья (горошка с ботвой) – 24 часа, полуфабриката (обмолоченного зерна горошка) – 2 часа. При хранении сверх нормативного времени зерно горошка быстро теряет ценные пищевые и вкусовые качества, что отражается на сортности готовой продукции.

Автоматизация консервных линий, направленная на обеспечение высокого качества консервов при условии поступления высококачественного сырья, успешно осуществляется на основе применения обыч-

ных средств автоматизации. Одним из резервов дальнейшего повышения качества консервов является автоматизация управления сырьевыми потоками, основанная на применении вычислительной техники и направленная на повышение качества поступающего скоропортящегося сырья.

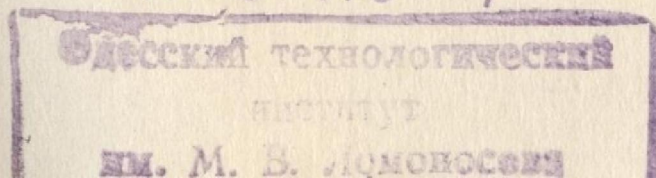
Особенностью рассматриваемого производства является его сезонность. Объем поставки сырья резко изменяется в течение сезона переработки.

Поступление сырья на пункты изменяется случайным образом, так как зависит от множества факторов, влияние которых в отдельности трудно предвидеть. Фактические значения производительности агрегатов на пунктах первичной переработки, производительности консервных линий в цехах, веса партий сырья и полуфабриката, времени транспортировки полуфабриката с пунктов на завод — также изменяются случайным образом.

Целью исследования является решение следующих вопросов:

- 1) разработка математической модели конкретного производственного процесса переработки скоропортящегося сырья;
- 2) определение с помощью модели зависимостей, характеризующих процесс как объект управления;
- 3) разработка алгоритмов автоматизированного управления сырьевыми потоками производства консервов "Зеленый горошек";
- 4) реализация разработанных алгоритмов автоматизированного управления сырьевыми потоками на консервном комбинате;
- 5) разработка рекомендаций по повышению эффективности производства консервов "Зеленый горошек" на проектируемых и действующих предприятиях.

№. 6 11504



При исследовании влияния загрузки сырьем производственных мощностей на характеристики производственного процесса необходимо изменять количество и качество поступающего сырья и производительность оборудования, перерабатывающего сырье или полуфабрикат, или соответственно изменять следующие параметры модели процесса: количество сырья, поставляемое в сутки на l -й пункт первичной переработки - G_l ; расход сырья на тонну полуфабриката на l -м пункте - K_l , количество агрегатов на l -м пункте - m_l ; производительность консервных линий S -го цеха - p'_S .

Необходимо определить следующие характеристики производственного процесса: время простоя транспорта с сырьем на пунктах - T ; время пролеживания полуфабриката в сырьевой зоне - τ_I ; время пролеживания полуфабриката на сырьевых площадках цехов - τ_{II} .

В результате изучения параметров и характеристик производственного процесса и введения ряда упрощающих допущений разработана формализованная схема, представляющая процесс как систему массового обслуживания.

Составлено математическое описание элементов производственного процесса переработки зеленого горошка, полученное в результате обработки и анализа большого экспериментального материала. Предложенный общий подход, заключающийся в выделении случайной и неслучайной составляющих характеристик элементов процесса, и разработанная на этой основе методика исследования сырьевых потоков успешно применены при составлении математического описания сырьевых потоков, потоков полуфабриката, производительности консервных линий, времени транспортировки полуфабриката с пунктов на завод.

На рис. 2 показаны результаты исследования потока полуфабриката, поступающего из сырьевой зоны на завод (гипотеза о пуассоновском потоке с переменным параметром). Приводятся рекомендации по методике сбора исходных данных для составления математического описания элементов производственного процесса.

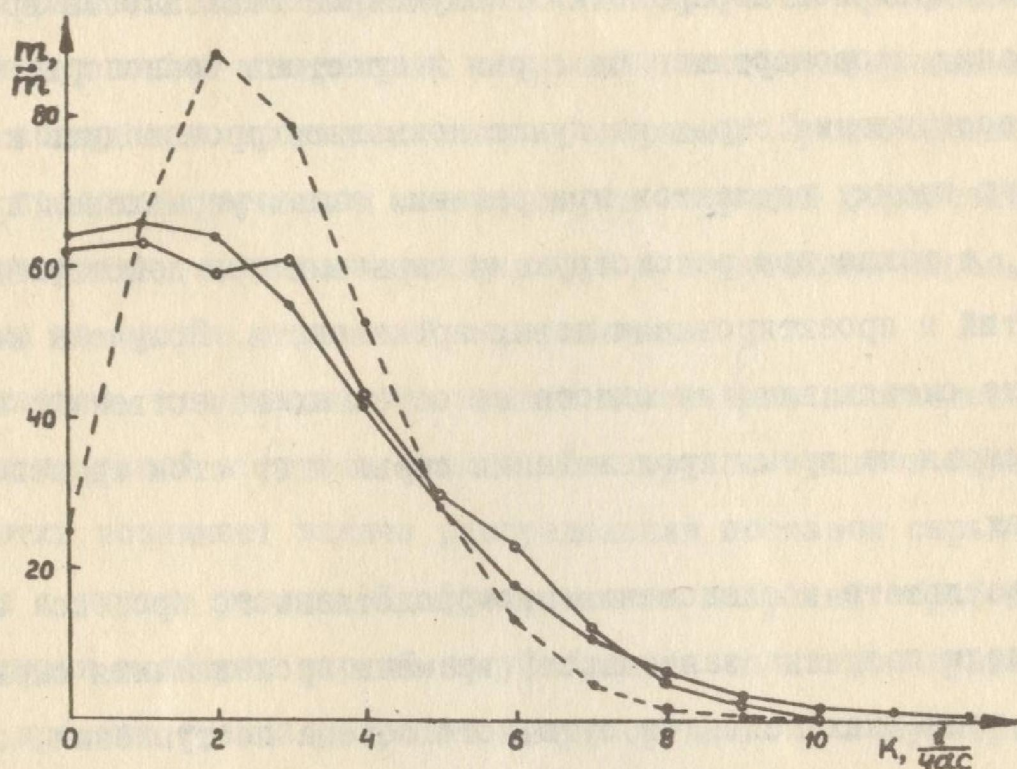


Рис. 2. Распределение количества партий полуфабриката:
 —○—○— — эмпирическое распределение; —●—●— — теоретическое распределение, построенное с помощью разработанной методики с учетом переменной интенсивности потока полуфабриката $\lambda(t)$; — — — — — теоретическое распределение при $\lambda(t) = const$

На основе предлагаемой модели сезонного пищевого производства построена математическая модель производственного процесса переработки зеленого горошка, разработан моделирующий алгоритм, обеспечивающий возможность моделирования производственного процесса по частям. Показано, что исходная статистическая модель сырьевой зоны и заменяющая ее регрессионная модель воспроизводят реальный поток полуфабриката, поступающей из сырьевой зоны на завод.

С помощью математической модели получены зависимости, характеризующие производственный процесс как объект управления. Показано, что простой транспорта с сырьем является одним из основных факторов, которые следует учитывать при выборе загрузки сырьем пункта первичной переработки. Полученные зависимости времени пролеживания скоропортящегося сырья и простоев транспорта от суточного поступления сырья на пункт позволяют производить количественную оценку вариантов при решении задач управления производством, а также при реконструкции сырьевых зон действующих предприятий и проектировании новых производств. Получены количественные оценки влияния одного из основных качественных показателей сырья на время пролеживания сырья и простоев транспорта на пунктах.

В результате исследования производственного процесса с помощью модели получена зависимость времени пролеживания сырья на сырьевых площадках цехов от суточного объема поступления сырья на завод при заданной производительности цехового оборудования и зависимость времени пролеживания сырья в цехах от производительности оборудования при заданном суточном объеме поставки. Показано, что загрузка производственных мощностей должна выбираться с учётом ожидаемого времени пролеживания сырья на сырьевых площадках цехов.

Исследования на модели показали также, что уменьшение неравномерности поступления сырья на пункты первичной переработки приводит к существенному увеличению реальной производительности пунктов.

Представление формализованной схемы процесса как совокупности абстрактных производственных операций, а затем анализ ее

как системы массового обслуживания позволили сформулировать основные задачи управления сырьевыми потоками и осуществить синтез алгоритма управления.

Формализованная схема производственного процесса расчленяется на основные элементарные акты. Используется предложенный Н.П.Бусленко набор абстрактных операций, соответствующих крупным классам конкретных производственных операций. Производственный процесс представляется как совокупность операций обработки, сборки и управления, связанных между собой и с потоками сырья, поступающими на пункты первичной переработки.

Показано, что для одного пункта может быть поставлена задача об оптимальной загрузке пункта. Для группы пунктов первичной переработки возникает задача распределения поставок сырья между пунктами с учетом различной эффективности операций обработки партий сырья и сборки партий полуфабриката на каждом пункте и различного времени транспортировки скоропортящегося полуфабриката с пунктов на завод.

Операция управления пунктом, заключающаяся в реализации определенного суточного графика работы пункта, может обеспечить более равномерное поступление полуфабриката с пунктов на завод при данной неравномерности поступления сырья на пункты.

Анализ операции управления распределением полуфабриката между цехами показал, что целесообразно было бы изменить структуру рассматриваемой сложной системы: заменить группу систем массового обслуживания, соответствующих отдельным цехам, одной системой массового обслуживания с общей очередью, соответствующей группе цехов с общей сырьевой площадкой. Предлагается вместо изменения структуры системы изменить алгоритм ее функционирования: подоб-

рять такой алгоритм распределения полуфабриката между цехами, который обеспечил бы аналогичное повышение эффективности существующей системы без сооружения общей сырьевой площадки. Предлагаемый системный подход позволяет осуществить синтез алгоритма управления.

В четвертой главе рассматриваются алгоритмы автоматизированного управления сырьевыми потоками.

Распределение поставок сырья между пунктами первичной переработки. Распределение поставок сырья, пропорциональное количеству агрегатов, установленных на пунктах, примерно соответствует минимуму суммарного простоя транспорта, доставляющего сырье на все пункты. Если перераспределить поставки сырья так, чтобы уменьшить время пролеживания полуфабриката (с учетом различного времени транспортировки полуфабриката с пунктов на завод и различного количества агрегатов на пунктах), то уменьшение времени пролеживания полуфабриката будет сопровождаться увеличением простоев транспорта. Необходимо найти оптимальное решение с учетом стоимости изменения сортности продукции в результате пролеживания скоропортящегося сырья и убытков от простоев транспорта с сырьем.

Показано, что в качестве целевой функции может быть выбрано выражение

$$\Pi = aR_g - bT, \quad (6)$$

где, R_g – выход продукции высшим сортом в рассматриваемом варианте распределения поставок, т.у.б.; T – суммарный простой транс-

порта на пунктах, час; α - разница в ценах продукции высшего и второго сорта, руб/т.у.б.; β - штраф за простои транспорта, руб/час.

Вводятся следующие допущения:

- 1) время пролеживания партий сырья, прибывающих с ℓ -го пункта на завод, τ_ℓ распределено по нормальному закону;
- 2) из сырья, время пролеживания которого $\tau_\ell > \tau_m$ продукция высшего сорта не производится;
- 3) количество продукции, переходящей из высшего сорта в первый сорт в результате пролеживания сырья, пропорционально среднему избыточному времени пролеживания сырья сверх нормативного времени, т.е. величине

$$\frac{\bar{\tau}_{\text{св.н.}} - \tau_n}{\tau_m - \tau_n}.$$

Величина $\bar{\tau}_{\text{св.н.}}$ определяется как среднее значение усеченного нормального распределения времени пролеживания партий сырья, для которых $\tau_n \leq \tau_\ell \leq \tau_m$.

Вероятность получения продукции высшего сорта из сырья, поступающего с ℓ -го пункта, может быть определена по формуле:

$$p_\ell = \gamma \left[\int_0^{\tau_n} p(\tau_\ell) d\tau_\ell + \left(1 - \frac{\bar{\tau}_{\text{св.н.}} - \tau_n}{\tau_m - \tau_n} \right) \int_{\tau_n}^{\tau_m} p(\tau_\ell) d\tau_\ell \right], \quad (7)$$

где γ - коэффициент выхода продукции высшего сорта из общего количества продукции, получаемой из сырья, для которого $\tau_\ell \leq \tau_m$.

Первый интеграл в формуле (7) соответствует площади на рис. 3, покрытой двойной штриховкой, второй интеграл – площади, покрытой простой штриховкой.

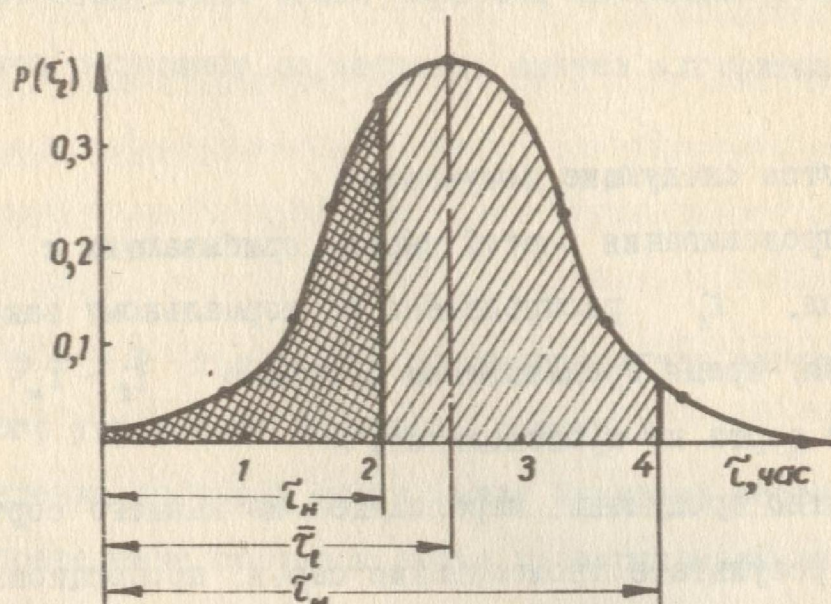


Рис. 3. К определению вероятности получения продукции высшего сорта из сырья, поступающего с ℓ -го пункта, с временем пролеживания в сырьевой зоне τ_ℓ

Расчётный выход продукции высшим сортом

$$R_\ell = \frac{n}{K \cdot \eta} \sum_{i=1}^{I^*} p_i \cdot G_i \quad \text{т.у.б.}, \quad (8)$$

где n – расчётное количество суток сезона; η – расход полуфабриката на 1 т.у.б. консервов, т/т.у.б.

Необходимые для расчёта p_i параметры времени пролеживания τ_i , а также простой транспорта T определяются с помощью зависимостей, полученных в результате статистического моделирования на ЦВМ. Задача решается перебором значений G_i с помощью разработанного алгоритма.

Предложен графо-аналитический метод решения задачи распределения поставок сырья между пунктами с помощью номограммы.

Приведены результаты расчетов по номограмме и аналогичные результаты, полученные путем автоматизированного расчета на ЦВМ с помощью разработанного алгоритма. Номограмма может быть использована для анализа вариантов решений при проектировании и реконструкции сырьевых зон консервных предприятий. Полученные при этом оценки более полно отражают эффективность вариантов по сравнению с обычно применяемыми оценками.

Выбор режимов работы пунктов первичной переработки. Задача выбора режимов работы (суточных графиков работы) пунктов, обеспечивающих наиболее равномерное поступление полуфабриката на завод при существующей неравномерности поступления сырья на пункты, решается с помощью целевой функции:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{24} \sum_{t=0}^{24} [\lambda_i(t) - \bar{\lambda}]^2}, \quad (9)$$

где $\lambda_i(t) = \sum_{\ell=1}^{\ell^*} \lambda_{\ell i}(t)$ — суммарная интенсивность поступления полуфабриката на завод в t -й час суток;

$\bar{\lambda} = \frac{1}{24} \sum_{t=0}^{24} \lambda_i(t)$ — средняя интенсивность поступления полуфабриката на завод.

Назначается несколько возможных вариантов графика работы каждого пункта. В результате статистического моделирования на ЦВМ ℓ -го пункта при z -м варианте графика получаем значения $\lambda_{\ell z}(t)$ интенсивности поступления полуфабриката с пункта на завод в t -й час суток. При этом количество сырья, поставляемое в сутки на пункты может приниматься по результатам решения задачи распределения поставок сырья между пунктами. Полученные зависимости

$\lambda_{\ell z}(t)$ используются для нахождения оптимального набора графиков работы пунктов перебором на ЦВМ с помощью разработанного алгоритма.

Показано, что использование выбранных режимов работы пунктов, по эффекту уменьшения времени пролеживания сырья, эквивалентно увеличению мощностей по переработке зеленого горошка на 6-9%.

Алгоритм распределения сырья между цехами. В качестве исходного принимается следующий алгоритм: поток партий сырья, поступающий в каждый цех, образуется путем отбора партий из общего пуассоновского потока, поступающего на завод, с вероятностями, пропорциональными производительностям цехов.

Задачей исследования является синтез алгоритма распределения сырья между цехами, обеспечивающего уменьшение среднего времени пролеживания сырья на сырьевых площадках цехов. Основная идея предлагаемого подхода дана в главе III. Синтез алгоритма осуществляется путем ряда последовательных преобразований рассматриваемой сложной системы и ее анализа с применением аппарата теории массового обслуживания.

Рассмотрены три алгоритма распределения сырья между цехами. Исходный алгоритм распределения назовем алгоритмом I. Повышение эффективности системы может быть достигнуто путем перехода к алгоритму 2. Каждая партия сырья поступает при этом на общую для S^* цехов сырьевую площадку, откуда направляется на переработку в цех, который фактически первым окончил переработку ранее направленной с общей сырьевой площадки партии сырья. Показано, что переход от алгоритма I к алгоритму 2 приводит к существенному уменьшению времени пролеживания сырья.

Организация общей для нескольких цехов сырьевой площадки не всегда возможна, поэтому рассматривается алгоритм 3, по которому поступившая на завод партия сырья сразу направляется в цех с минимальным расчетным временем освобождения сырьевой площадки.

Алгоритм 3 может быть реализован с помощью системы автоматизированного управления распределением сырья между цехами, которая работает следующим образом. В момент поступления каждой очередной партии сырья измеряются величина запаса сырья на площадке S -го цеха Q_s и средняя производительность цеха p_s для $s = 1, 2, 3$. Вычисляется расчетное время окончания переработки запаса сырья в каждом цехе $t_s = \frac{Q_s}{p_s}$. По условию $\min_s t_s$ выбирается цех $\hat{s} = 1, 2, 3$, который первым закончит переработку имеющегося запаса сырья. Партия сырья направляется в $\hat{s}$ -й цех.

Результаты исследования алгоритмов 1, 2, 3 методом статистического моделирования на ЦВМ приведены в таблице.

Суммарный объем по- ставки го- рошка с ботвой тонн/сутки!	Характеристики времени пролеживания сырья, час						Эквивалентное увеличение мощ- ности при пе- реходе от ал- горитма 1 к алгоритму 3
	Алгоритм 1		Алгоритм 2		Алгоритм 3		
	$\bar{t}$	σ	$\bar{t}$	σ	$\bar{t}$	σ	
579	1,34	1,24	0,85	0,51	0,82	0,52	23%
682	1,70	1,49	1,16	0,83	1,15	0,87	
786	2,14	1,85	1,43	0,98	1,40	0,98	14%

Использование алгоритма 3, синтез которого осуществлен в результате исследования производственного процесса как сложной системы, по эффекту уменьшения времени пролеживания скоропортящегося сырья, эквивалентно увеличению мощностей по переработке зеленого горошка на $14 \div 23\%$. Интересно отметить, что уменьшение среднего времени пролеживания сырья $\bar{t}$ сопровождается уменьшением среднего квадратического отклонения σ , характеризующего неравномерность времени пролеживания отдельных партий сырья.

Пятая глава посвящена вопросам технической реализации разработанных алгоритмов автоматизированного расчета на ЦВМ рас-

пределения поставок сырья между пунктами первичной переработки и режимов работы пунктов.

При решении вопросов реализации рассматриваемых алгоритмов учитывались конкретные условия, сложившиеся на консервном комбинате.

Внедрение результатов автоматизированного расчета распределения поставок сырья между пунктами производилось следующим образом: 1) по исходным данным, выданным консервным комбинатом, рассчитано распределение поставок сырья между пунктами; 2) в соответствии с расчетным распределением поставок сырья, с учетом ожидаемой урожайности зеленого горошка, определены посевные площади, прикрепленные к пунктам; 3) согласно выбранному распределению посевных площадей между пунктами заключены договора с поставщиками сырья и выданы семена хозяйствам сырьевой зоны для посева.

Внедрение режимов работы пунктов первичной переработки, выбранных в результате автоматизированного расчета на ЦВМ, производилось в следующем порядке: 1) по исходным данным, выданным комбинатом, выбраны режимы работы (суточные графики работы) пунктов первичной переработки; 2) в соответствии с выбранными графиками работы пунктов составлены согласованные суточные графики доставки сырья из хозяйств на пункты, в остальное время суток прием сырья на пунктах не производится.

Приведены результаты решения задач автоматизированного расчета на ЦВМ распределения поставок сырья между пунктами первичной переработки и режимов работы пунктов к сезонам 1966-1967г.г. Опытное внедрение этих результатов на консервном комбинате подтвердило реальность практического применения разработанных алгоритмов. На основе созданных алгоритмов, с учетом результатов их

опытного внедрения, разработаны Рабочие материалы по подсистемам автоматизированного расчета распределения посевов и режимов работы пунктов. Приводятся функциональные схемы подсистем, рассмотрен состав Рабочих материалов по каждой подсистеме.

Согласно Государственному плану развития народного хозяйства СССР на 1968 год Измаильский консервный комбинат, в соответствии с переданными ему Рабочими материалами, осуществил внедрение подсистем автоматизированного расчета распределения посевов и режимов работы пунктов. Экономическая эффективность использования двух разработанных подсистем в 1968 г. составляет 51,2 тыс.руб.

ВЫВОДЫ

Основные результаты проведенного исследования состоят в следующем:

1. Изучены особенности сезонного пищевого производства как объекта управления. Определен характерный круг задач управления производством. Показано место этих задач в иерархической структуре управления современным пищевым предприятием. В качестве первоочередных задач выбраны задачи управления сырьевыми потоками.

2. Показано, что при исследовании сезонного пищевого производства, перерабатывающего скоропортящееся сырье, целесообразно сочетать экспериментальные методы (для отдельных элементов производственного процесса) и метод статистического моделирования на ЦВМ (для процесса в целом). Разработана математическая модель сезонного пищевого производства, позволяющая осуществить моделирование производственного процесса по частям, что повышает эффективность применения метода статистического моделирования.

3. В соответствии с характером производственного процесса переработки скоропортящегося сельскохозяйственного сырья рекомендован общий методический подход, который может быть использован при составлении математического описания элементов процесса. На основе предложенного общего подхода разработана методика составления математического описания сырьевых потоков дискретного характера.

4. Применительно к условиям производственного процесса переработки зеленого горошка, на основе предлагаемой методики, составлено математическое описание элементов процесса переработки скоропортящегося сырья. С помощью разработанной математической модели сезонного пищевого производства получены зависимости, характеризующие производственный процесс как объект управления. Приводятся рекомендации по применению результатов исследования при решении задач управления производством, а также при проектировании и реконструкции предприятий.

5. В результате анализа рассматриваемого производственного процесса как сложной системы сформулированы основные задачи управления сырьевыми потоками и осуществлен синтез алгоритма управления.

6. Разработан алгоритм автоматизированного решения на ЦВМ задачи распределения поставок сырья между пунктами первичной переработки. Предложен графо-аналитический метод решения задачи с помощью номограммы.

7. Разработан алгоритм автоматизированного решения на ЦВМ задачи выбора режимов работы пунктов первичной переработки. Использование выбранных режимов работы пунктов эквивалентно увеличению мощностей по переработке зеленого горошка на 6-9%.

8. Использование алгоритма распределения сырья между цехами, синтез которого осуществлен в результате исследования производст-

венного процесса как сложной системы, эквивалентно увеличению производственных мощностей на 14-23%. Разработана система автоматизированного управления распределением сырья между цехами, реализующая выбранный алгоритм.

9. На основе созданных алгоритмов разработаны Рабочие материалы по подсистемам автоматизированного расчета распределения посевов и режимов работы пунктов первичной переработки зеленого горошка. Экономическая эффективность внедрения на Измаильском консервном комбинате двух разработанных подсистем в 1968 г. составляет 51,2 тыс.руб.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Ерихимович Я.Э., Клевицкий З.С. Некоторые вопросы постановки задачи управления производственной деятельностью консервного предприятия с применением вычислительных машин. - В кн.: Применение вычислительной техники для автоматизации производственных процессов в пищевой промышленности. М., ЦИНТИПищепром, 1965.
2. Ерихимович Я.Э. Статистическая модель сырьевых потоков сезонного производства. - В кн.: Рефераты докладов I Всесоюзного симпозиума по статистическим проблемам в технической кибернетике. Ч.2. М., 1967. Институт автоматики и телемеханики (технической кибернетики).
3. Ерихимович Я.Э. Об одной статистической модели сезонного производства. - "Экономика и математические методы", 1967, № 2.
4. Ерихимович Я.Э. Математическое моделирование сырьевых потоков на примере производства консервов "Зеленый горошек". - В кн.: Применение вычислительной техники для автоматизации технологических процессов и управления производством в пищевой промышленности. М., ЦИНТИПищепром, 1967.

5. Ерихимович Я.Э. Исследование производства консервов "Зеленый горошек" на цифровой вычислительной машине. – "Консервная и овощесушильная промышленность", 1968, № 7.
6. Ерихимович Я.Э., Волкова Р.И. Некоторые вопросы организации потоков скоропортящегося сырья, поступающего на консервное предприятие. – В кн.: Оперативное управление производством. Ч. I. (Материалы 2-й Всесоюзной конференции в г. Ленинграде 6-10 февраля). Л., 1968.
7. Макаров А.К., Ерихимович Я.Э., Ширшков А.К. Применение экономико-математических методов и вычислительной техники для управления производством на мясокомбинате. Доклады делегации СССР. Международный симпозиум по применению математических методов и электронно-вычислительной техники в пищевой промышленности. Прага, август 1968. ЦНИИП, г. Прага.
8. Макаров А., Ерихимович Я., Макогон В. Составление графиков подачи и переработки скота с помощью математических методов и вычислительной техники. – "Мясная индустрия СССР", 1969, № 4.

Отдельные результаты работы докладывались на I Всесоюзном симпозиуме по статистическим проблемам в технической кибернетике (Москва, 1967), на II Всесоюзной конференции по оперативному управлению производством (Ленинград, 1968), на Всесоюзном семинаре по применению вычислительной техники для автоматизации производственных процессов в пищевой промышленности (Москва, 1964), на Международном симпозиуме по применению математических методов и электронно-вычислительной техники в пищевой промышленности (Прага, 1968), на секции автоматизации Научно-технического совета Министерства пищевой промышленности СССР (Москва, 1966), на Республиканском семинаре по применению современных математических методов и вычислительной техники для руководящих работников предприятий консервной промышленности (Измаил, 1966).

БР03177. Подписано к печати 30. III. 70 г.

Объем 1,5 печ. л. Зак. № 64, тир. 200.

Ротапринт ин-та "Пищепромавтоматика"
г. Одесса, ул. Краснова, № 6