

Ж 86  
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИМ. М. В. ЛОМОНОСОВА

---

Аспирант Э. И. ЖУКОВСКИЙ

**Исследование путей построения  
автоматизированных складских  
систем для тарно-штучных грузов**

Специальность № 05.198 — автоматизация  
производственных процессов

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

Одесса — 1971

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
им. М. В. ЛОМОНОСОВА

---

Аспирант Э. И. ЖУКОВСКИЙ

Исследование путей построения  
автоматизированных складских  
систем для тарно-штучных грузов

Специальность № 05.198 — автоматизация  
производственных процессов

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Переучет 19 87

v0 11843

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

Одесса — 1971

ОНАХТ

28.07.11

Исследование путей п



v011843

Работа выполнена на кафедре «Автоматизация производственных процессов» Одесского технологического института им. М. В. Ломоносова.

Научные руководители:

Доктор технических наук, профессор **П. Н. Платонов.**  
Кандидат технических наук, доцент **А. И. Павлов.**

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор **А. А. Смехов.**  
Кандидат технических наук, доцент **К. И. Куценко.**

Ведущее предприятие — Всесоюзный проектно-конструкторский институт «Пищепромавтоматика».

Автореферат разослан „\_\_\_\_\_“ \_\_\_\_\_ 1971 г.

Защита диссертации состоится „**27**“ **ноября** 1971 г.  
на заседании Совета Одесского технологического института имени М. В. Ломоносова.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный печатью учреждения, просим направлять в Совет института по адресу: г. Одесса-39, ул. Свердлова, 112, Технологический институт имени М. В. Ломоносова.

Ученый секретарь Совета

(Л. А. Запорожец).

## В в е д е н и е

В условиях образования крупных научно-производственных объединений и комплексов повышение эффективности основного производства предприятий невозможно без коренной перестройки вспомогательного производства и, в первую очередь, складского хозяйства. Создание высокомеханизированных баз и складов с автоматизированными системами управления позволит улучшить обслуживание потребителей, эффективно управлять запасами, сократить затраты ручного труда при обработке грузов и документации, обеспечить сохранность материальных ценностей.

В последние годы начаты работы по построению автоматизированных складских систем. Серьезным препятствием для дальнейшего развертывания этих работ, имеющих большое народнохозяйственное значение, является отсутствие научно-обоснованных рекомендаций по организации управления складскими системами и недостаточное развитие методологии расчета таких систем.

Целью настоящей диссертации является определение иерархической структуры системы управления складским хозяйством и запасами и информационных связей в ней, разработка методики расчета объекта управления — поточно-производственной системы склада, разработка моделей принятия решений при управлении запасами.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов и рекомендаций, приложения и списка использованной литературы, включающего 91 наименование. Общий объем: основного текста — 137 стр., приложений — 52 стр.

### 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА.

Для обеспечения непрерывности любого производственного процесса необходимо всегда иметь в наличии соответствующий запас средств производства (сырья, топлива, материалов, инструмента и т. п.), который в любой момент может быть использован в производстве.

Средства производства, находящиеся в сфере производства, образуют так называемые производственные запасы. С 1950 по 1970 гг. производственные запасы в промышленности выросли в 6 раз, и в настоящее время на предприятиях имеются материальные запасы на сумму более 50 млрд. руб. Темпы роста запасов близки, а иногда и опережают темпы роста промышленного производства. Так, за пятилетку 1961—1965 гг. объем валового национального продукта вырос на 55%, а совокупный объем всех видов запасов на 80%. Поэтому проблема управления запасами промышленных предприятий является одной из наиболее актуальных. Большой вклад в становление и развитие теории управления запасами внесен рядом зарубежных ученых (Эджвортом, Маршаком, Эрроу, Дворецким, Кифером и др.). В результате проводимых у нас в стране интенсивных научных исследований в области управления материально-техническим снабжением получен целый ряд моделей управления запасами (Л. Я. Осипович, К. В. Инютина, Ю. И. Рыжиков, И. В. Романовский). В последние годы появился целый ряд работ в области оптимизации запасов. Это диссертации Е. В. Булинской, Т. Б. Черниной, статьи Н. Д. Фасоляка и Н. В. Святской.

Теория управления запасами предоставляет методы управления материальными ресурсами производства, которые не могут быть реализованы без сети современных баз и складов.

В СССР имеется положительный, правда разрозненный, опыт строительства, проектирования и эксплуатации современных баз и складов (ПромтрансНИИпроект, институт «Оргстанкинпром», ГПИ-6, ВНИИТОРГМАШ, ВНИИПТМАШ, «НОТснаб» г. Рига, институт систем управления г. Тула, научно-исследовательский институт экономики и организации материально-технического снабжения г. Москва и др.).

Значительное внимание вопросам складского хозяйства уделяется и другими социалистическими странами, членами Совета экономической взаимопомощи (Пражский институт складского хозяйства в ЧССР, Центральный институт технологии производства в машиностроении, объединение Такраф г. Лейпциг в ГДР, Проектное бюро металлургии и машиностроения в ВНР).

Система управления современными складами состоит из двух подсистем: подсистемы управления поточно-производственной системой обработки грузов и подсистемы управления запасами. Поточно-производственная система склада является объектом управления и состоит из трех характерных частей:

- 1) приемная экспедиция с ее поточно-производственной системой (ППС);
- 2) зона хранения с ее механизмами;
- 3) отпускная экспедиция с ее ППС.

Расчет этих трех частей складской системы, каждая из которых может быть многофазной, т. е. состоящей из последовательности механизмов разной производительности с учетом вероятностной природы грузопотоков, является серьезной проблемой.

Имеется ряд методик расчета ППС складов (Е. Н. Гохбом, Е. С. Фурман), но в них не учитывается типичная и неизбежная ситуация, связанная с образованием очередей.

Важные результаты в области математического моделирования, оптимизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных и складских работ получены А. А. Смеховым. Им, например, рассмотрена система массового обслуживания, состоящая из 11 фаз, для расчета числа и протяженности погрузочно-разгрузочных путей, когда вагоны МПС представляют собой входящий поток заявок.

Интересные результаты по расчету числа потоков участка поточно-производственной системы склада для одной линии обслуживания и для системы обслуживания с несколькими линиями были получены П. Н. Платоновым и А. И. Павловым.

Практически важной проблемой построения складских систем является определение структуры системы управления складом. Складская система без должной организации превращается в полный хаос. Существующая структура системы управления производственными складами и соответственно весь документооборот сложились эволюционно в основном методом проб и ошибок и при возросших требованиях к хозяйственной деятельности предприятий (ритмичность, уменьшение нормативов запасов, ликвидация простоя транспорта) уже не может удовлетворять им. Здесь одним из основных нерешенных вопросов является задача определения оптимального соотношения централизации и децентрализации или отыскания необходимого числа уровней управления. По решению этой проблемы существует лишь несколько гипотез, видвинутых рядом ученых. А. Г. Бутковский и Я. В. Радченко считают, что число уровней управления зависит от соотношения между мощностью потока информации, который необходимо обработать, и пропускной способностью обрабатывающих информацию элементов. В. Л. Хартон исходит из близости понятия «сложная система» к философскому и биологическому понятию органического целого и поэтому вопрос централизации и децентрализации рассматривается, как частный случай диалектики части и це-

лого. Однако, исходя из этих гипотез, трудно получить практические рекомендации по определению числа уровней управления в складской системе.

Для того, чтобы частично восполнить имеющиеся проблемы по проблеме построения складских систем, настоящее исследование ставит перед собой цель:

1) разработать методику вариантного расчета объекта управления поточно-производственной системы склада как многофазной системы массового обслуживания;

2) получить зависимости для выбора оптимального варианта объекта управления;

3) разработать систему управления складскими предприятиями с определенной иерархией и информационными связями;

4) исследовать возможности использования современных электронно-вычислительных машин в складских системах;

5) исследовать управляемость и экономико-правовое обеспечение процессов управления запасами;

6) разработать модели принятия решений при управлении запасами на складах.

## **2. РАСЧЕТ ПОТОЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ СКЛАДА ТАРНО-ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ.**

На рис. 1 представлена типичная многофазная система обслуживания склада тарно-штучных грузов. Независимо от схемы компоновки склада (поточный склад, тупиковый склад, комбинированный склад) всегда можно выделить участки ППС, относящиеся к приведенным трем основным частям склада.

Если рассматривать ППС любого склада тарно-штучных грузов как многофазную систему массового обслуживания, то первая основная часть склада — приемная экспедиция — с ее ППС является двухфазной системой. В первой фазе этой системы производится осмотр и сверка прибывшей партии груза с данными грузосопроводительного документа (приемка по количеству мест), а затем разгрузка партии груза с транспортного средства. Система обслуживания (СО) может быть одноканальная (однолинейная), но в общем случае она многоканальная. Обслуживающими аппаратами данной фазы могут быть различные краны, тали, тельферы, транспортеры, погрузчики.

На второй фазе процесса приемки груза производится его распаковка и прием по количеству в соответствии с упаковочным листом (или другим грузосопроводительным документом), а затем груз перекладывается в складскую та-

ру (поддоны, контейнеры) обычно так, что на одном поддоне, контейнере находится только одно наименование (номенклатура) груза. СО тоже может быть одноканальная, но в общем случае — многоканальная. Обслуживающими аппаратами являются различные типы сортировочных рольгангов, конвейеров.

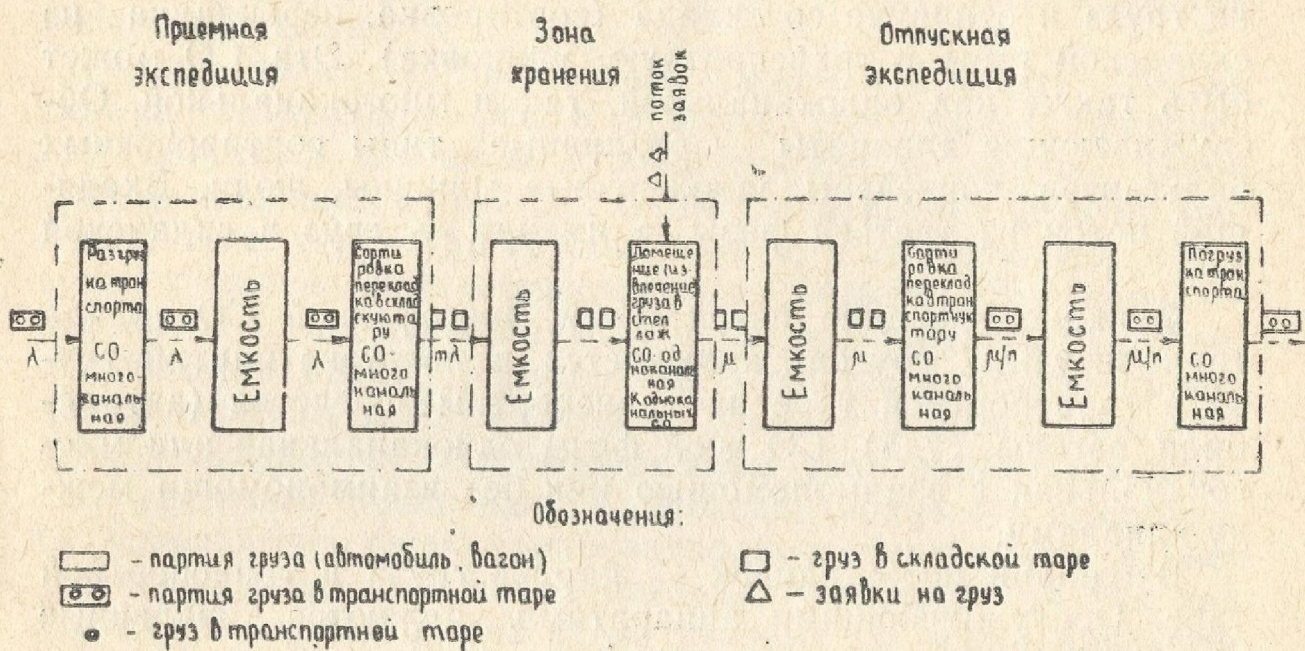


Рис. 1

### Структурная схема многофазной системы обслуживания склада тарно-штучных грузов

Входящим потоком заявок как в первую, так и во вторую фазу рассматриваемой двухфазной системы обслуживания приемной экспедиции склада являются партии груза в транспортной таре. Под партией груза понимается груз, содержащийся в одном транспортном средстве (автомобиле, вагоне).

Третья фаза многофазной СО склада тарно-штучных грузов охватывает всю ППС второй основной части склада — зоны хранения. В этой фазе при помощи обслуживающих аппаратов производят помещение груза в складской таре в стеллажи или штабеля на хранение, а также осуществляется извлечение определенных номенклатур груза из мест хранения для отправки в отпускную экспедицию. Обслуживающими аппаратами являются различные типы мостовых и стеллажных кранов-штабелеров, межстеллажных погрузчиков и т. п.

СО состоит из  $K$  одноканальных систем, где  $K$  — число обслуживающих аппаратов. Входящий поток заявок в эту

фазу — груз в складской таре (поддон, контейнер), а также поток заявок на выдачу груза со склада, т. е. ППС зоны хранения или третья фаза многофазной СО склада обслуживает два потока заявок — поток по поступлению и поток по реализации грузов, каждый из которых может обладать приоритетом перед другим.

Основной функцией четвертой фазы является подготовка груза к отправке со склада (сортировка, перекидка из складской тары в транспортную, упаковка). Эта СО может быть также как одноканальной, так и многоканальной. Обслуживающие аппараты — различные типы сортировочных рольгангов, конвейеры, упаковочные машины, люди. Входящий поток из третьей фазы, а именно — груз в складской таре.

Функционирование пятой фазы многофазной СО склада тарно-штучных грузов заключается в погрузке партий груза в транспортной таре на транспортные средства (автомобили, вагоны, суда). СО этой фазы одноканальная или многоканальная с взаимопомощью или без взаимопомощи между каналами.

Входящий поток заявок — партии груза в транспортной таре. Обслуживающими аппаратами являются различные краны, тали, транспортеры, тельферы, погрузчики.

В зависимости от номенклатуры перерабатываемых на складе грузов некоторые фазы многофазной СО могут отсутствовать. Например, отсутствие второй и четвертой фаз характерно для грузов, которые хранятся в транспортной таре (склады наливных грузов в бочковой таре, склады кабельных изделий).

В процессе переработки грузы проходят ряд фаз обслуживания, между которыми необходимо иметь емкость, так как характеристики как внешних по отношению к рассматриваемой ППС склада условий, так и обслуживающих аппаратов неоднозначны и имеют дисперсионный характер, и, кроме того, груз не может покинуть любую из фаз многофазной СО до тех пор, пока не будет обслужен.

Следовательно, рассчитать поточно-производственную систему — значит, во-первых, определить производительность каждой фазы многофазной СО и, во-вторых, определить величины емкостей между фазами.

Специфика обработки грузов и документов позволяет складские системы отнести к системам массового обслуживания с ожиданием, потому что, как правило, каждое транспортное средство, прибывшее на склад, обязательно обслуживается.

Основную трудность при описании складских систем массового обслуживания представляет изучение входящего по-

тока как по поступлению, так и по реализации грузов. Дело в том, что существующая в настоящее время практика определения функций распределения входящего потока основана на сборе статических данных, их обработке и вычислении критериев согласия с какой-либо теоретической функцией. Определенные таким образом законы распределения и параметры потоков берутся в качестве исходных расчетных данных.

Такая практика, во-первых, может охватить только склады, подлежащие реконструкции, где уже сложились грузопотоки, а для вновь строящихся баз и складов такой подход неприемлем, так как собрать статистику невозможно. Кроме того, структура грузопотока, а, следовательно, и его закон распределения изменяются во времени. Это происходит потому, что изменяется со временем скорость и грузоподъемность парка транспортных средств, состояние транспортных магистралей, ежегодно изменяется расписание движения поездов на железнодорожном транспорте. Аналогичные изменения происходят в движении водного и воздушного транспортов, функционирование последних также в значительной мере зависит от погодных условий. А так как структура грузопотоков тесно связана со всеми приведенными факторами, то естественно рассчитывать ППС складов на такой грузопоток, к структуре которого приспособиться труднее. Если складскую систему обслуживания рассчитывать на такой «тяжелый» случай, то при изменении структуры грузопотока (но при сохранении его параметров) показатели эффективности качества обслуживания (длина очереди, время ожидания, коэффициент простоя обслуживающих приборов и т. д.) не будут ухудшаться.

Как показал И. Н. Коваленко, таким «тяжелым» для систем массового обслуживания является пуассоновский поток, в котором вероятность поступления в промежуток времени  $t$  равна  $l$  заявок, определяется формулой Пуассона:

$$P_l(t) = \frac{(\lambda t)^l}{l!} \cdot e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

где  $\lambda > 0$  — плотность потока заявок или параметр потока, равный математическому ожиданию числа заявок в единицу времени.

Расчетное значение величины параметра входящего потока либо прогнозируется, либо задается директивно.

Важнейшей величиной, которая связана с расчетом складской системы, является время обслуживания. Для большинства фаз складской системы время обслуживания, как правило, случайная величина. Исходя из слабой зависимости

пропускной способности складской системы от вида закона распределения времени обслуживания, время обслуживания в каждой фазе считается распределенным по показательному закону. Так как характеристики системы главным образом зависят от величины математического ожидания времени обслуживания, то принятие гипотезы о его распределении в каждой фазе по показательному закону не приведет к каким-либо значительным погрешностям при расчете многофазовой системы обслуживания склада.

Математическое ожидание интенсивности обслуживания для первой фазы поточно-производственной системы приемной экспедиции примем равным  $\alpha_1$  партий в час, а для второй —  $\alpha_2$  и т. д. Число каналов в первой фазе  $r_1$ , во второй —  $r_2$  и т. д.

Используя математический аппарат теории массового обслуживания для стационарного режима функционирования ППС склада, можно записать, что математическое ожидание времени простоя транспортных средств до начала их обслуживания в первой фазе приемной экспедиции составляет

$$T_{ож}^{(1)} = \frac{\pi_1}{(r_1 - \eta_1)} \cdot t_{обс}^{(1)}, \quad (2)$$

$$\text{где } \pi_1 = \frac{\eta_1^r \cdot P_0}{(r_1 - 1)! \cdot (r_1 - \eta_1)}, \text{ а } \eta_1 = \frac{\lambda}{\alpha_1}, \quad t_{обс}^{(1)} = \frac{1}{\alpha_1}.$$

Зависимость, определяющая вероятность  $P_0$ , приведена ниже.

Соотношение (2) получено из условия, что распределение числа партий грузов, находящихся в первой фазе, не зависит от распределения числа партий грузов, находящихся во второй фазе. Это условие предполагает наличие бесконечной емкости между фазами складской ППС, что реально неосуществимо. Если же емкости между фазами вообще отсутствуют, то это накладывает значительные ограничения на входящий поток. Например, даже при равной производительности фаз интенсивность входящего потока на приемную экспедицию, состоящую из двух фаз без емкости между ними, не должна превышать двух третей производительности любой из фаз (иначе очередь перед экспедицией будет неограниченно возрастать), т. е.

$$\lambda_{\max} = \frac{2}{3} \alpha_1. \quad (3)$$

Если организовать технологический процесс по переработке грузов в приемной экспедиции так, что между первой

и второй фазами предусмотреть емкость, т. е. разрешить перед второй фазой установление очереди, то это позволит уменьшить вероятность блокировки первой фазы и, следовательно, приведет к увеличению производительности приемной экспедиции склада.

Входящим потоком во вторую фазу является выходящий поток из первой фазы. В соответствии с выводом, полученным А. Кофманом и Р. Крюном о том, что выходящий поток рассматриваемой фазы является пуассоновским (как в случае одного, так и в случае нескольких каналов обслуживания), если пуассоновским является входящий поток в эту фазу и если обслуживание в ней распределено по показательному закону, входящий поток во вторую фазу приемной экспедиции будет тоже пуассоновским. Исходя из того, что функционирование складской ППС рассматривается в стационарном режиме, наблюдается свойство сохранения среднего потока (средний входящий поток в фазу равен среднему выходящему потоку) и, следовательно, входящий поток во вторую фазу приемной экспедиции будет тоже иметь плотность  $\lambda$ .

Условия работы обеих фаз приемной экспедиции склада будут тем больше стремиться к идеальным, т. е. вторая фаза не будет блокировать первую, чем больше емкость между ними будет стремиться к бесконечности.

В случае идеального функционирования фаз можно для второй фазы записать следующие зависимости.

Вероятность того, что все обслуживающие приборы второй фазы приемной экспедиции склада свободны

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{\kappa=0}^{r-1} \frac{\eta^\kappa}{\kappa!} + \frac{\eta^r}{(r-1)! \cdot (r-\eta)}} \quad \text{при } \frac{\eta}{r} < 1, \quad (4)$$

где  $\eta = \frac{\lambda}{\alpha_2}$ .

Вероятность того, что занято обслуживанием  $\kappa$  каналов второй фазы ППС складах

$$P_\kappa = \frac{\eta^\kappa}{\kappa!} \cdot P_0. \quad (5)$$

Вероятность того, что все каналы второй фазы приемной экспедиции склада заняты обслуживанием, и  $S$  партий находится в очереди

$$P_{r+s} = \frac{\eta^{r+s}}{r! \cdot r^s} \cdot P_0 \quad \text{при } S > 0. \quad (6)$$

Исходя из нормирующего условия, что

$$\sum_{\kappa=0}^{\infty} P_{\kappa} = 1, \quad (7)$$

можно записать

$$P_0 + \sum_{\kappa=1}^r P_{\kappa} + \sum_{r+s}^{\infty} P_{r+s} = 1, \quad (8)$$

или

$$P_0 + \sum_{\kappa=1}^r \frac{\gamma_1^{\kappa}}{\kappa!} P_0 + \sum_{r+s}^{\infty} \frac{\gamma_1^{r+s}}{r!r^s} \cdot P_0 = 1. \quad (9)$$

Но в действительности очередь  $S$  перед второй фазой не может быть близка к бесконечности, так как площадь, занимаемая приемной экспедицией склада, обычно ограничена. Обозначим предельную величину очереди перед второй фазой через  $N$ , тогда

$$P_0 + \sum_{\kappa=1}^r \frac{\gamma_1^{\kappa}}{\kappa!} \cdot P_0 + \sum_{r+s}^N \frac{\gamma_1^{r+s}}{r!r^s} \cdot P_0 = \Pi_N, \quad (10)$$

где  $\Pi_N = \sum_{\kappa=0}^N P_{\kappa}$  — вероятность того, что первая фаза будет работать независимо от второй, т. е. первая фаза приемной экспедиции не будет заблокирована.

По величине  $\Pi_N$  можно рассчитать емкость между фазами приемной экспедиции склада.

Поток поддонов и контейнеров, поступающий на любой обслуживающий механизм (кран-штабелер, погрузчик) зоны хранения, будет пуассоновским, так как, если взять произвольный поток, каким является поток грузов в складской таре из приемной экспедиции в зону хранения и из него случайным образом выбрасывать события, то после таких разрежений полученный поток событий будет близок к пуассоновскому. Случайность разрежения общего потока из приемной экспедиции в зону хранения объясняется случайным присвоением адресов грузам, так как на выбор адреса в каждом конкретном случае влияет ряд причин: вес груза, габарит складской тары, состояние ячеек («занята», «свободна») данного габарита в рассматриваемый отрезок времени, а также принятый алгоритм поиска адресов свободных ячеек. Аналогичному разрежению подвергается и поток заявок на отпуск грузов со склада. Здесь основной причиной случайного разрежения общего потока заявок является случайность по отношению к складу требуемых потребителями номенклатур изделий, а, следовательно, распределение адресов (заявок) между каналами (обслуживающими меха-

низмами). Итак, на каждый канал системы обслуживания зоны хранения воздействуют два пуассоновских потока:

- 1) поток грузов в складской таре из приемной экспедиции;
- 2) поток заявок на отпуск грузов со склада зоны хранения.

В работе приводится расчет ППС с учетом воздействия обоих потоков одновременно при следующих дисциплинах очереди: первым прибыл — первым обслуживается независимо от того, какому из потоков принадлежит требование, т. е. очередь общая; один из потоков или по поступлению или по отпуску грузов со склада пользуется абсолютным приоритетом в обслуживании.

Расчет основных характеристик каждой фазы системы обслуживания отпускной экспедиции и величин емкостей перед ними (смотри рис. 1) производится аналогично расчету ППС приемной экспедиции.

При проектировании складской системы всегда возникает несколько вариантов ее построения. В настоящее время даже практикуется разработка таких вариантов различными организациями. Кроме того, само проектирование подразумевает определенный перебор складских технологий, а также обслуживающих агрегатов в пределах одной технологии для определения структуры ППС.

Выбор оптимального варианта ППС склада тарно-штучных грузов осуществляется методом анализа вариантов при помощи следующего экономического показателя:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_i = & T_1 \cdot \lambda \cdot T'_{\text{обс. } i} \cdot C_{\text{пр}} + T_2 \cdot \mu \cdot T''_{\text{обс. } i} \cdot C_{\text{пр}} + G_i + \\ & + E_n(K_i + S_i \cdot C_s) \text{ руб./год} \end{aligned} \quad (11)$$

где

$i$  — номер варианта;

$\lambda, \mu$  — расчетные интенсивности суточных грузопотоков по поступлению и отпуску грузов;

$T_1, T_2$  — число часов работы в год соответственно приемной и отпускной экспедицией склада;

$T'_{\text{обс. } i}, T''_{\text{обс. } i}$  — среднее время пребывания транспортного средства на складе, т. е. в очереди и на обслуживании соответственно по каналам поступления и отпуска грузов;

$C_{\text{пр}}$  — стоимость единицы времени простоя транспортного средства;

$G_i$  — годовые эксплуатационные расходы по  $i$ -му варианту;

- $E_n$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;
- $K_i$  — капитальные затраты на ППС по  $i$ -му варианту создания системы;
- $S_i$  — площадь склада, занятая под ППС в  $i$ -ом варианте;
- $C_s$  — стоимость одного квадратного метра складской площади.

Величины  $T'_{\text{обс. } i}$  и  $T''_{\text{обс. } i}$  определяются характеристиками соответственно первой и пятой фаз системы обслуживания склада и состоят из математического ожидания времени простоя транспортных средств в очереди, которое вычисляется по формуле (2), и математического ожидания времени непосредственного обслуживания.

При сопоставлении вариантов ППС оптимальным в экономическом отношении будет такой вариант ППС склада, для которого выражение (11) минимально.

### 3. ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ НА СКЛАДАХ.

В работе проведен анализ структуры системы управления и информационных связей на производственных складах. Разработана методика обследования потоков информации, которая позволяет получить подробную информацию о существующем положении в складской системе, а также установить объемы информации в документах на синтаксическом уровне для последующего расчета складской системы.

При синтезе иерархической структуры управления складской системой вводится гипотеза, что число уровней иерархии управляющей части системы зависит от числа самостоятельных элементов (участков ППС, зон склада, структуры сфер снабжения и производства). Причем, каждой группой равноправных специфичных объектов (например, участков ППС) должен управлять координирующий орган.

На рис. 2 приведена блок-схема иерархической структуры системы управления складами предприятия, состоящая из трех уровней.

I уровень — управление на рабочих местах, осуществляемое в настоящее время непосредственно людьми, выполняющими технологические операции по переработке грузов во всех трех основных зонах складов тарно-штучных грузов (смотри рис. 1). Но эти люди сами являются одновременно и источниками информации, циркулирующей по контуру обратной связи более высокого уровня управления, и приемниками управляющей информации. Точки отбора и приема управляющей информации, непосредственно связанные с ма-

териальным процессом переработки грузов, обозначены через  $y_1, y_2, \dots, y_n$  для каждого склада. Такими типичными для складов тарно-штучных грузов точками, например, являются места осмотра и сверки прибывшего на склад груза с грузосопроводительным документом, сортировки груза и перекладки в складскую тару, присвоения адреса ячейки зоны хранения, набора адреса на кране-штабелере, комплекти заказа на отпуск и т. д.

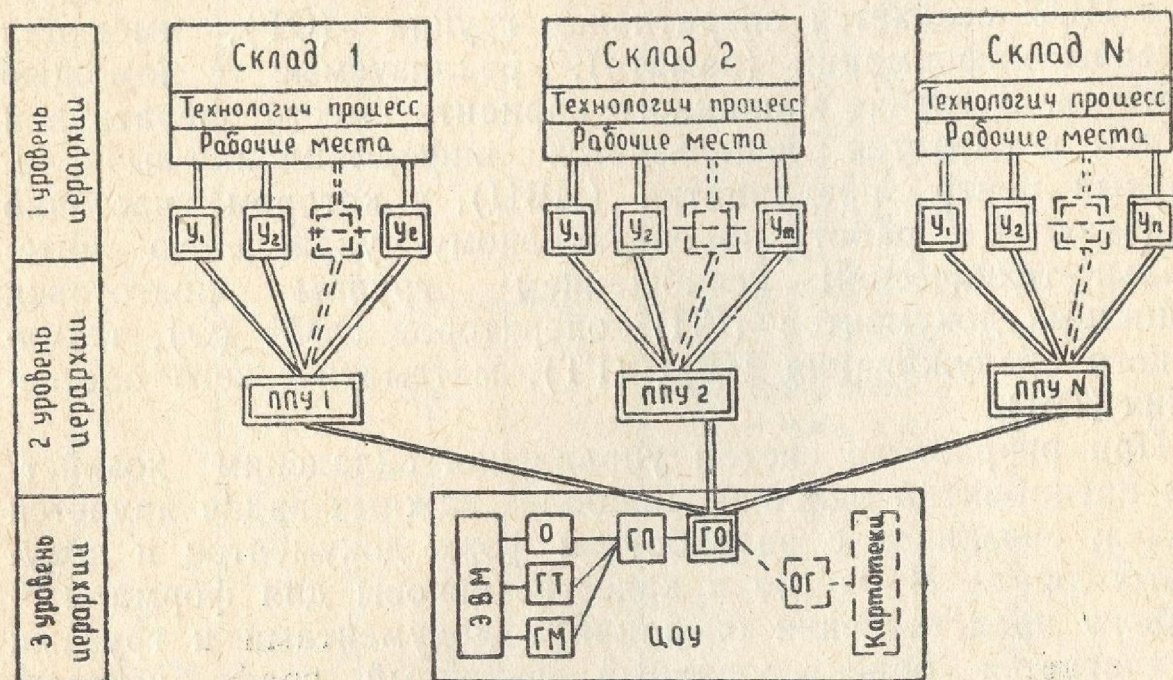


Рис. 2  
 Структура иерархической системы оперативного управления производственными складами  
 (пунктирными линиями показаны элементы и связи для безмашинного варианта).

2 уровень—управление всеми технологическими процессами по переработке грузов по каждому складу отдельно (определение очередности переработки грузов, контроль процесса отпуска грузов, управление потоками грузов в складской таре с целью оптимальной загрузки кранов-штабелеров, информационные работы, связанные с сортировкой документов, оформлением прихода и контролем расхода со склада). Для ведения этой оперативной работы и предусмотрено устройство пунктов производственного управления (ППУ), оборудованных устройствами связи с рабочими местами и другими техническими элементами системы управления.

3 уровень — управление всеми специализированными складами в целом, как предприятием по переработке и хранению большого числа номенклатур различных грузов, предназначенных для обеспечения производства определенными материальными ресурсами. Эти функции выполняет основной элемент системы — центр оперативного управления

(ЦОУ). В ЦОУ организовывается хранение всей информации о поступлении, расходе, наличии всех номенклатур и их размещении в зонах хранения. Поэтому здесь важнейшим является устройство и функционирование «памяти» информационно-справочного подразделения ЦОУ. В машинном варианте система памяти создается с помощью ЭВМ, в безмашинном варианте для этого служат специальные картотеки. Структура 3 уровня управления (ЦОУ) различна для обоих вариантов. В случае безмашинного варианта в структуре ЦОУ создается оперативная группа (ОГ), имеющая массивы информации (памяти), реализуемые с помощью картотек. В случае машинного варианта вместо оперативной группы и картотек используется информационно-вычислительный центр предприятия (ИВЦ), в котором частично вовлекаются в работу по оперативному управлению материально-техническим снабжением группы подготовки машинных документов (ГП), операторов ЭВМ (О), технического обслуживания ИВЦ (ГТ), математического обеспечения (ГМ).

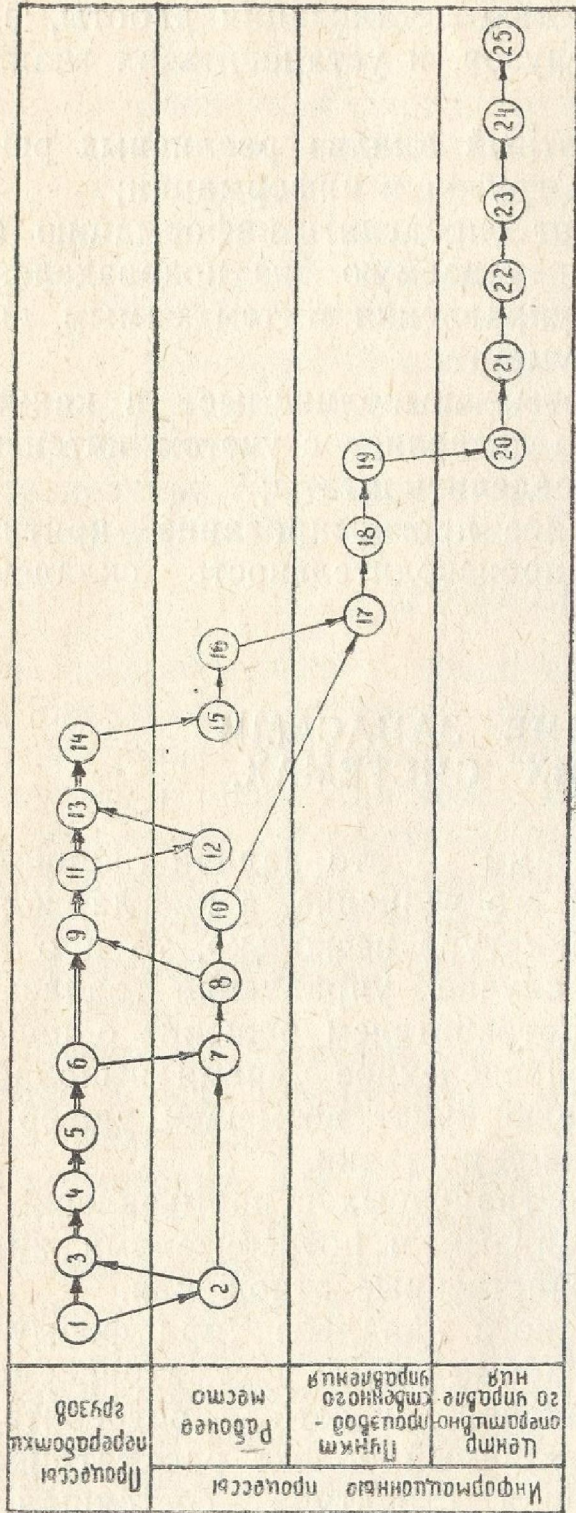
При разработке систем управления складским хозяйством предприятий одной из наиболее важных задач является задача, связанная с разработкой форм документов и документооборота. В работе в качестве основы для формализованного представления операций с документами и грузами предлагается ориентированный линейный граф, который позволяет учесть не только взаимосвязь между материальными и информационными процессами, но и динамику этих процессов во времени.

Принципиальное отличие предлагаемого метода в том, что граф строится для итеративного процесса переработки грузов, а не для единственной реализации какого-либо процесса. Поэтому для итеративного процесса такой параметр сетевых моделей, как критический путь, теряет свое значение для расчета складской системы.

Основное внешнее отличие используемых сетевых моделей от встречающихся в практике сетевых графиков в том, что работы, совершаемые с документами, разнесены по уровням, каждый из которых представляет собой элемент (подразделение) общей иерархической структуры управления складами.

Дифференциация работ по уровням иерархии структуры управления позволяет увязать в сетевой модели возможные манипуляции с грузом и документами на складах и одновременно проследить функции конкретного исполнителя подразделения структуры управления.

Все манипуляции с грузами сосредоточены на одном уровне, и поток в сети направлен в одну сторону — всегда



Условные обозначения:

↔ - Обработка грузов

→ - Обработка информации

Характерные события:

- 1 - груз прибыл
- 8 - приходный талон заполнен
- 9 - груз готов к транспортировке в склад
- 11 - груз прибыл к зоне хранения
- 14 - груз помещен в ячейку зоны хранения
- 20 - все документы и сведения о прибыти шем грузе получены

Рис. 3

Сетевая модель поступления материалов в склад.

В.В. 11843

от начала к концу сети. На рис. 3 приведена сетевая модель поступления продукции в склад штучных грузов.

Использование таких сетевых моделей позволяет:

- 1) четко отобразить структуру процесса обработки грузов в складской системе;
- 2) выявить с любой степенью детализации работы, входящие в процесс обработки грузов, и установить их взаимосвязь;
- 3) проводить многовариантный анализ различных решений по технологии обработки грузов и информации;
- 4) в процессе увязки работ определить информацию (на прагматическом уровне), передаваемую из подразделения в подразделение структуры управления и тем самым выявить содержание каждого документа;
- 5) сконцентрировать работы, выполняемые в каждом подразделении структуры, что позволяет с учетом интенсивности потоков информации определить штаты;
- 6) осуществить обоснованное прогнозирование критических работ, определяющих производительность складской системы.

#### 4. УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ В СКЛАДСКИХ СИСТЕМАХ.

Задачи управления запасами — это задачи принятия решений о времени заказа и его величине, а иногда, когда поставщиков по одной номенклатуре несколько, то и о выборе поставщика. В общем случае управление запасами предполагает, что принятое потребителем решение о пополнении запаса будет через определенное время выполнено поставщиком, либо потребителю будет возмещен ущерб от несостоявшейся или просроченной поставки.

Одним из наиболее распространенных в промышленности видов связей между поставщиками и потребителями являются длительные прямые хозяйственные отношения.

Пользуясь методом системного анализа при формулировке задачи управления запасами для рассматриваемого вида связи, поставщик — транспортная сеть — потребитель, который требует, чтобы управляемый объект рассматривался не в целом, а как некоторая структура, состоящая из отдельных элементов, связанных не только между собой, но и с внешней средой, можно записать следующую сумму случайных величин при  $i$ -ой реализации поставки.

$$\tau_i = \tau_{zi} + \tau_{ui} + \tau_{ni} + \tau_{mi}, \quad (12)$$

где  $\tau_i$  — общее время выполнения заказа при  $i$ -ой поставке;

- $\tau_{zi}$  — время подготовки и оформления заказа на предприятии — потребителя;
- $\tau_{ui}$  — время передачи информации о заказе поставщику при  $i$ -ой поставке;
- $\tau_{ni}$  — время выполнения заказа поставщиком при  $i$ -ой поставке (оно может состоять из времени принятия решения о поставке, времени возможной переналадки производства и изготовления требуемой партии изделий, если они отсутствуют на складе, и времени отгрузки на станцию отправления);
- $\tau_{mi}$  — время пребывания груза на станции отправления, в пути, на станции назначения до момента непосредственного прибытия его на склад потребителя при  $i$ -ой поставке.

Тогда условие управляемости запасами в складской системе сводится к существованию определенной функции распределения  $F(\tau)$  дискретной случайной величины  $\tau$  и может быть записано посредством равенства

$$F(\tau) = \Sigma P(\tau_i). \quad (13)$$

И, следовательно, с точки зрения управляемости, основным показателем работы, например, транспорта должен быть не только грузооборот, но и количество перевозок, выполненных в срок. Для этого, конечно, необходимо разработать временные нормативы на перевозки. Кроме того, нужно предусмотреть ускоренные перевозки, за которые взимать увеличенную плату. Такой подход заставляет несколько пересмотреть и работу по оперативному управлению транспортом.

Управление запасами на складах промышленных предприятий можно осуществлять по каналу поступления и по каналу реализации.

Рассмотрены два алгоритма управления запасами по каналу поступления. Первый из них — алгоритм управления запасами с коррекцией по времени доставки и величине фондов — относится к классу моделей с постоянным уровнем запаса. Он позволяет путем коррекции квартального нормативного запаса учесть конкретную ситуацию в сфере снабжения и сбыта, а, именно, переменные величины квартальных фондов, величину реализации по определенной номенклатуре, количество поставщиков и долю каждого поставщика в объеме поставок за квартал. Коррекция нормативного уровня запаса производится также при полной реализации фонда по данной номенклатуре у любого из поставщиков.

Второй алгоритм позволяет осуществить управление запасами при дискретном спросе.

Дело в том, что для классических моделей управления запасами характерным является то, что как спрос (реализация), так и поставки хорошо аппроксимируются непрерывными распределениями. Однако в конкретных условиях работы производственных складов всегда существует группа номенклатур, спрос на которые возникает сравнительно редко и в случайные моменты времени. К этой группе можно, например, отнести всю номенклатуру запасных частей для технологических линий любого предприятия, так как детали и узлы этих линий обычно рассчитываются на длительный срок работы и неизвестен точно момент времени выхода их из строя. Это приводит к необходимости использовать дискретные модели, которые должны учитывать возникновение потребности на запасные части в дискретные моменты времени.

Исследования показывают, что распределение сбыта медленно оборачивающихся объектов обычно хорошо аппроксимируется распределением Пуассона. В этом случае решение о заказе можно принимать после каждой реализации. Для рассмотрения дискретных задач целесообразно использовать методы теории массового обслуживания. Выдвинутое положение объясняется тем, что какое-либо количество запаса по определенной номенклатуре, намеченное для использования в будущем, можно сравнить с группой клиентов, которые ожидают у устройств, производящих обслуживание. Количество объектов в основном запасе можно рассматривать как число каналов обслуживания. Наличный объект — свободный канал, затребованный объект — занятый канал. Предполагается, что каждое из поступающих требований (в нашем случае число реализаций в единицу времени) касается одного объекта или определенного количества их и что распределение требований (реализаций) соответствует закону Пуассона. Время запаздывания (вероятностное) заказанного объекта (или группы типичных объектов) соответствует времени обслуживания требования системой.

Сама же задача определения количества запасных частей определенной номенклатуры, которые должны находиться на складе, сведена к задаче теории массового обслуживания об оптимизации числа каналов обслуживания.

Алгоритмы управления запасами по каналу реализации должны использоваться только в ситуациях, когда создается возможность дефицита по определенному виду товара, так как любое регулирование по этому каналу приводит к ограничению потребителей.

Под возможностью дефицита понимается ситуация, когда имеющееся на складе количество запаса по какой-либо

номенклатуре недостаточно для удовлетворения производственных нужд до вновь возникшего реального срока поставки.

Реальный срок поставки определяется на основании: сообщения от поставщика или базы о том, что поставка будет произведена не по плану, а переносится на несколько дней или на следующие месяцы; статистических данных (одним из методов прогнозируется срок поставки); опыта (с определенной точностью эвристически предсказывается срок поставки).

Разработаны алгоритмы принятия решений при возможном дефиците ресурсов для следующих ситуаций.

1. Если номенклатура, по которой возможен дефицит, идет на изготовление одного типа изделий.

2. Если номенклатура, по которой возможен дефицит, идет на изготовление  $f$  типов изделий.

3. Если несколько номенклатур, по которым возможен дефицит, идет на изготовление одного типа изделий.

4. Если несколько номенклатур, по которым возможен дефицит, идет на изготовление  $f$  типов изделий.

5. Если возможность дефицита по ряду номенклатур возникает одновременно.

6. Если поставка по какой-либо номенклатуре производится раньше намеченного срока.

Задача управления запасами номенклатур, по которым возможен дефицит, во всех перечисленных ситуациях сводится к задаче линейного программирования с двусторонними ограничениями переменных.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.

1. Склады призваны сглаживать неравномерности поступления ресурсов производства от поставщиков. При хранении запасов ресурсов на складах как выше, так и ниже нормативного уровня предприятие терпит убытки. Необходимо обеспечить такое управление складскими системами, которое привело бы к минимизации суммарных затрат на образование запасов и их переработку.

2. Разработанная методика расчета объекта управления складской системы, в которой поточно-производственные системы складов тарно-штучных грузов рассматриваются как многофазовые системы массового обслуживания, позволяет рассчитать ППС с учетом взаимосвязи между отдельными ее участками. В качестве входящего потока в складскую систему предлагается брать не детерминированный поток, скорректированный путем введения дополнительных коэффициентов, а вероятностный и «тяжелый» по структуре по-

ток, что обеспечивает функционирование системы с устойчивыми характеристиками качества обслуживания при любых изменениях структуры входящего потока грузов.

3. Получены зависимости, позволяющие проектировать, исходя из минимума взаимозависимых затрат по складу и транспортным средствам, оптимальные в технико-экономическом отношении обслуживающие системы складов.

4. Разработана иерархическая структура системы управления производственными складами, состоящая из трех уровней.

5. Установлен перечень задач для решения на ЭВМ и определена их приоритетность. В качестве первоначальных задач выбраны задачи: поиска адреса ячейки с необходимой номенклатурой изделия, поиска адреса свободной ячейки необходимого габарита, учета запасов по номенклатурам.

6. Для синтеза форм документов и документооборота в складской системе рекомендуется метод сетевых моделей с дифференциацией работ по уровням управления. Показывается возможность использования сетевых моделей как основы для расчета штатов в системе управления складским хозяйством.

7. Получено условие управляемости процессов запасаения в складских системах, которое сводится к существованию и устойчивости характеристик функции распределения дискретной случайной величины общего времени выполнения заказа. Показано, что существующее экономико-правовое обеспечение процессов в области материально-технического снабжения предприятий значительно ограничивает возможности научного управления потоками материальных ресурсов.

8. Разработаны модели принятия решений при управлении запасами в складской системе как по каналу поступления, так и по каналу реализации при различных ситуациях в сфере снабжения и сбыта.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах.

1. Платонов П. Н., Павлов А. И., Жуковский Э. И. Анализ расхода материалов и изделий на складе. Механизация и автоматизация производства, № 10, 1970 г.

2. Платонов П. Н., Павлов А. И., Жуковский Э. И. Алгоритм управления запасами на базах снабжения с коррекцией по времени доставки и величине фондов. Механизация и автоматизация управления, № 1, 1970 г.

3. Платонов П. Н., Павлов А. И., Жуковский Э. И. Управление запасами промышленных предприятий при возможном дефиците ресурсов. Механизация и автоматизация управления, № 6, 1970 г.

4. Платонов П. Н., Миронов И. С., Павлов А. И., Жуковский Э. И. Применение ЭВМ в автоматизированных складских системах. Материалы семинара «Применение вычислительной техники и средств автоматизации на складах и транспорте промышленных предприятий», Ленинград, декабрь, 1970 г.

5. Платонов П. Н., Миронов И. С., Павлов А. И., Жуковский Э. И., Лобочкая Л. Л. Этапы проектирования АСУ для складов и баз. Материалы семинара «Применение вычислительной техники и средств автоматизации на складах и транспорте промышленных предприятий», Ленинград, декабрь, 1970 г.

6. Платонов П. Н., Миронов И. С., Павлов А. И., Жуковский Э. И. Правовое обеспечение управления запасами. Материально-техническое снабжение, № 6, 1970 г.

7. Платонов П. Н., Павлов А. И., Жуковский Э. И. Определение количества запасных частей на зерноперерабатывающих предприятиях. Сб. «Автоматизация производственных процессов», М., ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1971 г.

8. Жуковский Э. И., Миронов И. С., Павлов А. И., Платонов П. Н. К проблеме управления материальными потоками. Тезисы доклада международного симпозиума по проблемам организационного управления и иерархическим системам. ИФАК, г. Баку, 1971 г.

#### МАТЕРИАЛЫ ДИССЕРТАЦИИ ДОКЛАДЫВАЛИСЬ:

1. На XXXI и XXXII научных конференциях Одесского технологического института им. М. В. Ломоносова, Одесса, февраль, 1970 г., март, 1971 г.

2. На республиканской конференции по математическим методам в управлении производством, Львов, июнь, 1969 г.

3. На Всесоюзной конференции «Комплексно-механизированные и автоматизированные склады штучных грузов для различных отраслей промышленности». Москва, декабрь, 1968 г.

4. На семинаре при Ленинградском доме научно-технической пропаганды «Применение вычислительной техники и средств автоматизации на складах и транспорте промышленных предприятий», Ленинград, декабрь, 1970 г.

5. На конференции по применению экономико-математических методов и вычислительной техники в планировании и управлении народным хозяйством, Одесса, май, 1970 г.

6. На международном симпозиуме по проблемам организационного управления и иерархическим системам, Баку, сентябрь, 1971 г.

---

Подписано к печати 22.X.1971 г.      Формат бумаги 60×90/16.  
1,5 печ. л. 1,35 уч.-изд. л. БР 06186. Заказ № 4927. Тираж 200.

---

Городская типография управления по печати Одесского облисполкома,  
цех № 5, ул. Ленина, № 49.