

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИМЕНИ М.В.Ломоносова

---

На правах рукописи

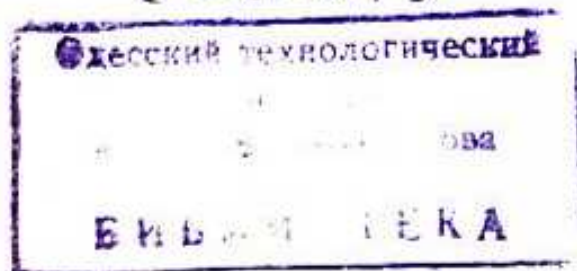
А. И. ПАВЛОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ  
ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА РАБОТЫ СКЛАДОВ  
МАССОВЫХ ГРУЗОВ

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

Научные руководители:  
доктор технических наук,  
профессор П.Н.ПЛАТОНОВ,  
кандидат физико-матема-  
тических наук, доцент  
А. А. БОБРОВ

У 001279



Одесса - 1967

Одесский технологический институт имени М.В. Ломоносова направляет Вам для ознакомления автореферат диссертационной работы аспиранта А.И. ПАВЛОВА на тему: „Исследование некоторых количественных характеристик качества работы складов массовых грузов“, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Защита состоится „30“ июня 1967 г.

Ваши отзывы и замечания в 2-х экземплярах просим направлять по адресу: г. Одесса, ул. Свердлова, № 112, Одесский технологический институт имени М.В.Ломоносова.

Работа выполнена в Одесском технологическом институте имени М.В.Ломоносова.

Ученый секретарь Совета

*Л.А. Запорожец*

(ЗАПОРОЖЕЦ Л.А.)

Современная научно-техническая революция выдвигает на первый план такие вопросы, как технический уровень, оптимальность, качество, надежность, эффективность использования. Обществу далеко не безразлично, за счет каких усилий и издержек, какой ценой достигается тот или иной результат. Поэтому на современном этапе развития советской экономики, науки, техники решающее значение приобретает рациональное, экономичное хозяйствование во всех звеньях народного хозяйства и в первую очередь в промышленности.

Вполне понятно то значение, которое приобретает механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных и складских работ, где тяжелым, малопродуктивным трудом занято до 10% общей численности рабочих.

Отдельные решения по комплексной механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных и складских работ могут быть различной сложности в зависимости от места склада в производственном процессе, принятой схемы механизации, технологии перемещения и хранения и т.д. Однако сама проблема автоматизации складов принципиально не представляет большой сложности, учитывая широкий опыт, накопленный при создании различных комплексно-механизированных и автоматизированных поточно-производственных систем. Поэтому на первый план выдвигается требование оптимальности принятой системы механизации и автоматизации.

Создание же оптимальных в технико-экономическом смысле систем механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных и складских работ требует решения целого комплекса вопросов. Из их числа наиболее важными на стадии создания комплексно-механизированных обслуживающих систем складов являются вопросы расчета оптимальной производительности поточно-транспортной системы склада и оптимизации процесса запасаения.

Дать ответы на эти вопросы можно только в том случае, если мы будем располагать количественными характеристиками качества работы склада. Вопросу научного определения некоторых этих характеристик посвящено настоящее

исследование.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов и предложений, заключения, приложений и списка использованной литературы общим объемом в 190 страниц машинописного текста.

---

Первая глава состоит из двух частей.

В первой части рассматривается современное состояние механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных и складских работ. Отмечается, что на складах различного назначения ежедневно перерабатываются миллионы тонн различных народно-хозяйственных грузов. Однако уровень технической оснащенности большинства складов отстает от технической вооруженности производственных цехов. Постепенно создававшаяся и увеличивавшаяся диспропорция в уровне механизации и автоматизации основных и вспомогательных процессов — в том числе и складских операций — стала тормозом дальнейшего роста производительности труда в народном хозяйстве страны.

За последние годы вопросу механизации складских работ уделяется все большее внимание. Однако, несмотря на это, темпы роста механизации погрузочно-разгрузочных работ отстают от темпов роста грузооборота в промышленности, на транспорте, в торговле и т.д. В связи с этим численность рабочих, занятых на погрузочно-разгрузочных и складских операциях не только не сокращается, но даже возрастает, причем производительность их труда в 1,5 — 2,5 раза ниже, чем рабочих, занятых в основном производстве.

Приводимые в работе данные показывают, что погрузочно-разгрузочные работы являются крупнейшим резервом повышения производительности труда в народном хозяйстве.

Радикальное решение проблемы повышения производительности труда, снижения себестоимости продукции и улучшения условий труда рабочих, занятых на погрузочно-разгрузочных и складских операциях, возможно только при ком-

плексной автоматизации.

Однако эффективность автоматизированной системы определяется эффективностью комплексно-механизированной системы, на базе которой она создается.

В работе рассматриваются факторы, определяющие эффективность комплексной механизации погрузочно-разгрузочных и складских работ: поточность и непрерывность процессов перемещения и производственного процесса в целом; соответствие технологических схем требованиям автоматизации, что подразумевает единство технологии основного производства и технологии перемещения.

Разработанная с учетом этих факторов номенклатура погрузочно-разгрузочных машин, транспортно-перемещающего оборудования, их типизация и унификация, приведение в соответствие средств механизации, формы и параметров грузов, разработка и внедрение унифицированных видов тары и упаковки для массовых грузов с учетом требований механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных и складских операций, постановка на научную основу изучения грузопотоков и целый ряд других моментов определяют возможность автоматизации складских операций.

Во второй части первой главы проводится классификация поточно-производственных систем (ППС) складов массовых грузов с позиций автоматизации.

В основу классификации положен участок, который представляет собой совокупность взаимосвязанных потоков, питающих, направляющих и вспомогательных машин и механизмов, находящихся между начальными и конечными относительно участка емкостями и служащих для выполнения самостоятельной завершенной части общего технологического процесса.

Поток представляет собой неразветвленную последовательность неизменно связанных между собой транспортирующих машин и механизмов.

Проведенная классификация ППС складов, охватывающая основные производства всех отраслей народного хозяй-

ства при любом сочетании производственных участков, основывается на работе емкостей, входящих составной частью в любую ППС.

Наличие всевозможных промежуточных запасов в любом производственном процессе необходимо в силу того, что количественные характеристики как внешних, по отношению к данной поточно-производственной системе, условий, так и обслуживающих аппаратов неоднозначны и имеют дисперсионный характер. Данная классификация выделяет емкости из общего производственного процесса, определяет их место в этом процессе и тем самым создает базу для математического описания процесса запасаения, так как в качестве основного элемента она выделяет участки ППС, ограниченные емкостями.

Принятая классификация позволяет проанализировать изменение запасов в емкостях и на участках при регулировании, т.е. при изменении параметров потоков, поскольку оптимальное функционирование системы возможно только в случае активного воздействия на материальные потоки, движущиеся через обслуживающую систему.

В работе рассматриваются лишь однофазные системы, под которыми понимаются ППС, состоящие из двух участков с одной промежуточной емкостью. К числу таких систем относится большинство производственных, промежуточных, оптовых, центральных, торговых и прочих складов.

На основе анализа устанавливается перечень наиболее актуальных вопросов, касающихся материальных запасов и организации складского хозяйства. К ним относятся: методология планирования запасов; методология нормирования и управления запасами; средства и методы регулирования запасов; применение вычислительной техники для управления запасами; расчет производительности и числа потоков ППС склада; оптимизация процесса запасаения.

Последние два вопроса являются наиболее важными, касающимися организации складского хозяйства, и поэтому составляют предмет данного исследования. Решение их с помощью существующих методов не всегда позволяет создавать наиболее высококачественные обслуживающие системы

складов, поскольку они основываются на субъективных, интуитивных оценках, в лучшем случае на эмпирических формулах.

В работе эти расчеты базируются на методах математического моделирования.

Во второй главе приводятся исследования материальных потоков, движущихся через обслуживающую систему, т.к. производительность обслуживающей системы и уровень запаса (а, значит, и требуемая емкость склада) определяются характеристиками (параметрами) этих потоков, их изменчивостью.

В первую очередь изучалась суточная неравномерность движения грузов по складам. Длительное время существовало мнение, что научное планирование грузопотоков и деятельности складов принципиально несовместимо с допущением какой-либо случайности в движении грузов, тем более с требованием изучения случайности, выведения из случайных событий каких-то законов. Однако задача науки состоит не в том, чтобы отрицать или устранять случайность, а в том, чтобы за случайностями видеть и открывать необходимость.

Основной причиной суточной неравномерности является очень высокая структурная сложность перевозочного процесса, которая обуславливается взаимодействием большого числа процессов, зависящих от разных и одновременно действующих факторов. Именно реальные условия работы предприятий и транспорта, а вовсе не недостатки планирования, как это ни кажется парадоксальным на первый взгляд, являются причиной, вызывающей суточную неравномерность движения грузов.

Исследование суточной неравномерности движения грузов по складу проводилось на основе изучения фактических материалов, отражающих работу складов массовых тарноштучных грузов за длительный период.

Наибольшие трудности при расчете обслуживающих систем складов представляют случаи, когда входящие и выходящие потоки грузов носят вероятностный характер. Ввиду этого в качестве объектов исследования были избраны опто-

вые продовольственные склады: склад базы хлебопродуктов, городской склад-холодильник и бакалейный склад, у которых входящие и выходящие потоки носят стохастический характер.

Исследование закономерностей, которым подчинены грузопотоки, проводилось с помощью методов математической статистики. Сведения для математического описания процессов массового обслуживания в складах были получены путем регистрации и обобщения статистических данных.

Предварительный анализ работы складов давал основания полагать, что как входящие, так и выходящие потоки грузов должны быть пуассоновского типа.

Обработка статистических данных по входящим потокам (для всех складов это потоки вагонов) и последующая проверка по критерию согласия Пирсона  $P(\chi^2)$  показали, что гипотеза о пуассоновском распределении вероятностей подач вагонов к складам хорошо согласуется с опытными данными.

Обработка статистических данных по выходящим потокам (отгрузка на автотранспорт) показала, что наряду с потоками пуассоновского типа в ряде случаев распределения вероятностей поступления автомобилей под погрузку близки к нормальному распределению.

Объясняется это тем, что нормальное распределение является предельным, к которому приближаются все другие законы распределений, в том числе и распределение Пуассона с большим средним значением параметра потока. Кроме того, анализ структуры потоков показал, что они обладают также внутрисуточной нестационарностью, а выбранный масштаб времени (1 сутки) для данных потоков велик. Во всяком случае, характер полученных статистических распределений и для выходящих потоков не является принципиально отличным от распределения Пуассона.

В третьей главе дается методика расчета оптимального числа потоков участка поточно-производственной системы складов.

Существующие методы расчета производительности и

числа потоков участка учитывают неравномерность прибытия транспортных средств под погрузку или разгрузку посредством введения в расчетные формулы коэффициентов неравномерности и других поправочных коэффициентов, которые по своему характеру являются эмпирическими и зачастую субъективными.

Кроме того, требуемое число потоков, их производительность не являются функцией только коэффициента неравномерности, а зависят также от времени нахождения транспортного средства под погрузкой либо разгрузкой  $t_{зан}$  (время занятости потока). Величина же  $t_{зан}$  носит вероятностный характер.

Исходя из интересов всего народного хозяйства, рассматривая производство как единую цепь „сырье – обработка – потребитель“, число потоков участка ППС склада, через которые проходит этот материальный поток, должно определяться исходя из минимума суммарных приведенных затрат по складу и транспортным средствам.

Выбор оптимального числа потоков участка предлагается производить путем сравнения вариантов, предусматривающих использование различного числа этих потоков. Оптимальным в экономическом отношении будет вариант с минимальной суммой затрат на одну тонну переработанного груза. Сопоставление различных вариантов проводится исходя из

$$Z_i + EK_i = \min \left( \frac{руб}{т} \right), \quad (1)$$

где  $Z_i$  – удельные эксплуатационные расходы по складу, потокам и транспортным средствам, отнесенные к 1 т переработанного груза;

$K_i$  – удельные капиталовложения в склад и его оборудование, потоки и в парк транспортных средств за время нахождения их на обслуживании и в ожидании ее;

$E$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений.

Для пуассоновского потока заявок на обслуживание и

показательного закона распределения времени обслуживания получаем:

$$\frac{c_1 + n c_2 + c_3}{Q} + \frac{t_{зан}}{G} \left[ \frac{c_4 a^n}{a^n (n-a) + (n-1)! (n-a)^2 \sum_{k=0}^{n-1} \frac{a^k}{k!}} + c_5 \right] + \quad (2)$$

$$\frac{E}{Q} (K'_c + K'_n) + \frac{E K'_T t_{зан}}{T_p \cdot G} \left[ \frac{a^n}{a^n (n-a) + (n-1)! (n-a)^2 \sum_{k=0}^{n-1} \frac{a^k}{k!}} + 1 \right] = \min$$

Минимум функции определяется методом опробования: придавая  $n$  различные значения, находим наименьшую сумму затрат, которая и определяет оптимальное значение числа потоков участка ППС склада.

В формуле (2)  $c_1$  - амортизационные отчисления и отчисления на текущий ремонт склада и его оборудования (руб.);  $c_2$  - амортизационные отчисления и отчисления на текущий ремонт одного потока, не зависящие от грузооборота склада (руб.);  $c_3$  - эксплуатационные расходы, зависящие от величины грузооборота склада и числа потоков участка (руб.);  $c_4$  - стоимость простоя транспортного средства в ожидании обслуживания в течение суток (руб.);

$c_5$  - суточные эксплуатационные расходы одного транспортного средства (руб.);  $Q$  - годовой грузооборот склада (т);  $G$  - средневзвешенная загрузка транспортного средства;  $T_p$  - число рабочих дней склада в году;  $K'_c, K'_n, K'_T$  - приведенные стоимости склада, потоков и транспортных средств в расчете на год;  $Q = \lambda t_{зан}$ , где  $\lambda$  - интенсивность грузопотока.

Важной количественной характеристикой качества работы склада, которая используется при расчете оптимального числа потоков участка ППС, является время ожидания обслуживания. С использованием методов теории массового обслуживания даются расчетные формулы для определения величины времени ожидания при различных законах распределения времени обслуживания.

Наряду со стационарными случаями, довольно большая группа складов, связанных с работой железнодорожного и автомобильного транспорта, выходит за рамки стационарной

теории, поскольку они работают не круглосуточно, а лишь одну-две смены.

Получены выражения для математического ожидания длины очереди  $M[N_{\tau}]$  транспортных средств у склада в некоторый момент времени  $\tau$  и математического ожидания времени начала обслуживания  $M[T_{ож}]$ , которые соответственно равны:

$$M[N_{\tau}] = M[N_0] + (\mu - \nu)\tau, \quad (3)$$

$$M[T_{ож}] = \frac{1}{\nu} M[N_0] + (\alpha - 1)\tau, \quad \text{если } \alpha = \frac{\mu}{\nu} > 1, \quad (4)$$

где  $M[N_0]$  — начальная длина очереди;

$\mu$  — величина, обратная средней длине интервала между прибытиями транспортных средств;

$\nu$  — величина, обратная среднему времени обслуживания;

$\tau$  — интервал времени от начала работы склада.

В четвертой главе излагаются теоретические основы процесса запасания и проводится оптимизация одного из видов процесса запасания. При анализе процесса запасания следует одновременно рассматривать грузопотоки и характер функционирования склада. При стохастических грузопотоках величина запаса является также случайной величиной, причем она может быть как положительной, так и отрицательной. Чтобы вероятность уровня запаса была выше, процессом запасания необходимо управлять; причем система управления должна обеспечивать помимо достаточности уровня запаса также минимум издержек из-за возможного переполнения и опорожнения склада. Задача сводится, таким образом, к определению алгоритма управления запасом, приводящего к минимуму общие убытки, связанные со случайным характером материальных потоков.

Если в нулевой момент времени уровень запаса составляет  $Q_0$ , то соответствующий уровень запаса в момент

время  $t_0$  определяется следующим уравнением:

$$Q(t) = Q_0 + \sum_{\nu=1}^t [q_{\nu n}(\nu) - q_{\nu p}(\nu)] , \quad (5)$$

где  $q_{\nu n}(\nu)$  – количество груза, поступившего в склад за  $\nu$ -й отрезок времени (от момента  $\nu-1$  до момента  $\nu$ );

$q_{\nu p}(\nu)$  – количество груза, выданного со склада за  $\nu$ -й отрезок времени.

Анализ процесса запасаения проведен для склада, у которого число поступлений и отправлений грузов в единицу времени подчиняется распределению Пуассона.

Основными критериями работы обслуживающих систем с очередями, каковыми являются склады, суть вероятности появления заявок, ожидающих обслуживания, средний уровень запаса, среднее число заявок в очередях на обслуживание.

В стационарном режиме работы склада очереди, если  $\lambda \neq \mu$  ( $\lambda$  и  $\mu$  соответственно интенсивности входящего и выходящего грузопотоков), – что на практике, как правило, имеет место, так как входящие и выходящие потоки взаимонезависимы, – растут бесконечно: при  $\lambda > \mu$  – со стороны поступления, при  $\lambda < \mu$  – со стороны выдачи. Поэтому задача нахождения количественных характеристик, по которым можно было бы оценить качество работы системы, в математическом отношении решения не имеет, поскольку не существует конечного математического ожидания числа заявок в очереди на обслуживание в канале поступления или соответственно в канале выдачи. Ввиду этого случай с очередями необходимо рассматривать только при регулируемых потоках заявок.

В случае, если  $\lambda > \mu$ , уровень запаса будет повышаться, а в случае  $\lambda < \mu$  – понижаться. Чтобы свести к определенному значению вероятности появления „опасных уровней“ запаса (такими являются состояния обслуживающей системы „склад заполнен“ и „склад пуст“), необходимо осуществлять регулирование потоков материалов, т.е. изменять полную среднюю интенсивность поступления заявок на обслуживание.

В работе рассмотрен один из видов кусочно-непрерывного управления, а именно двух- и трехпозиционные системы управления. Число возможных случаев двух- и трехпозиционного управления процессом запасания довольно велико. В ряде случаев, по тем или иным причинам, „опасным“ состоянием является отсутствие запасов в складе; в других, наоборот, — переполнение склада. Существуют также ситуации, при которых следует избегать как опорожнения, так и переполнения склада.

Рассмотрим в качестве примера двухпозиционное регулирование запаса изменением интенсивности входящего потока.

Пусть по целому ряду причин нежелательным является переполнение склада. Такая ситуация обязательно возникает в случае, если  $\lambda > \mu$ . Избежать нежелательного (по вероятности) состояния можно путем регулирования интенсивности входящего потока материалов: когда уровень запаса приобретает значение  $\xi_{N+1}$ , близкое к  $\xi_N$ <sup>1)</sup>, интенсивность потока поступающих материалов (грузов), которая удовлетворяла до этого момента условию  $\lambda > \mu$ , скачком приобретает новое значение  $\lambda_1 < \mu$  и возвращается к прежнему значению  $\lambda > \mu$ , как только уровень запаса станет равным  $\xi_N$  (при переполнении грузы становятся в очередь и поступают в склад по мере выдачи товаров со склада согласно требованиям клиентуры). Техническая реализация такого регулятора может быть самой разнообразной, однако закон регулирования, который он осуществляет, является неизменным для всех — релейным.

Рассматривая случай с очередями, возможные уровни запаса можем занумеровать в виде двусторонней последовательности

$$\dots, \xi_{-k}, \xi_{-k+1}, \dots, \xi_{-1}, \xi_0, \xi_1, \dots, \xi_{N_1}, \xi_{N_1+1}, \dots, \xi_N, \xi_{N+1}, \dots, \xi_{N+k}, \dots$$

Процесс перехода от одного уровня запаса к другому — марковский, и поэтому имеет место бесконечная в обе стороны система дифференциальных уравнений эрланговского

1)  $N$  — емкость склада (в единицах запаса).

типа:

$$\left. \begin{aligned} P'_k(t) &= -(\lambda + \mu)P_k(t) + \mu P_{k+1}(t) + \lambda P_{k-1}(t), \quad k \leq N_1 \\ P'_{N_1+1}(t) &= -(\lambda_1 + \mu)P_{N_1+1}(t) + \mu P_{N_1+2}(t) + \lambda P_{N_1}(t) \\ P'_k(t) &= -(\lambda_1 + \mu)P_k(t) + \mu P_{k+1}(t) + \lambda_1 P_{k-1}(t), \quad k > N_1+1. \end{aligned} \right\} (6)$$

Решение этой системы уравнений в стационарном режиме работы склада дало формулы, позволяющие количественно оценить качество работы склада:

1. Вероятность нулевого запаса

$$P_0 = \frac{(\lambda - \mu)(\mu - \lambda_1)}{\lambda(\lambda - \lambda_1)} \left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^{N_1}. \quad (7)$$

2. Вероятности уровней запаса (кроме нулевого)

$$\begin{aligned} P_k &= \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k P_0, \quad k \leq N_1 + 1 \\ P_{N_1+k} &= \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{N_1+1} \left(\frac{\lambda_1}{\mu}\right)^{k-1} P_0, \quad k \geq 1. \end{aligned} \quad (8)$$

3. Вероятность отсутствия запаса на складе

$$P_{<0} = \frac{\mu}{\lambda - \mu} P_0. \quad (9)$$

4. Вероятность переполнения склада

$$P_{>N} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda_1} \left(\frac{\lambda}{\lambda_1}\right)^{N_1} \left(\frac{\lambda_1}{\mu}\right)^N P_0. \quad (10)$$

5. Математическое ожидание длины очереди канала выдачи

$$M_{<0} = \frac{\lambda \mu}{(\lambda - \mu)^2} P_0. \quad (11)$$

6. Математическое ожидание длины очереди канала поступления

$$M_{>N} = \frac{\mu^2}{(\mu - \lambda_1)^2} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{N_1+1} \left(\frac{\lambda_1}{\mu}\right)^{N-N_1} P_0. \quad (12)$$

7. Среднее число единиц запаса в складе

$$M[\xi] = P_0 \left[ \left( \frac{1-q^{N_1}}{1-q} - N_1 q^{N_1} \right) \frac{q}{1-q} + \right. \\ \left. + \left( \frac{1-q_1^{N-N_1}}{1-q_1} - (N-N_1) q_1^{N-N_1} \right) \frac{q_1^{N_1+1}}{1-q_1} \right], \quad (13)$$

где  $q = \frac{\lambda}{\mu}$ ,  $q_1 = \frac{\lambda_1}{\mu}$ .

Полученные формулы позволяют оценить качество работы склада при регулируемом входящем потоке грузов. Конечной же целью является определение уровня запаса  $N_1$ , минимизирующего вероятность переполнения и опорожнения склада, а также минимизирующего общие издержки из-за наличия очередей у склада. Минимизировать вероятность переполнения и опорожнения склада, т.е. найти

$$\min (P_{<0} + P_{>N})$$

означает, что надо найти экстремум вогнутой целевой функции вида

$$f(N_1) = P_{<0} + P_{>N},$$

откуда  $N_1 = [x]$  или  $N_1 = [x] + 1$ , где

$$x = \log_{q_2} \left( \frac{\mu - \lambda_1}{\lambda - \mu} \cdot \frac{q_0}{q_1^N} \cdot \frac{\ln q_0}{\ln q_1} \right), \quad (14)$$

$$q_0 = \frac{\mu}{\lambda}, \quad q_1 = \frac{\lambda_1}{\mu}, \quad q_2 = \frac{\lambda}{\lambda_1}.$$

Значение уровня запаса  $N_1$ , при котором минимизируются общие переменные издержки по складу из-за наличия очередей, определяется минимумом функции

$$\varphi(N_1) = C_1 M_{<0} + C_2 M_{>N},$$

где  $C_1$  и  $C_2$  соответственно стоимости ожидания обслуживания одной заявки в канале выдачи и в канале поступления в единицу времени.

Минимум функции легко находится:

$$N_1 = [x] \text{ или } N_1 = [x] + 1,$$

где

$$x = \log_{q_3} \left[ \frac{c_2}{c_1} \left( \frac{\lambda - \mu}{\mu - \lambda_1} \right)^2 \frac{\ln q_1}{\ln q_0} q_1^N \right], \quad (15)$$

$$q_3 = \frac{\lambda_1}{\lambda}, \quad 0 \leq N_1 \leq N.$$

Математическое описание процесса запасаения и оптимизация уровня регулирования в других случаях двух- и трехпозиционного регулирования (всего рассмотрено восемь случаев) проводится по аналогии с рассмотренным выше случаем.

---

## ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Изложенные в диссертации вопросы позволяют сделать следующие основные выводы.

1. Автоматизация складов требует проведения исследований различных факторов, характеризующих работу складов. Основными из них являются: поточность и непрерывность процессов перемещения и производственного процесса в целом; соответствие технологических схем требованиям автоматизации.
2. Несмотря на специфику различных складов массовых грузов, они имеют общие особенности, что дает возможность классифицировать ППС (ПТС) складов на основании классификации ППС предприятий, перерабатывающих сыпучие материалы.
3. Технологические схемы складов массовых грузов komponуются из отдельных участков, заключенных между начальными и конечными емкостями.
4. Эффективность работы складских систем — качество работы складов, характеризуется рядом количественных критериев. Анализ закономерностей транспортных потоков (потоков заявок), осуществляемый с помощью методов математической статистики, и применение методов теории массового обслуживания позволяют во многих случаях найти значения количественных характеристик качества работы склада.

Проведенные исследования структуры грузопотоков ряда складов показали, что потоки носят вероятностный характер.

5. Разработана методика расчета оптимального числа потоков участка ППС. Оптимальный вариант из числа возможных находится путем определения минимума взаимозависимых расходов по складу и транспортным средствам, порождаемых, с одной стороны, простоями линий обслуживания (с учетом периодов снижения интенсивности поступления транспортных средств с грузами) и, с другой – простоями транспортных средств в ожидании погрузки и разгрузки.

6. Проведено математическое описание процесса запасаения для случая регулируемых потоков пуассоновского типа. Получены основные количественные характеристики качества работы склада, позволяющие найти вероятности уровней запаса, вероятности опорожнения и переполнения склада, среднее число единиц запаса в складе, средние длины очередей в каналах поступления и выдачи заявок (грузов).

7. Осуществлена оптимизация процесса запасаения, исходя из минимума вероятностей наличия очередей у склада и минимума убытков из-за наличия заявок в очередях у склада.

8. Полученные количественные характеристики качества работы складов дают точные результаты при пуассоновских стационарных потоках. Поэтому конкретному практическому применению предлагаемых формул по определению качества обслуживания должна предшествовать работа по сбору и обработке исходных данных.

Учитывая, что теория транспортных потоков еще не полностью сформировалась, выполненное исследование поможет полнее установить закономерности, свойственные потокам заявок, поступающих в склады на обслуживание, т.к. методы экстраполяции на нынешнем уровне развития исследований транспортных потоков не допустимы.

9. Поскольку обработка информации о движении грузов по складу с целью выявления закономерностей транспортных потоков весьма трудоемка, необходимо осуществлять ее на ЭЦВМ. Для этого требуется применять специальные методы

кодирования всех данных, характеризующих грузопоток, с целью быстрой и удобной их обработки на вычислительных машинах.

10. Применение предлагаемых формул по определению количественных характеристик качества работы при проектировании таких элементов больших систем, как склады массовых грузов, позволит получить оптимальные в экономическом отношении обслуживающие системы.

---

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты исследований опубликованы в следующих работах:

1. Применение теории массового обслуживания к расчету основных параметров автоматизированных складов. Тезисы докладов XXII научной конференции. Одесса, ОТИ имени М.В.Ломоносова, стр. 23-24, 1965.

2. Количественные характеристики потоков заявок, поступающих в склады тарно-штучных грузов. „Механизация и автоматизация производства“, № 1, стр. 39-42, 1966.

3. Исследование процессов запасаения в складах методами математического моделирования. Тезисы докладов XXIII научной конференции. Одесса, ОТИ имени М.В.Ломоносова, стр. 18-20, 1966.

4. Исследование количественных характеристик обслуживающих систем складов массовых грузов. „Автоматизация производственных процессов на предприятиях по хранению и переработке зерна“ (сборник). ЦИНТИ Госкомзага СССР, М., стр. 24-53, 1966.

Основные результаты докладывались автором:

- 1) на XXVII научной конференции ОТИ имени М.В.Ломоносова. Одесса, март, 1965;
  - 2) на III научной конференции молодых математиков Украины. Киев, апрель, 1966;
  - 3) на XXVIII научной конференции ОТИ имени М.В.Ломоносова. Одесса, июль, 1966;
  - 4) на областном семинаре по кибернетике и автоматическому управлению. Одесса, апрель, 1967;
  - 5) на XXIX научной конференции ОТИ имени М.В. Ломоносова. Одесса, апрель, 1967.
- 

БР 07266 Подписано к печати 23/У-67 г. Объем 1,0 печ.л.  
Уч.изд.л. 1,1 Заказ № 95 Тираж 200 экз. 1967 г.

Печатная лаборатория ОТИ имени М.В.Ломоносова  
Одесса, ул. Свердлова, 112