

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ  
СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Першин Сергей Владимирович

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СКЛАДСКОГО КОМПЛЕКСА

Специальность: 05.13.07 - автоматизация  
технологических процессов и производств

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Севастополь

1996

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00759954 (\$)

*ДВ. 35. 601*

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ  
СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Першин Сергей Владимирович

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СКЛАДСКОГО КОМПЛЕКСА

Специальность: 05.13.07 - автоматизация  
технологических процессов и производств

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Севастополь

1996

ЛНБ ім. В. Стефаник  
АН України

Диссертация является рукописью

Работа выполнена в Севастопольском Государственном  
техническом университете

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
Крючков Иван Васильевич

Официальные оппоненты:

1. Доктор технических наук, профессор  
Торлин Вадим Николаевич

2. Кандидат технических наук,  
Сало Анатолий Афанасьевич,  
главный инженер МПП "Юг" (г. Севастополь)

Ведущее предприятие: АО "Фиолент" (г. Симферополь)

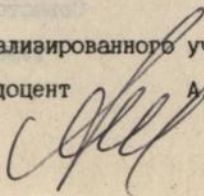
Защита состоится 24 октября 1996 г. в 16<sup>30</sup> на засе-  
дании специализированного ученого совета Д 11.03.01 в Се-  
вастопольском Государственном техническом университете.

Адрес: 335053, Севастополь, Студгородок, Стрелецкая  
бухта 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Севас-  
топольского Государственного технического университета.

Автореферат разослан 23 сентября 1996 г.

Ученый секретарь специализированного ученого совета  
кандидат технических наук, доцент А.Н. Шерешевский



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

**АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ.** Склады являются неотъемлемой частью предприятий всех без исключения отраслей хозяйства. Современный уровень автоматизации производства диктует необходимость приоритетного применения автоматизированных складских комплексов, обеспечивающих максимальное использование складских помещений, удобство доступа к грузам и высокую производительность. Такие комплексы являются наиболее эффективным оборудованием для переработки тарно-штучных грузов. Согласно расчетам, применение стеллажных складов позволяет снижать стоимость переработки грузов на 35 - 40% и увеличивать производительность в 1.3 - 1.5 раза. Однако проведенные исследования позволили сделать вывод, что эффективность работы автоматизированных складских комплексов в нашей стране не соответствует требованиям как отечественных, так и зарубежных стандартов. Так как причины этого вызваны не конструктивными недостатками, резервы повышения эффективности оборудования рассматриваемого типа нужно искать в улучшении организации его эксплуатации и технического обслуживания.

В связи с вышеизложенным, актуальна разработка методов и технических средств исследования и диагностики подъемно-транспортного оборудования для стеллажных складов. Кроме того, значительную научную и практическую ценность представляют разработки вопросов моделирования показателей надежности автоматизированных складских комплексов по данным о надежности их элементов, по экономическим критериям; разработка методов сбора статистической эксплуатационной информации.

**ЦЕЛЮЮ НАСТОЯЩЕЙ РАБОТЫ** является повышение эффективнос-

ти автоматизированного складского комплекса на основе разработки и исследования средств его автоматизированного контроля в процессе эксплуатации, а также улучшения качества изготовления его элементов.

Для достижения поставленной цели решены ряд ЗАДАЧ:

- Провести анализ причин отказов автоматизированного складского комплекса для выявления наиболее характерных типовых отказов и элементов, лимитирующих его надежность.

- Построить математическую модель объекта, которая позволит оценивать надежность системы по показателям надежности ее элементов.

- Решить задачу оптимизации распределения ресурсов при повышении эффективности автоматизированного складского комплекса путем улучшения качества изготовления его элементов.

- Обосновать и разработать методы и технические средства автоматизированного исследования и диагностики объекта.

- Разработать систему автоматизированного контроля, позволяющую собирать информацию о нагрузках в механизмах крана-штабелера и напряжениях в элементах автоматизированного складского комплекса, анализировать ее в автоматическом режиме и определять узлы и элементы конструкции, для которых необходимо проведение операций ремонта и технического обслуживания.

- Провести исследования с целью проверки эффективности работы системы автоматизированного контроля и выбора методики повышения надежности складского комплекса.

- Разработать конструкцию универсального измерительного преобразователя для контроля вращающего момента и прове-

рять его работоспособность на физической модели.

#### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Для решения поставленных задач использовались методы теории марковских случайных процессов, теории надежности, математической статистики, нелинейного программирования, аппроксимации функций.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных, в полупроизводственных и производственных условиях с использованием методов и средств натурной тензометрии и фотозлектрического преобразования информации. Обработка экспериментальных данных проводилась на ПЭВМ с использованием теории вероятностей и математической статистики.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА работы заключается в следующем.

- 1) Построена математическая модель состояний автоматизированного складского комплекса. Определены элементы, лимитирующие надежность системы.
- 2) На основании математической модели предложены критерии и ограничения, что позволило сформулировать задачи оптимизации распределения ресурсов.
- 3) Решена задача максимизации значения коэффициента готовности при ограничении на сумму материальных затрат.
- 4) Решена обратная задача, заключающаяся в минимизации величины материальных затрат при ограничении на коэффициент готовности.
- 5) На основании результатов исследований промышленного образца автоматизированного складского комплекса (выпускаемого Симферопольским НПО "Оргтехавтоматизация") установлены границы зон значений нагрузок и напряжений в элементах комплекса, необходимые для обработки информации системой

автоматизированного контроля.

б) На основании сравнительного анализа статистической эксплуатационной информации показана необходимость введения при анализе значений нагрузок и напряжений зон "риска", при попадании в которые эти значения закладываются управляющей ЭВМ, но остановки оборудования не происходит.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ** работы заключается в разработке системы автоматизированного контроля автоматизированного складского комплекса по нагрузкам и напряжениям в механизмах крана-штабелера и отдельных элементах конструкций объекта. Новизна предложенных технических решений подтверждена двумя патентами России и двумя патентами Украины. Разработана методика повышения эффективности автоматизированного складского комплекса путем проведения его комплексных исследований и использования системы автоматизированного контроля при его дальнейшей эксплуатации.

**РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ.** Материалы диссертационной работы использованы при разработке конструкции опытного образца крана-штабелера. Кроме того, научные выводы и рекомендации, содержащиеся в работе, использованы при модернизации автоматизированного складского комплекса, выпускаемого Симферопольским НПО "Оргтехавтоматизация". Внедрение результатов диссертационной работы принесло экономический эффект в 27 000 рублей в год на один комплекс (в ценах 1991г.), что подтверждено соответствующим актом о внедрении.

**АПРОВАЦИЯ.** Научные результаты и основные положения работы докладывались и обсуждались на научно-технической конференции "Научные достижения и опыт отраслей машиностроения - народному хозяйству" (Севастополь, 1991); научных семина-

рах департаментов автоматизации технологических процессов и производств, приборостроения и кафедры машиноведения и прикладной механики.

**ПУБЛИКАЦИИ.** По теме диссертации опубликовано 9 печатных работ.

**СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ.** Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, выводов, списка использованных источников и приложений. Содержит 103 страниц машинописного текста, 22 рисунков, 3 таблицы, 90 библиографических наименований.

**НА ЗАЩИТУ ВЫНОСЯТСЯ** разработанные лично автором:

- математическая модель автоматизированного складского комплекса;

- математические модели оптимального распределения средств при повышении эффективности объекта;

- методика повышения эффективности автоматизированного складского комплекса путем проведения его комплексных исследований и использования системы автоматизированного контроля, базирующейся на двух технических устройствах, новизна которых защищена патентами, при дальнейшей эксплуатации комплекса;

#### КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

ВО ВВЕДЕНИИ обоснована актуальность темы диссертационной работы, дается краткая характеристика существующих разработок в данной области, обосновываются цель и задачи исследований, показаны основные результаты работы.

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ дается краткая ретроспектива технического развития подъемно-транспортного оборудования для переработки тарно-штучных грузов до появления автоматизирован-

ных складских комплексов, содержится описание общих компоновок таких комплексов. Приведенные данные доказывают, что рассматриваемое оборудование является наиболее эффективным для переработки грузов названного типа и отличается высокой производительностью и отработанностью конструкции. Следовательно, резервы повышения его эффективности следует искать в области улучшения организации технического обслуживания.

В главе приводятся также методы оценки надежности оборудования автоматизированных складов в соответствии с отечественными и европейскими стандартами. Имеющиеся данные позволяют утверждать, что эффективность работы транспортно-складских систем в нашей стране не соответствует требованиям стандартов. Для приведения отечественного оборудования к требуемым показателям надежности необходима разработка новых методов его исследования и диагностики. Существенное значение для повышения эффективности работы автоматизированных складских комплексов имеет разработка вопроса моделирования их надежности по данным о надежности их элементов.

В заключение сформулированы цель и задачи исследований.

ВО ВТОРОЙ ГЛАВЕ приводятся статистические данные об отказах автоматизированного складского комплекса. Анализ данных позволил определить типовые отказы и выделить элементы, лимитирующие надежность объекта. Таких элементов выделено три: механизмы подъема, передвижения и выдвижения телескопического грузового захвата крана-штабелера (соответственно 24.3%, 25.4% и 39.8% общего времени восстановления). Проведен анализ причин отказов.

По данным статистических исследований построена математическая модель состояний объекта. Выделены 16 возможных состояний. Функционирование объекта определено как процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем. Поток отказов всех элементов принят пуассоновскими, а времена их восстановления подчиняющимися экспоненциальному закону.

Получены итоговые уравнения для вычисления финальных вероятностей нахождения в исправном состоянии для всех элементов системы. Итоговое уравнение для вычисления коэффициента готовности комплекса имеет вид:

$$P_0 = \frac{1}{A}, \text{ где}$$

$$A = 1 + (1 + \frac{\lambda_{4.1}}{\lambda_{1.0}}) \frac{\lambda_{0.4}(\lambda_{12.0} + \lambda_{12.4}) + \lambda_{12.4}\lambda_{0.12}}{(\lambda_{4.0} + \lambda_{4.1})(\lambda_{12.0} + \lambda_{12.4})} +$$

$$+ (1 + \frac{\lambda_{5.2}}{\lambda_{2.0}}) \frac{\lambda_{0.5}(\lambda_{13.0} + \lambda_{13.5}) + \lambda_{0.13}\lambda_{13.5}}{(\lambda_{13.0} + \lambda_{13.5})(\lambda_{5.0} + \lambda_{5.2})} +$$

$$+ (1 + \frac{\lambda_{6.3}}{\lambda_{3.0}}) \frac{B}{C} + \frac{\lambda_{0.7}}{\lambda_{7.0}} + \frac{\lambda_{0.8}}{\lambda_{8.0} + \lambda_{8.6}} + \frac{\lambda_{0.9}}{\lambda_{9.0}} +$$

$$+ \frac{\lambda_{0.10}}{\lambda_{10.0} + \lambda_{10.6}} + \frac{\lambda_{0.11}}{\lambda_{11.0}} + \frac{\lambda_{0.12}}{\lambda_{12.0} + \lambda_{12.4}} +$$

$$+ \frac{\lambda_{0.13}}{\lambda_{13.0} + \lambda_{13.5}} + \frac{\lambda_{0.14}}{\lambda_{14.0} + \lambda_{14.6}} + \frac{\lambda_{0.15}}{\lambda_{15.0}},$$

$$\text{где } B = \lambda_{0.6}(\lambda_{14.0} + \lambda_{14.6})(\lambda_{8.0} + \lambda_{8.6})(\lambda_{10.0} + \lambda_{10.6}) +$$

$$+ \lambda_{0.14}\lambda_{14.6}(\lambda_{8.0} + \lambda_{8.6})(\lambda_{10.0} + \lambda_{10.6}) +$$

$$+ \lambda_{8.6}\lambda_{0.8}(\lambda_{14.0} + \lambda_{14.6})(\lambda_{10.0} + \lambda_{10.6}) +$$

$$+ \lambda_{10.6}\lambda_{0.10}(\lambda_{8.0} + \lambda_{8.6})(\lambda_{14.0} + \lambda_{14.6}),$$

$$\text{а } C = (\lambda_{6.0} + \lambda_{6.3})(\lambda_{14.0} + \lambda_{14.6})(\lambda_{8.0} + \lambda_{8.6})(\lambda_{10.0} + \lambda_{10.6}).$$

В результате вычислений на ЭВМ по разработанной

программе получено значение коэффициента готовности 0.871, что ниже требований как отечественных, так и зарубежных стандартов (не менее 0.95). Путем аналитической статистической обработки результатов исследований получено значение коэффициента готовности 0.865. Найдены граничные значения доверительного интервала для доверительной вероятности 0.95. Полученный расчетом на ПЭВМ результат попадает в указанный доверительный интервал, что свидетельствует об адекватности предложенной модели реальному объекту.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ рассмотрены задачи оптимизации вложенных ресурсов при повышении эффективности автоматизированного складского комплекса методом улучшения качества изготовления его элементов.

Чаще всего решение задачи оптимизации показателей надежности грузоподъемных кранов осуществляется по критерию минимальных приведенных суммарных затрат. Эта методика достаточно подробно разработана и широко применяется для исследования надежности мостовых, козловых и порталных кранов. При этом она опирается на проводившиеся на протяжении последних трех десятилетий эксплуатационные исследования оборудования указанных типов, позволившие выявить наиболее характерные типовые отказы, установить средние значения долговечности основных узлов и деталей механизмов кранов, времена их восстановления после отказа, определить наработки на отказ.

К сожалению для подъемно-транспортного оборудования стеллажных складов использование этой методики на сегодняшний день не представляется возможным, так как неизвестны точные численные значения большей части параметров, пос-

кольку статистические исследования для их определения проводились крайне недостаточно.

В нашем случае, имеется математическая модель, позволяющая прогнозировать надежность автоматизированного складского комплекса по показателям надежности элементов. Кроме того, разработаны средства и методы, позволяющие собирать эксплуатационную информацию об этих элементах. Это дало возможность поставить и решить задачу оптимизации надежности на основании изменения технических параметров элементов автоматизированного складского комплекса, исходя из затрат на эти изменения. В роли критерия оптимизации принят коэффициент готовности - наиболее информативный параметр, характеризующий надежность.

Предложена аппроксимация потоков отказов элементов автоматизированного складского комплекса экспоненциальной функцией, аргументами которой являются суммы средств, вложенных в уменьшение потоков отказов. На основании статистической эксплуатационной информации выделены три элемента, лимитирующие надежность комплекса - механизмы подъема, передвижения и выдвижения телескопического грузового захвата крана-штабелера. Потоки отказов остальных элементов приняты постоянными величинами. Полученное с учетом указанных допущений уравнение коэффициента готовности объекта представляет собой целевую функцию:

$$(x_1, x_2, x_3) \rightarrow \max \{W = - \lambda_1 e^{-k_1 x_1} - \lambda_2 e^{-k_2 x_2} - \lambda_3 e^{-k_3 x_3}\}$$

Таким образом, необходимо определить значения  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ , обращающие в максимум функцию  $W$  при ограничении:

$$S = x_1 + x_2 + x_3,$$

где  $S$  - общая сумма средств, вкладываемых в повышение надежности объекта, а  $x_1, x_2, x_3$  - величины ресурсов, последовательно вкладываемых в модернизацию трех выделенных элементов автоматизированного складского комплекса.

В результате моделирования методом динамического программирования получены следующие математические зависимости:

$$x_3 = \frac{\frac{k_1 k_2 S}{k_1 + k_2} + \ln \frac{\lambda_3 k_3 (k_1 + k_2)}{k_1 k_2 B}}{k_3 + \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}}; \quad x_2 = \frac{\ln \frac{\lambda_2 k_2}{\lambda_1 k_1} + k_1 (S - x_3)}{k_1 + k_2};$$

$$x_1 = S - x_2 - x_3.$$

Полученное выражение для максимального выигрыша:

$$W_3 = -\lambda_3 e^{-k_3 x_3} - B e^{-\frac{k_1 k_2 (S - x_3)}{k_1 + k_2}}$$

$$\text{где } B = \lambda_2 \left( \frac{\lambda_2 k_2}{\lambda_1 k_1} \right)^{\frac{k_2}{k_1 + k_2}} + \lambda_1 \left( \frac{\lambda_2 k_2}{\lambda_1 k_1} \right)^{\frac{k_1}{k_1 + k_2}}$$

Полученная математическая модель позволяет получить экономию ресурсов за счет оптимального их использования.

Рассмотрена также задача определения суммы средств, достаточной для того, чтобы достичь наперед заданной величины коэффициента готовности, например,  $K_r = 0.95$  (требуемой стандартом). Это задача, обратная предыдущей. В роли функции выигрыша здесь выступает затратная функция  $Z = x_1 + x_2 + x_3$ , которая минимизируется. Выражение для коэффициента готовности здесь является ограничением.

В результате моделирования по методу множителей Лагранжа получены следующие математические зависимости:

$$x_1 = - \frac{1}{k_1} \ln \frac{1}{\lambda' \lambda_{1k_1}}, \quad x_2 = - \frac{1}{k_2} \ln \frac{1}{\lambda' \lambda_{2k_2}}, \quad x_3 = - \frac{1}{k_3} \ln \frac{1}{\lambda' \lambda_{3k_3}},$$

$$\text{где } \lambda' = \frac{k_1 k_2 + k_2 k_3 + k_1 k_3}{A k_1 k_2 k_3}, \quad A = \frac{1}{K_{\Gamma \text{ зад}}} - C_4.$$

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, C_4$  - постоянные коэффициенты, вычисляющиеся исходя из значений потоков отказов элементов объекта, принятых постоянными величинами.

Полученная математическая модель позволяет решать задачи прогнозирования надежности автоматизированного складского комплекса, исходя из затрат на изменение технического состояния его элементов.

Анализ документации на Опытном заводе Симферопольского НПО "Оргтехавтоматизация" позволил выявить стоимости вариантов повышения эффективности автоматизированного складского комплекса за счет улучшения механических свойств и качества изготовления элементов механизмов крана-штабелера, что позволило решить прямую и обратную задачи распределения ресурсов в численном виде. Разработаны программы для ПЭВМ для соответствующих расчетов.

В ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ содержится описание системы автоматизированного контроля автоматизированного складского комплекса и принципов ее работы. Функциональная схема работы системы приведена на рис. 1.

Приводится подробное описание объекта исследования автоматизированного складского комплекса АСК-1, выпускаемого Симферопольским НПО "Оргтехавтоматизация".

Дается обоснование методов и средств определения динамических нагрузок в механизмах крана-штабелера и напряжений в отдельных элементах конструкций комплекса. В их число

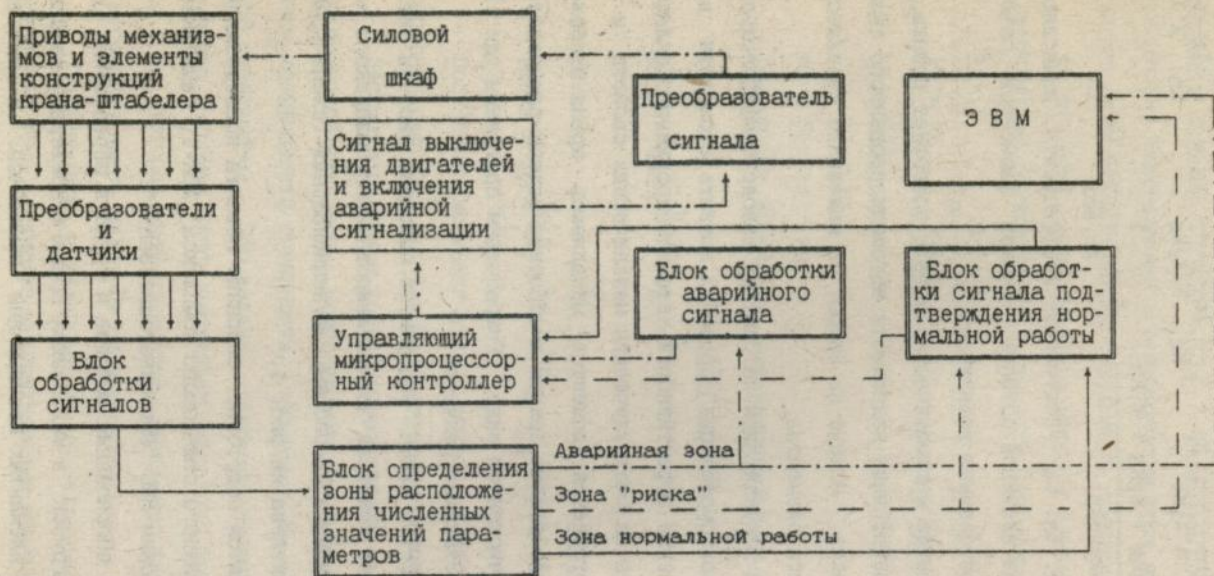


Рис. 1 Функциональная схема системы автоматизированного контроля.

входят два новых технических средства.

Предложены устройства для контроля вращающих моментов двигателей приводов крана-штабелера, новизна которых подтверждена патентами России и патентами Украины. Использование в кране этих устройств повышает надежность, улучшает условия эксплуатации и технического диагностирования. Указанные технические средства вошли в состав системы автоматизированного контроля объекта.

В главе приводится также описание методов и средств автоматизированного контроля напряжений в тех элементах конструкций складского комплекса, которые выделены, исходя из анализа отказов объекта.

Данные, полученные в результате работы системы автоматизированного контроля автоматизированного складского комплекса, например, на стадии пуско-наладочных работ, дают возможность определить пути повышения показателей надежности до требуемых стандартами значений.

При дальнейшей эксплуатации автоматизированного складского комплекса использование системы автоматизированного контроля позволяет уменьшить число отказов, сократить время поиска неисправностей и ремонта. Кроме того, контроль за состоянием элементов конструкций дает возможность прогнозировать некоторые отказы.

В ПЯТОЙ ГЛАВЕ приведены результаты исследований автоматизированного складского комплекса, проведенных на предприятии-изготовителе (Опытный завод Симферопольского НПО "Оргтехавтоматизация"). Целью исследований было решение следующих задач:

- 1) проверка соответствия разработанных методов и тех-

нических средств исследований и контроля автоматизированного складского комплекса своему функциональному назначению;

2) определение номинальных значений нагрузок и напряжений на элементах комплекса;

3) установление границ зон нормальной работы, риска и аварийных для датчиков и измерительных преобразователей, входящих в состав системы автоматического контроля;

4) экспериментальное определение влияния системы автоматизированного контроля на эффективность автоматизированного складского комплекса в производственных условиях.

После проведения комплексных исследований объекта система автоматизированного контроля функционировала в производственных условиях. На протяжении года проводился сбор статистической эксплуатационной информации об отказах объекта.

По результатам исследований были сделаны нижеследующие выводы.

1) Разработанные методы и технические средства для исследований и контроля автоматизированного складского комплекса показали свою эффективность и полное соответствие функциональному назначению в производственных условиях.

2) Определены номинальные значения нагрузок и напряжений на элементах автоматизированного складского комплекса. Во всех случаях они соответствовали расчетным значениям.

3) Показана целесообразность введения зоны "риска" при анализе значений нагрузок и напряжений в процессе работы системы автоматизированного контроля автоматизированного складского комплекса. Этот вывод сделан на основании сравнительного анализа статистической эксплуатационной информа-

ции о работе объекта с учетом зоны "риска" при обработке значений нагрузок и напряжений и без такового. В обоих случаях сравнивались данные за полгода работы.

4) На основании полученных экспериментальных данных установлены границы зон нормальной работы и "риска" для значений нагрузок и напряжений в элементах складского комплекса, выпускаемого Симферопольским НПО "Оргтехавтоматизация", что легло в основу функционирования системы автоматизированного контроля объекта.

5) Проведенные наблюдения за функционированием автоматизированного складского комплекса в течение полугода после проведенных его исследований и введения в действие системы его автоматизированного контроля позволили получить эксплуатационную статистическую информацию о работе элементов комплекса. В результате расчета на ПЭВМ по разработанной программе коэффициента готовности определено его возрастание на 7.2% по сравнению с вычисленным ранее его значением за предшествующий названным мероприятиям период. Это позволяет сделать вывод о повышении эффективности автоматизированного складского комплекса в результате применения разработанной методики.

ГЛАВА ШЕСТАЯ содержит описание предложенной конструкции универсального измерительного преобразователя для контроля вращающего момента. Физическая модель указанного преобразователя изготовлена и испытана на заводе "Фиолент" (г. Симферополь).

#### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ.

1) Проведенный статистический анализ причин отказов автоматизированного складского комплекса, выпускаемого Сим-

феропольским НПО "Оргтехавтоматизация", позволил определить типовые отказы и выделить элементы, сильнее других влияющие на коэффициент готовности объекта. Таких элементов выделено три: механизмы подъема, передвижения и выдвижения телескопического грузового захвата крана-штабелера (соответственно 24.3%, 25.4% и 39.8% общего времени восстановления).

2) По данным статистических исследований построена математическая модель объекта, которая позволяет оценивать коэффициент готовности системы по показателям надежности ее элементов. В результате вычислений на ПЭВМ по разработанной программе получено значение коэффициента готовности 0.871, что ниже требований как отечественных, так и зарубежных стандартов (не менее 0.95). Путем аналитической статистической обработки результатов исследований получено значение коэффициента готовности 0.865. Найдены граничные значения доверительного интервала для доверительной вероятности 0.95. Полученный расчетом на ПЭВМ результат попадает в указанный доверительный интервал, что свидетельствует об адекватности предложенной модели реальному объекту.

3) Решены прямая и обратная задачи оптимизации распределения ресурсов при повышении эффективности автоматизированного складского комплекса путем улучшения качества изготовления элементов конструкции. Полученные математические зависимости позволяют планировать мероприятия по повышению эффективности объекта, исходя из минимума материальных затрат или из задачи достижения максимального коэффициента готовности.

4) Разработаны технические средства исследования и диагностического контроля автоматизированного складского

комплекса в процессе работы. Проведенные в производственных условиях испытания подтвердили их эффективность. Новизна предложенных технических решений подтверждена двумя патентами России и двумя патентами Украины.

5) Разработана дистанционная многоканальная система автоматизированного контроля складского комплекса в производственных условиях, которая позволяет:

- осуществлять в автоматическом режиме сбор информации о нагрузках в механизмах крана-штабелера и напряжениях в отдельных элементах конструкции объекта;

- проводить обработку полученных данных на ПЭВМ;

- на основании анализа данных определять узлы и элементы конструкций, для которых необходимо проведение операций ремонта и технического обслуживания.

Проведенные в производственных условиях испытания показали соответствие системы автоматизированного контроля своему функциональному назначению.

6) Разработана методика повышения эффективности автоматизированного складского комплекса путем проведения его комплексных исследований и использования системы автоматизированного контроля при его дальнейшей эксплуатации. Данная методика может быть использована на стадии пуско-наладочных работ для повышения коэффициента готовности оборудования до требуемого нормативной документацией значения и проведения приемочных и приемо-сдаточных испытаний в соответствии с требованиями международных стандартов.

7) Проведен сбор статистической эксплуатационной информации о функционировании объекта исследований в течение года после установки системы его автоматизированного конт-

роля. В результате вычислений по данным наблюдений определено увеличение коэффициента готовности на 7,2% по сравнению с базовым вариантом после проведения комплекса мероприятий в соответствии с разработанной методикой повышения эффективности объекта. Полученные математические зависимости и разработанные для соответствующих вычислений программы позволили определить предполагаемое увеличение коэффициента готовности (на 3.6%) в случае вкладывания в мероприятия по повышению качества изготовления элементов конструкции суммы ресурсов, аналогичной затраченной на установку системы автоматизированного контроля. Эта сумма составила 7000 рублей в ценах 1991 г..

Приведенные данные позволили сделать вывод о сравнительном преимуществе использованной методики повышения эффективности объекта по сравнению с альтернативной.

8) Показана эффективность введения зоны "риска" при анализе значений нагрузок и напряжений системой автоматизированного контроля. Этот вывод был сделан на основании сравнительного анализа статистической эксплуатационной информации о работе автоматизированного складского комплекса с учетом зоны "риска" при обработке значений нагрузок и напряжений контролирующей системой и без такового. В обоих случаях сравнивались данные за полгода работы.

9) Предложена конструкция универсального измерительного преобразователя для контроля вращающих моментов двигателей приводов кранов-штабелеров. Изготовлена его физическая модель, испытания которой проведены на заводе "Фиолент" города Симферополя.

10) Материалы диссертационной работы использованы при

разработке конструкции опытного образца крана-штабелера. Кроме того, научные выводы и рекомендации, содержащиеся в работе, использованы при модернизации автоматизированного складского комплекса, выпускаемого Симферопольским НПО "Оргтехавтоматизация". Внедрение результатов диссертационной работы принесло экономический эффект в 27 000 рублей в год на один комплекс (в ценах 1991г.), что подтверждено соответствующим актом о внедрении.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНЫ В ПУБЛИКАЦИЯХ:

1. Карлов А.Г., Крючков И.В., Першин С.В. Техническая диагностика привода механизма передвижения крановой тележки. // Тезисы доклада на научно-технич. конф.: "Научные достижения и опыт отраслей машиностроения - народному хозяйству." Севастополь. 1991. - с. 16-17.

2. Карлов А.Г., Крючков И.В., Першин С.В. Контроль работы механизма подъема каретки телескопических вил. // Тезисы доклада на научно-технич. конф.: "Научные достижения и опыт отраслей машиностроения - народному хозяйству." Севастополь. 1991. - с. 57-58.

3. Контроль работы автоматического крана-штабелера по вращающему моменту вала редуктора/ Крючков И.В., Першин С.В., Рапацкий Ю.Л., Рысин И.Е. : Севастоп. приборостроит. ин-т. - Севастополь, 1993. - 7с. 2ил. - Библиогр.: 2 назв. - Рус. - Деп. в ГНТБ Украины, N 341 - Ук 93.

4. Автоматизированный контроль вращающего момента на валу редуктора/ Першин С.В., Крючков И.В., Сухоносенко В.В.: Севастоп. приборостроит. ин-т. - Севастополь, 1993. - 7с. 1ил. - Библиогр.: 2 назв. - Рус. - Деп. в ГНТБ Украины, N 342 - Ук 93.

5. Копп В.Я., Крючков И.В., Першин С.В. Распределение ресурсов при повышении эффективности автоматизированного складского комплекса. // Научно-технический сборник "Alliance Francaise. Оптимизация производственных процессов". Выпуск 3. - Севастополь. 1995. - с. 60 - 63.

6. Патент N2017675 Российской Федерации Штабелирующее устройство /Карлов А.Г., Крючков И.В., Першин С.В., Сухоносенко В.В, Рысин И.Е. Приоритет 14.01.91 г.

7. Патент N2017676 Российской Федерации Подъемно-транспортное устройство для обслуживания стеллажей/Карлов А.Г., Крючков И.В., Першин С.В., Сухоносенко В.В, Рысин И.Е. Приоритет 29.12.90 г.

8. Патент N5321 України Штабелюючий пристрій /Карлов А.Г., Крючков И.В., Першин С.В., Сухоносенко В.В., Рысин И.Е.. - Приоритет 14.01.91 р.

9. Патент N5492 України Підйомно-транспортний пристрій для обслуговування стелажів /Карлов А.Г., Крючков И.В., Першин С.В., Сухоносенко В.В., Рысин И.Е.. - Приоритет 29.12.90 р.

#### АНОТАЦІЯ

Першин С.В. Підвищення ефективності автоматизованого складського комплексу.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук по спеціальності 05.13.07 - Автоматизація технологічних процесів та виробництв. Севастопольський Державний технічний університет. Севастополь. 1996 рік.

Захищається рукопис на базі 9 публікацій, яка вміщує результати дослідження двох шляхів підвищення ефективності автоматизованого складського комплексу: поліпшення якості

виготовлення його елементів або застосування розробленої системи його автоматизованого контролю. Як практичний приклад розглянут варіант, коли шляхом теоретичних та експериментальних досліджень визначена перевага методу застосування розробленої системи автоматизованого контролю.

Дисертація є рукопис.

Ключеві слова: автоматизований складський комплекс, коефіцієнт готовності, математична модель, надійність, оптимізація.

#### ANNOTATION

Pershin S.V. The increase of the efficiency of the automatic store complex.

The dissertation being submitted for scientist degree of candidate of technical sciences on specialities 15.13.07 - automation of technological processes and productions. Sevastopol State Technical University. Sevastopol. 1996.

Is protected the manuscript on the basis of 9 publications, which contains the results of research two ways the increase of the efficiency of the automatic store complex: the improvement of the quality manufacture of the parts or the application of the elaborated automatic check system. The comparison of two methods has been on basis of financial expenditure and reliable criterions. For real example are given case then of way the theoretical and experimental are described the advantage of the application of the elaborated automatic check system.

The thesis is a manuscript.

Key words: automatic store complex, criterion of optimisation, mathematic model, parametric optimisation, reliable.

Першин Сергей Владимирович

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СКЛАДСКОГО КОМПЛЕКСА

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано в печать 05.07.96 г. Тираж 100 экз. Заказ N 58.

---

СО "ЭКОСИ-Гидрофизика". 335000 г. Севастополь, ул. Ленина 28.



AB 35.601