

МЗ15908

Министерство высшего и среднего специального образования
С С С Р

Московское ордена Ленина и ордена Трудового Красного
Знамени высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

ИВАННИКОВ Владимир Иосафович

на правах рукописи

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КАРУСЕЛЬНЫХ
МАШИН ВАКУУМНОЙ ОБРАБОТКИ С ЦЕЛЮ СОЗДАНИЯ
ОБОРУДОВАНИЯ С ЗАДАННОЙ НАДЕЖНОСТЬЮ.

Специальность 05.02.07 -
Автоматизация в машиностроении

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

Москва, 1977 г.

Министерство высшего и среднего специального образования
С С С Р

Московское ордена Ленина и ордена Трудового Красного
Знамени высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

ИВАННИКОВ Владимир Иосафович

на правах рукописи

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КАРУСЕЛЬНЫХ
МАШИН ВАКУУМНОЙ ОБРАБОТКИ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ
ОБОРУДОВАНИЯ С ЗАДАННОЙ НАДЕЖНОСТЬЮ.

Специальность 05.02.07 -
Автоматизация в машиностроении

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Москва, 1977 г.

М 315908

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1315908

Иванников В.И. Исследования

Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена Трудового
Красного Знамени высшем техническом училище им.Н.Э.Баумана

Научный руководитель
к.т.н., доцент

Ю.А.ХРУНИЧЕВ

Официальные оппоненты:

1. Д.т.н., профессор ФРОЛОВ Е.С.
2. К.т.н., доцент КУРКИН В.И.

Ведущее предприятие - ПО "Светотехника", г.Саранск

Защита диссертации состоится " " _____ 1977г.
на заседании специализированного Ученого Совета К053.15.01
по автоматизации в машиностроении МВТУ им.Н.Э.Баумана по
адресу: Москва, 107005, 2-я Бауманская ул., дом 5.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах,
заверенные печатью, просим направлять по указанному адресу.

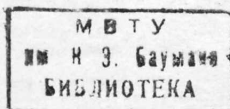
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
МВТУ им.Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан " " _____ 1977 г.

Ученый секретарь
специализированного Ученого Совета
к.т.н., доцент

- Г.Н.Мельников

Тип. МВТУ им. Баумана, тир. 100 экз. Л79822 подп. к печ. 4.05.77
объем 1 л. л.; зак. 885



Актуальность. Вакуумная обработка массовых типов электрорезающих приборов, в основном, осуществляется на автоматизированном карусельном откачном оборудовании. Такими приборами являются осветительные лампы, приемно-усилительные лампы, ряд генераторных ламп и СВЧ - приборы. Только в тех случаях, когда габариты приборов соизмеримы с вакуумной системой, для их автоматизированной вакуумной обработки используются конвейерные линии, например, для обработки ЭЛТ и ЦЭЛТ. Автоматизированное оборудование позволяет по сравнению с откачными постами увеличить производительность оборудования за счет дифференциации техпроцесса, сокращения вспомогательного времени, повышения качества выпускаемых изделий, а также встраивать его в автоматизированные линии. Установлено, что доля в общем количестве брака по линии сборки, приходящаяся на вакуумную обработку, для некоторых осветительных ламп составляет 34...45% или 1,6...2,6 руб. на 1000 годных.

Зависимость качества выпускаемых изделий от параметров функционирования откачного оборудования и расчет их вакуумных систем в литературе не нашли достаточно полного отражения. Решение в данной работе этих вопросов позволяет еще на стадии проектирования прогнозировать как надежность функционирования оборудования, так и параметрическую надежность техпроцесса вакуумной обработки.

Цель работы. Изучение вопросов повышения производительности автоматизированного карусельного откачного оборудования, причин, влияющих на нее. Разработка методики выбора и проектирования его основных элементов с учетом специфики расчета их вакуумных систем с целью создания оборудования с заданной надежностью.

Методы исследования. Анализ автоматизированного многопозиционного карусельного оборудования вакуумной обработки проводится в соответствии с теорией производительности машин и труда проф. Г.А. Шаумяна. Для анализа процессов откачки моделируется технологический

процесс вакуумной обработки приборов на основе аналогии вакуумных и электрических цепей. Расчет частного коэффициента выхода годных операции вакуумной обработки производится вероятностным методом. Для получения исходных данных для расчета использованы статистические методы обработки эксплуатационных исследований оборудования и экспериментальных исследований его элементов.

Научная новизна. Получены аналитические уравнения давления в приборе с учетом натекания и газовыделения в вакуумной системе карусельных машин. Описан процесс откачки при звуковом режиме течения газа в штенгеле, определены его границы, даны расчетные зависимости. В работе представлен расчет оптимального диаметра вакуумного трубопровода карусельного откачного оборудования с целью получения минимального предельного давления системы. В работе сформулированы и определены специфические потери производительности многопозиционного оборудования из-за позиционности. Намечены пути конструирования оборудования из унифицированных узлов, позволяющие еще на стадии проектирования рассчитывать частный коэффициент выхода годных по вакуумному фактору и прогнозировать фактическую производительность.

Практическая ценность работы. Даны аналитические зависимости для выбора оптимальных параметров средств откачки, вакуумных трубопроводов. Определен механизм, оказывающий наибольшее влияние на качество выпускаемых приборов — откачное гнездо. Даны рекомендации по улучшению его основного параметра — потока натекания. Дана методика управления качеством откачной карусельной машины — методика регулирования частного коэффициента выхода годных по вакуумному фактору. Указаны организационно-технические мероприятия по сокращению потерь производительности из-за позиционности. Даны рекомендации по обезгаживанию спирали во время вакуумной обработки миниатюрных и сверхминиатюрных ламп накаливания.

Реализация работы. С участием автора разработаны отраслевые стандарты Минэлектротехпрома на ряд исполнительных механизмов карусельного оборудования. Методика расчета

вакуумных систем и рекомендации по расчету и выбору исполнительных механизмов приняты и используются в объединении "МЭЛЗ" и ВНИИС им.А.Н.Лодыгина.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены на Всесоюзной научно-технической конференции "Основные проблемы и направления создания вакуумного откачного оборудования", г.Казань, 1976г., на межвузовской конференции, посвященной 50-летию образования СССР, г.Баку, 1972 г., на VI научно-технической конференции молодых специалистов объединения "МЭЛЗ", 1970 г., на научно-техническом семинаре во ВНИИС им.А.Н.Лодыгина, 1977 г.

Публикация. Основные результаты работы отражены в трех печатных трудах.

Объём работы. Диссертация изложена на 222 стр. машинописного текста и состоит из введения, пяти глав и общих выводов. В работе содержится 44 рис., 14 табл., список литературы из 110 наименований.

В первой главе дан анализ операции вакуумной обработки массовых типов электровакуумных приборов (ЭВП) и автоматизированного оборудования для ее осуществления. Срок службы как осветительных, так и приемно-усилительных ламп (ПУЛ) в значительной степени определяется величиной вакуума в изделии, а также спектром остаточных газов. В работе Р.К.Коо отмечается, что увеличение разрежения в лампе накаливания с 10^{-1} Па до 10^{-4} Па приводит к увеличению срока службы в 7 раз. В работе И.Г.Домахина установлено, что для ПУЛ при температурах катода 973...1023°K наблюдается рост долговечности с 500 до 5000 часов при условии обеспечения давления $1,8 \cdot 10^{-5}$... $6,6 \cdot 10^{-4}$ Па и составе остаточных газов:

$$P_{\text{сг}} < (1,8 \dots 2,6) \cdot 10^{-5} \text{ Па}, \quad \frac{P_{\text{НгО}}}{P_{\text{Нг}}} = 10^{-3} \dots 10^{-2}.$$

Вакуумная обработка массовых типов ЭВП осуществляется на карусельном откачном оборудовании, встроенном в автоматизированные линии сборки приборов. Все многообразие карусельного откачного оборудования можно классифицировать по типам их вакуумных систем: с золотником в области окончательного вакуума, с золотником в области форвакуума и

беззолотниковый тип. Оборудование этих групп отличается способом расчета вакуумной системы, предельным давлением, цикловой производительностью, коэффициентом производительности и стоимостью.

В данной работе были поставлены и решены следующие задачи:

1. Разработан способ анализа производительности и надежности высокопроизводительного автоматизированного оборудования на основе микро- и макрохронометража.

2. Составлена модель технологического процесса вакуумной обработки и определены аналитические зависимости давления в откачиваемом приборе с учетом параметров реального откачного оборудования и на основе этого дан расчет частного коэффициента выхода годных по вакуумному фактору.

3. Проведен анализ узлов карусельного оборудования, непосредственно влияющих на вакуум в обрабатываемом приборе, и разработаны рекомендации в их оптимальном выборе и проектировании.

4. Разработана методика расчета и прогнозирования показателей надежности и фактической производительности оборудования, создаваемого из унифицированных узлов.

Вторая глава работы посвящена анализу производительности автоматизированного многопозиционного технологического оборудования и методике проведения эксплуатационных исследований такого оборудования. Анализ производительности технологического оборудования проводился согласно теории производительности машин и труда проф. Г.А. Шаумяна. Обобщенным показателем эксплуатационной надежности технологического оборудования является коэффициент технического использования - Z_T , который для учета каждого вида внецикловых потерь можно представить произведением коэффициентов:

$$Z_T = Z_{т.о.} \cdot Z_n \cdot Z_{\phi} \cdot Z_r, \quad (I)$$

где $Z_{т.о.}$ - коэффициент технического обслуживания оборудования, который показывает, какую долю времени оборудование способно выпускать продукцию и какую простаивает для предупреждения отказа;

Q_n - коэффициент позиционности, который показывает какую долю времени работы оборудование функционирует в установившемся режиме и какую простаивает из-за позиционности. Это моменты запуска оборудования - время заполнения всех позиций карусели (машины) и время на изготовление бракованной продукции на некоторых позициях, вызванное остановкой технологического процесса. Потери из-за позиционности для заварочно-откатных автоматов составляют 1,06...2,12%, для полуавтомата откатки радиоламп 2,93% фонда времени, что превышает потери из-за всех механизмов;

Q_{ϕ} - коэффициент функционирования, который показывает какую долю времени в установившемся режиме работы оборудование выпускает валовую продукцию и какую простаивает из-за отказов механизмов;

Q_r - коэффициент выхода годных, который показывает какая доля времени по выпуску валовой продукции затрачивается на выпуск годной продукции.

Для определения этих коэффициентов и показателей надежности оборудования необходимо проводить эксплуатационные исследования. Число смен хронометража определяется из анализа графиков среднесменного выпуска изделий с нарастающим итогом, построенного по методике проф. Л.И. Волчкевича, или из анализа ширины доверительного интервала среднесменного выпуска. Для карусельного автоматизированного оборудования вакуумной обработки необходимо проводить хронометраж в течение 10...15 смен. В работе разработана методика автоматизированного хронометража с использованием отметчика времени Н-30, что позволило:

а) повысить точность регистрации простоев, простои регистрируются с точностью до секунд;

б) сосредоточить внимание на выявлении причин простоев, а не на их записи, которая при цикле 2...4с и большом числе механизмов затруднительна;

в) увеличить производительность хронометрирования.

На основе данных хронометража рассчитаны коэффициенты, характеризующие реальные условия работы оборудования, показатели надежности функционирования отдельных механизмов, балансы производительности и фонда времени (таблица I).

Показатели производительности	Наименование завода и оборудования									
	Заводский 3-й пил	Маслобойный 3-й 380	Заводский 3-й 380	Заводский 3-й 380	Складские по 3-й 380	Томский электростанция 3-й				
Цикловая производительность	36 пещи/год % от п/а	36 п/а % от осб. а.	36 п/а % от осб. а.	36 п/а % от осб. а.	36 п/а % от осб. а.	36 п/а % от осб. а.				
производительности	761	944	944	944	944	944				
использования	0,870	0,899	0,897	0,897	0,897	0,897				
технического использования	0,868	0,892	0,878	0,897	0,897	0,897				
загрузки	0,875	0,907	0,923	0,964	0,968	0,994				
готовности	0,928	0,953	0,956	0,968	0,978	0,981				
технического обслуживания	0,956	0,979	0,973	0,975	0,978	0,982				
производительности	0,979	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983				
функционирования	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983				
выхода годный	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983				
по оборудованию	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983				
по организационным принципам	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983				
на техническое обслуживание	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983				
ис-за брака	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983				
ис-за производительности	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983				

Время освоения #

Третья глава посвящена теоретическим и эксплуатационным исследованиям параметрической надежности карусельного оборудования вакуумной обработки. Создание оборудования заданной надежности предполагает расчет и прогнозирование параметрической надежности технологического процесса вакуумной обработки. Анализ брака операции вакуумной обработки ламп накаливания показал, что одной из основных причин является недостаточное разрежение в лампе. Для определения параметрической надежности техпроцесса вакуумной обработки необходимо рассмотреть вопрос о функциональной зависимости давления в приборе от параметров вакуумной системы. Для расчета реальных вакуумных систем воспользуемся аналогией вакуумных систем и электрических цепей на основе соответствия между уравнениями, описывающими явления разной физической природы. Установлены аналитические зависимости давления в приборе и эффективной скорости откачки при разных режимах течения газа и ряда законов потока газовыделения, представленные в таблице 2. Определены граничные давления в приборе, при которых в штенгеле происходит смена режимов течения газа. Теоретически и экспериментально определены границы звукового режима течения газа, который может наблюдаться как при турбулентном, так и при вязкостном режимах течения газа. Для существующего карусельного оборудования и ЗВП с внутренним диаметром штенгеля менее 2,0 мм наблюдается турбулентное, а при диаметре до 3,5 мм наблюдается вязкостное течение газа со звуковыми скоростями. Экспериментально подтверждено предположение о необходимости использования в расчетах вакуумных систем максимальной скорости откачки.

Эффективная скорость откачки реципиента S_0 равна:

$$S_0 = S'_0 \left(1 - \frac{P}{P^*}\right) \quad (2)$$

где S'_0 — максимальная скорость откачки, $\frac{1}{S'_0} = \frac{1}{S'_N} + \frac{1}{U}$;
 S'_N — максимальная скорость откачки насоса;
 U — проводимость вакуумных трубопроводов;
 P^* — предельное давление системы;
 P — текущее давление в реципиенте.

Для расчета и прогнозирования параметрической надежности вакуумной обработки необходимо определить давление в

формулы для расчета давления и эффективной скорости откачки в штенгельных ЭВП.

Имя	Величина	Единица	Выражение	Значение	Значение	Примечание
Молекулярный	$\frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$
	$\frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$
	$\frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$
	$\frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$
Молекулярный	$\frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$
	$\frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$
	$\frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$
	$\frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$	$\frac{P}{\sigma^2} = \frac{P}{\sigma^2}$

d, d_1 - внутренний диаметр, длина штензеля, м,

конце обработки, уточнить режим течения газа и выбрать по таблице 2 аналитическую зависимость давления в приборе P_{np} от параметров полуфабрикатов и от параметров вакуумной системы. Эти величины являются случайными, поэтому расчеты P_{np} должны производиться вероятностным способом. Для расчета частного коэффициента выхода годных по вакуумному фактору Q'_r линеаризуем функцию P_{np} вблизи математических ожиданий исходных параметров, разлагая функцию в ряд Тейлора. Вероятность получения в приборе давления не превышающего допустимое $|P_{np}|$ можно рассчитать с помощью функции Лапласа.

$$Q'_r = 0.5 + \Phi_0 \left[\frac{|P_{np}| - \bar{P}_{np}}{\sigma} \right], \quad (3)$$

где Φ_0 - функция Лапласа, $0 \leq \Phi_0 \leq 0.5$;

$\bar{P}_{np}$ - математическое ожидание давления в приборе;

$|P_{np}|$ - допустимое давление, при превышении которого не будут обеспечены параметры прибора;

σ - среднее квадратическое отклонение функции P_{np} .

В работе экспериментально определены параметры техпроцесса и оборудования (математические ожидания и средние квадратические отклонения). На основе этих исследований и данных литературы для откачки ламп С 127-60 составлено уравнение регрессии и установлено, что качество изделий определяют стабильность скорости газовыделения (44,8%), пропускной способности штенгеля (18,0% - в балансе уравнения регрессии), натекания в гнездо (12,0%). Кроме того, было экспериментально установлено, что при изменении внутреннего диаметра штенгеля в пределах допуска его пропускная способность изменяется на 35% и это приводит к изменению конечного вакуума в лампе на 24%.

В четвертой главе рассмотрены вопросы выбора и проектирования основных элементов карусельного оборудования вакуумной обработки, непосредственно влияющих на вакуум в изделии.

Основной насос выбирается из условия равенства скорости откачки и газовыделения. По технологии обработки прибора определяется необходимое давление в приборе P перед его герметизацией. Требуемое предельное давление основного насоса P_n с учетом обеспечения достаточной эффективной скорости откачки прибора и экономически оправданных затратах

рекомендуется выбирать в 8...15 раз меньше давления в приборе при отпае. Максимальная быстрота откачки насоса S'_H определяется по формуле:

$$S'_H = \frac{1}{K_{H1}(\rho - \rho_H)} \left(Q_{G1} + \frac{Q_{G2} \cdot K_{H1}}{K_{H2}} + \frac{Q_H \cdot K_{H1}}{K_{H3}} \right) \quad (4)$$

где K_{H1} — коэффициент использования насоса при откачке прибора;

K_{H2} — коэффициент использования насоса в месте потока газовыделения Q_{G2} ;

K_{H3} — коэффициент использования насоса в месте потока натекания Q_H ;

Q_{G1} — поток газовыделения в приборе перед герметизацией.

По каталогу производится выбор насоса. Аналогично выбирается насос для форвакуумной откачки, с учетом основного условия: обеспечения необходимого выпускного давления основного насоса. Откачные гнезда. Все откачные гнезда ЭВП со стеклянным штенгелем можно классифицировать по наличию встроенного запорного клапана и по способу деформации уплотнительного вкладыша. В карусельном оборудовании применяются винтовые гнезда без встроенного запорного клапана и рычажные с встроенным клапаном. Экспериментально определено, что надежность функционирования этих гнезд примерно одинаковая. Винтовое гнездо не содержит встроенного запорного клапана и разгерметизирует в момент загрузки часть вакуумной системы оборудования, поэтому его предельное давление больше, чем у рычажного. В работе исследован механизм герметизации резиновым вкладышем. Натекание зависит от степени деформации вкладыша, его модуля упругости, состояния поверхности: со смазкой или без смазки. С увеличением диаметра штенгеля на 65% — поток натекание увеличивается на 40%. Установлено, что уменьшение высоты вкладыша с 13 мм до 5 мм не изменяет натеканий в систему. Рекомендуется применять в откачных гнездах вакуумные вкладыши из резины 9024, их высоту необходимо определять на основе размеров изношенной части от вставления штенгеля, необходимо предусматривать кольцевую канавку на опорной грани в гнезде, заполненную смазывающей жидкостью.

Соединение элементов вакуумной системы карусельного оборудования осуществляется вакуумным трубопроводом, диаметр

которого обычно определяется исходя из требования максимальной проводимости. Однако в карусельном откачном оборудовании общая проводимость системы определяется проводимостью штенгеля, поэтому предлагается основным принципом при проектировании таких вакуумных трубопроводов – получение минимального предельного давления в системе. Выведено уравнение позволяющее определить потенциальные возможности получения вакуума каждым типом карусельного откачного оборудования. Так для оборудования с золотником в области окончательного вакуума его предельное давление с частичной разгерметизацией $2,6 \cdot 10^{-2}$ Па, без разгерметизации $1,2 \cdot 10^{-2}$ Па, а для оборудования с золотником в области форвакуума – $4 \cdot 10^{-4}$ Па. Оптимальный диаметр вакуумного трубопровода с учетом только газовыделений равен $\sqrt[3]{\frac{L S_n}{121}}$. Вакуумный трубопровод карусельного откачного оборудования имеет естественное ^{деление} на две части: до и после золотника. Его оптимальная длина от золотника до откачного гнезда равна 1/5 от общей длины. Оптимальный диаметр вакуумного трубопровода с учетом предельного давления насоса, газовыделения и натекания определяется графоаналитически.

Анализ механизмов отпая, завершающих вакуумную обработку приборов. Окончательная величина давления в приборе определяется давлением перед отпаем, газовыделением материалов при отпае и их сорбционной емкостью. Газовыделение материалов ЭВМ зависит от марки стекла, площади и температуры нагрева стекла при отпае, а также времени выдержки при этой температуре. Таким образом, отпай необходимо производить при наиболее полном обезгаживании деталей ЭВМ их максимально возможной температуре и за меньшее время. Все механизмы отпая можно классифицировать на стационарные, с путевым кулаком и индивидуальный. В карусельном оборудовании применяются первые два типа. Стационарный механизм отпая следует применять в карусельном откачном оборудовании периодического действия с производительностью до 800 шт/час для изделий, не допускающих базирование по колбе. Механизм отпая с путевым кулаком следует применять в оборудовании как периодического, так и непрерывного действия с производительностью 800...3600 шт/час, числом позиций более 32 и для изделий с базированием по колбе. Доля простоев во времени работы оборудования по ряду предприятий отрасли

для стационарного механизма равна $B = (0,2 \dots 1) \cdot 10^{-2}$, для механизма с путевым кулаком $B = (0,4 \dots 4,0) \cdot 10^{-4}$.

В пятой главе разработана методика создания оборудования с заданной надежностью и представлен расчет экономического эффекта при унификации.

Создание оборудования с заданной надежностью возможно лишь с использованием уже апробированных унифицированных узлов, показатели надежности которых должны быть известны. На основе опыта эксплуатации аналогичного оборудования рассчитываются составляющие коэффициента технического использования Q_T (I) вновь создаваемого оборудования. Если его величина не удовлетворяет, то увеличить Q_T можно лишь за счет увеличения коэффициента выхода годных — Q_F (остальные коэффициенты уравнения I достаточно велики и дальнейшее увеличение их практически не представляется возможным). Для этого необходимо определить составляющие уравнения регрессии и провести модернизацию узлов, значительно влияющих на него. Можно осуществить дальнейшую дифференциацию техпроцесса вакуумной обработки, например, производить предварительное обезгаживание изделия на воздухе перед загрузкой его на оборудование, использовать предварительно обезгаженные детали арматуры ламп и т.д. Следовательно создание оборудования заданной надежности возможно лишь с использованием унифицированных элементов.

В работе произведены расчеты экономического эффекта при унификации, минимальной эффективной партии машин, начиная с которой мероприятия по унификации будут экономически выгодны. Унификацию выгоднее проводить для оборудования более дорогого в изготовлении (в индивидуальном производстве), с большими затратами на проектирование. Величина наименьшей эффективной партии значительно зависит от роста производительности унифицированной машины. В работе разработана номограмма для определения годового экономического эффекта и минимальной эффективной партии машин. Даже при партии карусельных откатных машин более двух в год, отрасль будет получать экономический эффект при проведении работ по унификации.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.

1. Анализ работы линий сборки ЭВ приборов на основе разработанной методики микро- и макрохронометража показал, что при общей величине коэффициента выхода годных на линии сборки $\varphi_{гг}=0,8...0,9$, основная доля брака падает на операцию вакуумной обработки. Для осветительных ламп это составляет 34...46% от общего брака линии или 1,6...2,6 руб. на 1000 годных ламп.

2. На основе проведенных эксплуатационных исследований на ряде предприятий (МЭЛЗ, СЭПУЛ, "Светотехника", ЗЭВП, ТЭЛЗ) было определено, что коэффициент технического использования автоматизированных карусельных машин составляет $\varphi_{т}=0,84...0,94$. Установлено, что одним из существенных факторов, снижающих $\varphi_{т}$, являются специфические для многопозиционного оборудования потери производительности из-за позиционности. Они составляют для заварочно-откачных автоматов 1...2%, для полуавтомата откачки радиоламп до 3% фонда времени.

3. Моделирование технологического процесса вакуумной обработки электрическими цепями позволило установить аналитические зависимости давления в ЭВП и эффективной скорости откачки от параметров реальной вакуумной системы при различных режимах течения газа.

4. Теоретически и экспериментально определены границы звукового режима течения газа. Для существующего карусельного оборудования и ЭВП с диаметром штенгеля менее 2,0 мм наблюдается турбулентное, а при диаметре до 3,5 мм наблюдается вязкостное течение газа со звуковыми скоростями.

5. Требуемое предельное давление основного насоса с учетом обеспечения достаточной эффективной скорости откачки прибора и экономически оправданных затратах рекомендуется выбирать в 8...15 раз меньше давления в приборе при отпае. Требуемая номинальная скорость откачки насоса должна рассчитываться с учетом потоков натекания и газовыделения как в приборе, так и в вакуумной системе оборудования, а также с учетом предельного давления насоса.

6. На основе графоаналитического способа расчета было установлено, что при условии получения минимального давления в системе, увеличение диаметра вакуумного трубопровода с 10 мм до 20 мм в существующем карусельном откачном оборудовании со ста-

ционарными диффузионными насосами может обеспечить сокращение предельного давления системы почти на порядок.

7. В вакуумных системах карусельных машин не допускающих разгерметизацию следует применять рычажные откачные гнезда с встроенным запорным клапаном, в вакуумных системах допускающих разгерметизацию и давлении более I Па можно использовать винтовые откачные гнезда. Доля простоев одного гнезда обеих типов во времени работы оборудования практически одинакова $B = (1,4 \dots 6,0) \cdot 10^{-5}$.

8. Определены области применения механизмов отпая. Так в карусельном откачном оборудовании с производительностью до 800 шт/час, периодического действия, для изделий не допускающих базирование по колбе следует применять стационарный механизм отпая. В оборудовании непрерывного и периодического действия с производительностью 800...3600 шт/час, числом позиций более 32 и для изделий с базированием по колбе следует применять механизм отпая с путевым кулаком. Доля простоев во времени работы оборудования по ряду предприятий отрасли для стационарного механизма равна $B = (0,2 \dots 1) \cdot 10^{-2}$, для механизма с путевым кулаком - $B = (0,4 \dots 4) \cdot 10^{-4}$.

9. Показаны пути обеспечения заданной надежности карусельного откачного оборудования с использованием унифицированных узлов. Так увеличение частного коэффициента выхода годных с 0,977 до 0,983 может быть обеспечено модернизацией откачного гнезда при унификации (замена материала вкладыша, введение уплотнительной смазки), что сократит поток натекания на 40%.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Иванников В.И. Электрическое моделирование для расчета вакуумных систем. Тезисы докладов и сообщений на Всесоюзной научно-технической конференции г.Казань, 1976г.М., 1976, с21-23.
2. Иванников В.И., Хруничев Ю.А. Исследование экономической эффективности унификации карусельных машин для производства ламп накаливания. Тезисы докладов конференции, посвященной 50-летию образования СССР, издание АЗИНЕФТЕХИМа, Баку, 1972, с.198.
3. Иванников В.И. Расчет вакуумных систем. Тезисы докладов VI научно-технической конференции молодых специалистов объединения "МЭЛЗ", ОНТИ, М., 1976, с.12.