

М 85786

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА
ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

ЛЕЩЕНКО

Михаил Иванович

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

(05.02.08 - Технология машиностроения)



**Диссертация
в форме научного доклада
на соискание ученой степени доктора технических наук**

Москва 1991

Работа выполнена на Хмельницком ПО "Термопластавтомат", Житомирском заводе станков-автоматов и Московском ПО ЗИЛ

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Камалов В.С.

доктор технических наук, профессор Кузнецов Ю.Н.

доктор технических наук, профессор Юдин Д.Л.

Ведущая организация: Станкоагрегат

Защита диссертации состоится "20" мая 1992 г. на заседании специализированного совета ДО53.15.04 при Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана по адресу: 107005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., 5

Ваши отзывы и предложения на диссертацию в форме научного доклада в 1-м экземпляре, заверенные печатью учреждения, г. Москва, представлять по указанному адресу.

С диссер-
им. Н.Э. Бау

на в библиотеке МГТУ

Желаю:
менно изв-
ций на им

благовре-
организа-

Теле/

Дис/

а

"25", М 85786

Учен
спец
к.т./

Б.А. Усов



1085786

Лещенко М. И. Производство) ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

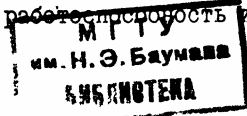
- 3 -

Работа обобщает основные результаты научных исследований и разработок автора по созданию и внедрению методов и средств, повышающих эффективность использования технологического оборудования. Эти научные исследования изложены в восьми монографиях, брошюрах автора, сорока пяти статьях, трех авторских свидетельствах, в том числе тридцати четырех публикациях без соавторов.

985298M
Главное внимание в исследованиях уделено технологическому оборудованию, методам оценки технического состояния, целесообразного использования на машиностроительных предприятиях, настройке рабочих органов, обеспечению его качества за счет рациональных технологических процессов при ремонте и изготовлении. Результаты разработок поэтапно внедрялись в отраслях Минстанкопрома СССР, Минавтосельхозмаша СССР и других при непосредственном участии и под руководством автора.

Актуальность проблемы. Достижения научно-технического прогресса в машиностроении позволили перейти к созданию новых поколений технологического оборудования со сложнейшими дорогостоящими системами управления. Такое сложное оборудование, а особенно на его базе автоматизированные комплексы, при эксплуатации породили ряд проблем, связанных с обслуживанием в работоспособном состоянии, изготовлением и качеством ремонта. Огромные средства отвлекаются в машиностроении только на обслуживание и восстановление технологического оборудования. Ежегодные затраты увеличились до 12% от стоимости активной части основных фондов, что составляет только на ПО ЗИЛ восемьдесят миллионов рублей. Намечился стабильный рост численности обслуживающего и ремонтного персонала, а это изменило соотношение основных и вспомогательных рабочих, соответственно на 33% и 67%. При этом основными причинами увеличения вспомогательных рабочих является низкое качество выпускаемого технологического оборудования, его обслуживания и ремонта.

Как известно, качество технологического оборудования закладывается при конструировании, обеспечивается при изготовлении и поддерживается в эксплуатационных условиях. Так как, в основном, оно проявляется на последнем этапе, поэтому необходимо оценивать экономическую целесообразность его использования в производственных условиях предприятия. При этом работоспособность и



производительность оборудования ощутимо изменяются в ходе эксплуатации, ухудшается качество изготавливаемых на нем изделий, повышается их себестоимость, отвлекаются трудовые и материальные ресурсы на обслуживание и ремонт.

Несмотря на одинаковое конструктивное и технологическое исполнение, оборудование в процессе эксплуатации имеет различные работоспособность и долговечность, поэтому при изготовлении и ремонте необходимо это учитывать и за счет возможностей технологии машиностроения, использования достижений научно-технического прогресса обеспечивать требуемое качество и тем самым снижать потери при эксплуатации. Причем реализацию возможностей технологии машиностроения значительно облегчают методы оценки, благодаря которым и с помощью вычислительной техники можно получать действительные значения величин критериев качества оборудования в процессе эксплуатации, а также при изготовлении и в зависимости от варианта технологического процесса. Поиск путей решения проблемы качества технологического оборудования при изготовлении, обслуживании и ремонте, а также оценка целесообразного его использования, исходя из технического состояния, производительности, себестоимости и качества изготавливаемых на нем изделий является актуальной задачей в машиностроении.

Основная цель работы состоит в разработке комплексных технических и технологических мероприятий для решения народнохозяйственной проблемы — производственной эффективности использования технологического оборудования в достижении необходимого экономического эффекта от использования оборудования в условиях машиностроительного предприятия, в определении закономерностей влияния технологических процессов при изготовлении и ремонте оборудования на техническое состояние, работоспособность, производительность, а также на себестоимость и качество изготавливаемых на нем изделий. Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие основные задачи:

- создать методику оценки производственной эффективности использования технологического оборудования в условиях машиностроительных предприятий и разработать пути повышения его качества;

- установить математическую закономерность влияния технологических процессов при изготовлении и ремонте оборудования на его работоспособность, производительность, себестоимость и качество изготавливаемых на нем изделий;

- оценить взаимосвязь настройки и поднастройки рабочих органов технологического оборудования с производительностью и качеством изготавливаемых на нем изделий;

- разработать методику оценки влияния технологических факторов на эксплуатационные свойства основных деталей технологического оборудования, выбора варианта технологического процесса при изготовлении и ремонте, исходя из производственной эффективности его использования, разработать математическое обеспечение, а также рабочие алгоритмы и программы для решения как общих, так и частных задач для установления связи качества технологического оборудования с параметрами изготавливаемых на нем изделий;

- разработать и исследовать технологические процессы обеспечения повышения качества деталей оборудования.

Методы исследования. В работе использовались теоретические, производственные и экспериментальные методы исследования. Проведены теоретические и производственные исследования по оценке эффективности использования технологического оборудования, его работоспособности и производительности, а также себестоимости и качества изготавливаемых на нем изделий во взаимосвязи с его техническим состоянием, вариантов технологических процессов при изготовлении и ремонте. Исследования проводились на базе научных основ технологии машиностроения с применением разделов прикладной математики, теории вероятностей. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных и производственных условиях Хмельницкого производственного объединения "Термопласт-автомат", Житомирского завода станков-автоматов, Московского производственного объединения ЗИЛ с использованием специальных стендов, приспособлений, оснащенных современной регистрирующей и измерительной аппаратурой и вычислительной техникой.

Научная новизна. На основе комплексных исследований установлены основные направления по эффективности использования технологического оборудования в производственных условиях машиностроительных предприятий. Сформулированы и обоснованы критерии его состояния оценки, установлена закономерность влияния технологических процессов при изготовлении и ремонте оборудования на его работоспособность, производительность, себестоимость и качество изготавливаемых на нем изделий. Осуществлена оценка взаимосвязи настройки рабочих органов технологического оборудования с производительностью и качеством изготавливаемых

на нем изделий. Создана методика оценки влияния технологических факторов на эксплуатационные свойства основных деталей оборудования, разработана методика выбора технологического процесса при изготовлении и ремонте основных деталей оборудования, исходя из последующей производственной эффективности его использования. Разработана и научно обоснована методика исследования рациональных технологических процессов изготовления основных деталей реального металлорежущего и литейного оборудования, позволяющая дополнить научные основы технологии машиностроения.

Практическая ценность. Использование предложенной методики оценки производственной эффективности технологического оборудования в условиях машиностроения комплексные технические и технологические мероприятия. Методика взаимосвязи основных геометрических параметров технологического оборудования с работоспособностью, производительностью и качеством изготавливаемых на нем изделий. Разработанное математическое обеспечение, (рабочие алгоритмы и программы для решения как общих, так и частных задач). Использование применительно к металлорежущему кузнечно-прессовому и литейному оборудованию установленную взаимосвязь изменения геометрических параметров сборочных единиц, методов их настройки с производительностью, себестоимостью и качеством изготавливаемых на нем изделий. Предложены рациональные варианты технологических процессов при изготовлении и ремонте основных деталей сборочных единиц оборудования, обеспечивающие наибольшую долговечность.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались и обсуждались на научных семинарах и конференциях, на семинарах: "Современное оборудование для переработки пластмасс и опыт его эксплуатации" (г. Ленинград, 1976); "Надёжность, качество оборудования, выпускаемого заводами кузнечно-прессового машиностроения" (г. Москва, 1978); на республиканских научно-технических конференциях: "Надёжность машин и механизмов" (г. Киев, 1979); "Разработка и опыт внедрения прогрессивной оснастки для обработки металлов давлением" (г. Хмельницкий, 1979); "Надёжность проектируемых машин" (г. Киев, 1980); "Индустриализация и экономика технического обслуживания и ремонта технологического оборудования машиностроительных предприятий" (г. Харьков, 1985); "Роботизация процессов машиностроения и приборостроения" (г. Житомир, 1985, 1987, 1989, 1990); на Всесоюзных научно-технических конференциях: "Совершенствование сборочных процессов в машиностроении"

(г.Киев,1976); "Проблемы технологий конструкций изделий машиностроения" (г.Брянск,1977); "Повышение ремонтпригодности машин и технологического оборудования" (г.Киев,1980); "Проблемы унификации в машиностроении" (г.Баку,1982); "Комплексная система управления качеством и эффективностью использования ресурсов" (Запорожье,1985).

По данной работе автор был участником ВДНХ СССР 1979 года (свидетельство № II404I).

Публикации. По результатам выполненной работы опубликовано 56 печатных работ, в том числе восемь монографий, брошюр, получены три авторских свидетельства на изобретение.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Состояние вопроса. Оказывать влияние на повышение качества продукции, на производственную эффективность использования своего технологического оборудования стремятся многие машиностроительные предприятия. Большое внимание этой проблеме уделяется как учеными так и производственниками. Работы А.В.Гличева, А.С.Проникова, Е.Г.Нахапетяна, Я.Б.Шора, Г.Г.Азгольдова и др., позволили научно обосновать подходы к решению этой проблемы, создать ряд стандартов, определяющих основные положения качества продукции.

Однако существующие методы не обеспечивают необходимой объективности в оценке качества технологического оборудования в условиях эксплуатации, эффективности его использования, так как в полной мере не отражают изменения качества оборудования в течение рабочего цикла, не раскрывают параметрического характера такого изменения, т.е. влияния изменения каждого основного геометрического параметра оборудования на эффективность его эксплуатации. При этом решаемые задачи не связаны непосредственно с выходными показателями оборудования: с производительностью и себестоимостью изготавливаемых на нем изделий. Поэтому метод оценки технического состояния технологического оборудования, производственной эффективности его использования, а также влияния вариантов технологических процессов при изготовлении и ремонте оборудования на его последующую производительность, себестоимость и качество изготавливаемых на нем изделий является весьма важной проблемой машиностроения. Для выполнения своего служебного назначения оборудование должно обладать необходимыми

качественными показателями, позволяющими при эксплуатации обеспечивать требуемую работоспособность, производительность и др. При этом оказывать влияние на эти показатели можно лишь после их оценки, используя функциональные зависимости всего комплекса воздействующих факторов, а также на основании структурных или логических схем рабочих органов самого оборудования. Поэтому для их оценки необходимо устанавливать функциональную связь основных геометрических параметров оборудования с качеством изготавливаемых на нем изделий.

Такой подход к оценке технического состояния оборудования позволит наиболее реально выявить физические процессы, протекающие в рабочих органах, в том числе физику появления отказов, необходимость поднастроек или ремонта.

Если некоторую часть отказов оборудования трудно предвидеть и предотвратить, так как они являются случайными и практически непрогнозируемыми, то отказами, устраняемыми поднастройками можно управлять, поскольку поднастройка позволяет комплексно предсказать отказ и управлять им после соответствующего обоснования, используя метод, основанный на изучении физики происходящих процессов в рабочих органах. Поэтому изучение природы отказов, устраняемых поднастройками, сокращает число явлений, классифицируемых как случайные, и позволяет описывать их закономерное проявление. Такую оценку технического состояния оборудования можно обеспечить, например, при установлении взаимосвязи между увеличивающимися зазорами в сопряжениях основных сборочных единиц с отказами, устраняемыми соответствующими поднастройками. При этом, по мере увеличения зазоров в сопряжениях основных деталей изменяются геометрические параметры оборудования, снижается его работоспособность, увеличивается число поднастроек, и как следствие падает эффективность его применения. Поэтому прогнозирование и создание условий работоспособности оборудования является наиболее перспективной проблемой. Поскольку изменение величин зазоров в сопряжениях основных сборочных единиц, а следовательно и геометрические параметры оборудования взаимосвязаны, то эффективность его использования, также будет изменяться. При этом с увеличением отклонений возрастает стоимость использования оборудования за счет роста числа поднастроек, снижения качества изготавливаемых на нем изделий и других факторов. В связи с этим, оптимальную долговечность оборудования можно устанавливать, исходя из разброса геометрических параметров

изготавливаемых на нем изделий с помощью вероятностных законов распределения.

Поскольку работоспособность оборудования в значительной степени зависит и от технологических процессов при изготовлении и ремонте, то оценить её можно, используя аппарат теории надежности в технологии машиностроения. При этом, необходимо провести производственные исследования, при которых следует установить взаимосвязь работоспособности оборудования с точностными его геометрическими параметрами, с производительностью, а также с качеством изготавливаемых на нем изделий, их себестоимостью. Необходимо также установить взаимосвязь вариантов технологических процессов при изготовлении и ремонте оборудования, при производстве сборочных единиц, технологическими факторами, описать её математическими зависимостями, позволяющими производить объективную оценку. При этом объективно оценивается точность, работоспособность, производительность оборудования, себестоимость изготавливаемых на нем изделий в течение всего периода эксплуатации. Такой подход позволит в динамике выявить основные параметры, влияющие на показатели качества оборудования во взаимосвязи с точностью изготавливаемых на нем изделий.

1. ОБЩАЯ МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Связь технического состояния оборудования с экономической эффективностью его работы можно выразить функцией аргументов: среднего квадратического отклонения основных геометрических параметров оборудования σ_n , абсолютной величины их погрешностей ΔG и допустимых отклонений Δ , т.е. $P_n(t) = \int_0^t f_1(\Delta G) d\Delta G \int_0^t f_2(\Delta) d\Delta$, где $f_1(\sigma_n) = 0.5\sqrt{\pi} \sigma_n$; $f_2(\Delta) = 0.5\varepsilon$. соответственно, плотности распределения значений основного геометрического параметра G оборудования и погрешности ΔG ; ε — максимальная абсолютная погрешность основного параметра.

Необходимую работоспособность и долговечность технологического оборудования можно обеспечить при изготовлении и ремонте основных сборочных единиц, используя достижения научно-технического прогресса в области технологии машиностроения. При этом при известных предельных геометрических параметрах в сопряжениях основных деталей и количестве допустимых замен сборочных единиц можно установить срок службы и с достаточной точностью

предсказать долговечность оборудования. Причем, замена вышедших из строя деталей и отдельных сборочных единиц приводит к увеличению трудозатрат, вызывает простой оборудования, при этом эффективность использования его начинает повышаться после погашения стоимости C_0 и достигает максимальной величины при времени $T = T_{\max}$, после чего из-за роста эксплуатационных затрат на поднастройку и техническое обслуживание $C_{обс}$ она начинает снижаться и при $T = t_{np}$ достигает $C_H + C_{обс} = F_э$. Целесообразность использования оборудования можно оценить экономическим показателем $K_э$, исходя из срока эксплуатации $T_{эк}$ в течение между периодом от T_K до t_{np} , тогда экономический показатель: $K_э = (C_0 + C_{обс}) / T_{эк}$, а эксплуатационные издержки составят $K_{эи} = [C_0 / (C_0 + C_{обс})] < 1$

Исследованиями установлено, что ежегодные затраты на изготовление изделий на оборудовании можно выразить как функцию длительности его эксплуатации t , т.е. $C_H(t) = C_0/t + C_э + C_p(t)$, где $C_p(t)$ - годовые затраты на поднастройку и ремонт оборудования $C_э = C_H + C_з + C_{ам} + C_э + C_{ос} + C_{пр}$ - годовые затраты, соответственно на материал изделия, зарплату оператора, амортизационные отчисления, электроэнергию, оснащения, прочие затраты. Себестоимость изделий, изготовляемых на оборудовании за весь срок эксплуатации можно определить по формуле:

$$C_u = (C_0 + C_э t + C_{обс} t^2 / 2) / q t. \quad (I)$$

При этом, после преобразований минимальная себестоимость изделий составит $C_{umín} = (C_э + \sqrt{2C_0 + C_{обс}}) / q$, а оптимальный срок службы оборудования будет $t_{опт} = \sqrt{2C_0 / C_{обс}}$ т.е. себестоимость изготовляемых изделий обратно пропорциональна выпуску изделий q и будет возрастать с увеличением затрат на эксплуатационное обслуживание, а оптимальный срок службы зависит только от первоначальной стоимости оборудования и затрат на его поднастройку и ремонт. Учитывая вероятностный характер функционирования оборудования, производительность также будет иметь случайную величину, зависящую от времени t . При этом цикловую производительность в течение всего срока службы можно выразить уравнением $q_{уэ}(t) = \int_0^t q_{ui}(t) dt$, а потенциальную - $q_{пэ}(t) = \int_0^t f(t) q_{ui}(t) dt$.

Связь технического состояния оборудования, определяемая изменением величин основных его геометрических параметров θ ;

а также геометрических параметров q_i изготавливаемых на нем изделий можно оценить наиболее простым и эффективным методом, используя гипотезу Байеса: вероятность появления изделий с отклонениями от допустимых параметров определится из уравнения:

$$P(q_i/G_i) = P(q_1/G_i)P(q_2/G_i, q_1) \dots P(q_{n-1}/G_i). \quad (2)$$

Вероятность совместного проявления i -го технического состояния оборудования и получения соответствующего качества изготавливаемых на нем изделий определяется по формуле:

$$P(G_i/q_i) = P(G_i/q_i) / \sum_{i=1}^k P(G_i/q_i). \quad (3)$$

В связи с изменением геометрических параметров основных сборочных единиц в процессе эксплуатации работоспособность оборудования, а также качество изготавливаемых на нем изделий достигает в конце концов предельного состояния с соответствующей степенью допустимости. Поэтому оценить техническое состояние оборудования и параметров точности изделий изготавливаемых на нем, можно используя метод Байеса, с помощью уравнения:

$$\frac{P(G_u/q_i)}{P(G_o/q_i)} = \frac{P(G_u)}{P(G_o)} \cdot \frac{P(q_1/G_u)}{P(q_1/G_o)} \dots \frac{P(q_i/G_u)}{P(q_i/G_o)} \quad (4)$$

Если при G_o отклонение параметров изделия q_1, q_2 встречаются с вероятностью соответственно $P(q_1/G_o), P(q_2/G_o)$ и отсутствуют с вероятностью $P(\bar{q}_1/G_o), P(\bar{q}_2/G_o)$, а для основных параметров G_u соответственно $P(q_1/G_u), P(q_2/G_u)$, $P(\bar{q}_1/G_u), P(\bar{q}_2/G_u)$, тогда:

$$\frac{P(q_1/G_u)}{P(q_1/G_o)} \cdot \frac{P(\bar{q}_2/G_u)}{P(\bar{q}_2/G_o)} \cdot \frac{P(q_2/G_u)}{P(q_2/G_o)} \cdot \frac{P(\bar{q}_1/G_u)}{P(\bar{q}_1/G_o)} \leq A_n \quad (5)$$

где A_n - предельное техническое состояние оборудования.

Поскольку изделия имеют несколько параметров, которые характеризуют качество $q_1, q_2, \dots, q_i$, то их можно представить вектором $q_k = \{q_1, q_2, \dots, q_i\}$

Статистическое распределение этих параметров при различных технических состояниях оборудования, например, при значениях параметров G_o и G_u (рис.1) будут иметь вид, соответственно:

$$\begin{aligned} f(q_k/g_0) &= f(q_1/g_0), f(q_2/g_0), \dots, f(q_j/g_0); \\ f(q_k/g_u) &= f(q_1/g_u), f(q_2/g_u), \dots, f(q_j/g_u). \end{aligned} \quad (6)$$

При этом, когда $q_k \in F_1$, то $q_k \in G_0$, а при $q_k \in F_2$ то $q_k \in G_u$, где F_1, F_2 - области, в которых параметры изделий вектора q_k относятся к соответствующим состояниям оборудования.

Так как стоимость и частота поднастроек оборудования растет по мере изменения геометрических параметров основных сборочных единиц, то снижается общее техническое состояние за одинаковый отрезок времени т.е. $C_{nu} > C_{n0}$. Потери при этом можно определить:

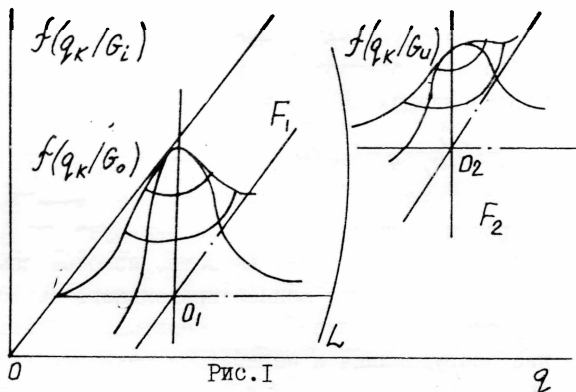


Рис. I

$$\Delta C_n = C_{n0} P(G_0) \int_{q_0}^{q_1} f(q/g_0) dq + C_{nu} P(G_u) \int_{q_2}^{q_3} f(q/g_u) dq \quad (7)$$

Поскольку частота отказов оборудования складывается из отказов рабочих органов, то суммарная величина в интервале времени от t до $t+\Delta t$ определяется следующим образом: $\omega_{\Sigma}(t) = n_k(t)/n_0(t+\Delta t)$, где n_k, n_0 - соответственно отказы и количество сборочных единиц.

Изменение основных геометрических параметров оборудования за время эксплуатации зависит от физической сущности явлений, проходящих в основных сборочных единицах. В зависимости от периода эксплуатации техническое состояние будет различным и определяется, в основном, качеством изготовления, долговечностью основных сопрягаемых деталей и др. Следовательно, изменение геометрических параметров сборочных единиц вызывает соответствующие изменения параметров оборудования, а следовательно, и его общего технического состояния. При этом определяющий геометрический параметр G основных сборочных единиц с плотностью распределения $f(G)$ функционально связан как с основными параметрами, так и с техническим состоянием в течение времени t : $t = f(G)$.

Поскольку определяющий геометрический параметр основных сборочных единиц оборудования линейно изменяется в течение времени эксплуатации т.е.: $G(t) = \delta_0 + ut$ за счет изнашивания деталей то, исходя из первоначальной величины δ_0 в сопряжении сборочной единицы и изменения „ u “ в единицу времени, оно подчиняется нормальному закону распределения:

$$f(u) = \frac{1}{\sigma(u)\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{u - M(u)}{\sigma(u)}\right)^2\right] \quad (8)$$

где $M(u)$, $\sigma(u)$ – математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение величины геометрического параметра сборочной единицы. Это увеличение приводит к изменению основных параметров оборудования, отклонения которых также распределяются по нормальному закону с математическими ожиданиями M_0 , M_u и соответствующими средними квадратическими отклонениями, σ_0 , σ_u , поэтому кривые распределения отклонений основных параметров оборудования пересекаются при различных определяющих параметрах сборочных единиц, т.е. появляются области, где их величина может превышать допустимую (рис.2). Поэтому работоспособность оборудования будет иметь значительно большую величину и также удовлетворять нормальному закону распределения, при котором математическое ожидание и дисперсия будут соответствовать разности математических ожиданий $(M_u - M_0)$ и сумме дисперсий $(\sigma_0^2 + \sigma_u^2)$. Тогда вероятность допустимости величины геометрических параметров основных сборочных единиц можно определить по формуле:

$$P(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{(t - M_u - M_0)}{\sigma_u^2 + \sigma_0^2}\right]^2\right\} dt. \quad (9)$$

При этом достоверность вероятности поднастройки при нормальном распределении можно определить из уравнения:

$$\bar{P}_H(t) = \bar{P}(t) - \Delta\gamma\bar{\sigma};$$

где $\Delta\gamma$ – нормированное нормальное отклонение при доверительном уровне γ

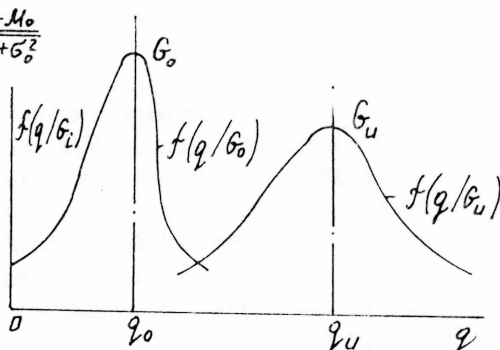


Рис.2

2. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

При проведении производственных исследований предусматривалось выявить основные сборочные единицы с дефектами, снижающими работоспособность и долговечность; определить фактические сроки службы основных деталей и сборочных единиц; установить причины изменения геометрических параметров оборудования, поломок; работоспособность и долговечность его по результатам эксплуатационных исследований; уточнить инструкции по техническому уходу, обслуживанию в эксплуатационных условиях и др. Для этого выбирались модели и количество единиц оборудования, а также тип производства, в котором оно использовалось. Эксплуатационные исследования проводились на предприятиях с хорошо отлаженным производственным процессом, имеющим достаточное количество оборудования и опыт эксплуатации. Выбиралось оборудование, работающее в условиях, характерных для данного типа и размеров обрабатываемых изделий. Для сокращения времени наблюдений выбиралось оборудование, работающее с двух-трехсменной загрузкой.

С помощью математической обработки результатов исследования оборудования, определялась интенсивность потока отказов по уравнению: $\lambda = \lambda_0 (1 + K_\lambda T)^{K_T}$, где λ_0 - интенсивность потока отказов при $T=0$; K_λ - коэффициент относительного приращения потока отказов $1/2$; K_T - показатель скорости приращения потока отказов.

Для оценки параметров распределения K_v, t_0 , которые характеризуют закон Вейбулла, определялись среднее время до отказа $\bar{t}$ и среднее квадратическое отклонение S , для чего использовались табличные данные.

С помощью метода наименьших квадратов на основании данных, полученных при исследовании оборудования, определялась вероятность безотказной работы: $P(t) = e^{-t^{K_v}/t_0}$.

Находясь в пределах заданных показателей точности, характеристики работоспособности достоверны при условии, что выполненный объем исследований минимально достаточен по количеству испытуемых объектов и времени испытания, поэтому планирование таких исследований обосновывалось в пределах доверительных границ. При этом по выборочным характеристикам случайной величины Z_c определялись нижняя Z_H и верхняя Z_δ доверительные

границы для генеральной характеристики Z_0 . Эти границы и определяют доверительный интервал, который с некоторой вероятностью P_q^* обеспечивает Z_0 : односторонние доверительные вероятности:

$$P_q^* = \text{Вер}/z_H \leq Z_0 \leq z_6 / ; P_{q1} = \text{Вер}/z_0 \geq z_H / ; P_{q2} = \text{Вер}/z_0 \leq z_6 /$$

Тогда $P_q^* = P_{q1} + P_{q2} - 1$, а в частном случае, когда $P_{q1} = P_{q2} = P_q^*$ имеем $P_q^* = 2P_q = 1$

По известным наработкам на отказ T_{min}, T_{max} и заданном значении времени работы $T_{p.c}$ находились доверительные границы для вероятности безотказной работы оборудования для периода устойчивой работы, т.е. после окончания приработки: $P(t)_{min} = e^{-t/T_{min}}; P(t)_{max} = e^{-t/T_{max}}$, где t - заданное значение времени работы.

Как показали исследования, изложенная методика позволяет довольно точно оценивать эксплуатационный коэффициент работоспособности оборудования, а также осуществлять сравнительный анализ различного оборудования в условиях эксплуатации. При этом необходимое количество изготавливаемых изделий при снижении точности сборочных единиц в связи с увеличением зазоров в сопряжениях обеспечивалось за счет частоты поднастройки, которая находилась в прямой зависимости от качества ремонта и изготовления сборочных единиц, состояния динамической системы.

Снижение исходных параметров (точности и производительности) оборудования в процессе эксплуатации происходило в результате действия на рабочие органы различного рода погрешностей как систематических, так и случайных. Поэтому при подготовке оборудования к эксплуатации необходимо это учитывать и знать возможное поле рассеяния показателей качества деталей в пределах установленного допуска с таким расчетом, чтобы получать необходимое их количество.

При исследовании работоспособности, например, шестишпиндельных токарных автоматов модели ИБ240-6 учитывались два вида отклонения параметров деталей (погрешности в поперечном сечении деталей Δ_0 и в продольном Δ_k) $q_{1p} = \Delta_0$, $q_{2p} = \Delta_k$; где p - варианты расположения режущей кромки резца на продольном суппорте станка. При этом техническое состояние станка имеет другие значения при вероятности интервалов отклонений от допустимых параметров изделий

$$P(q_{ip}/G_i) \frac{n_{ij}}{n_{ij}+1} + \frac{1}{n_{ij}+1}; \quad P=2 \quad (10)$$

Согласно проведенных исследований, при техническом состоянии $G_1 = 100\%$ (зазор в опорах продольного суппорта - 10 мкм) отклонение параметров деталей q_{1p} (при принятых режимах и времени их изготовления) не выходит за допустимые пределы их значений в пределах стойкости инструмента. При техническом состоянии станка $G_2 = 96\%$ (зазор в опорах продольного суппорта - 20 мкм) отклонение параметров деталей q_{11} и q_{12} не выходит за пределы допустимого, а $q_{13} = 9,2\%$ и $q_{23} = 4,3\%$. При $G_3 = 62\%$ (при зазоре в опорах продольного суппорта - 30 мкм) отклонения от допустимых параметров деталей, соответственно, составляют $q_{11} = 4,2\%$; $q_{21} = 9,5\%$; $q_{12} = 2,7\%$; $q_{22} = 12,8\%$; $q_{13} = 48,3\%$; $q_{23} = 54,2\%$. При $G_4 = 4\%$ (при зазоре в опорах продольного суппорта - 40 мкм) отклонения от допустимых параметров деталей, соответственно, составляют: $q_{11} = 99,9\%$; $q_{21} = 71,4\%$; $q_{12} = 100\%$; $q_{22} = 78,2\%$; $q_{13} = 100\%$; $q_{23} = 100\%$.

Расчеты показали, что при зазорах в опорах продольного суппорта от 10 до 20 мкм вероятно нормальное техническое состояние шестиступенчатого токарного автомата, при 30 мкм, в зависимости от расположения режущей кромки резца, работоспособность падает от 0,94 до 0,12, а при 40 мкм достигает нуля.

Такой оценкой вероятности безотказной работы оборудования можно довольно точно предвидеть эксплуатационный коэффициент работоспособности, а также обеспечить сравнительный анализ. При этом может быть установлена связь основных параметров оборудования с производительностью и качеством изготавливаемых на нем изделий.

3. НАСТРОЙКА РАБОЧИХ ОРГАНОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

На технологическом оборудовании в течение рабочей смены зачастую многократно как автоматически, так и вручную выполняются операции замены и настройки рабочих органов. Длительность операции настройки влияет на общую продолжительность простоев оборудования, при этом работоспособность, производительность технологического оборудования в значительной степени зависит от технического состояния, применяемых методов, способов обслуживания и настройки рабочих органов.

Одной из задач настройки технологического оборудования при любом типе производства является размерная настройка

(поднастройка) - процесс достижения требуемой точности настроечного размера, позволяющий обеспечить заданное качество получаемых изделий. Методы и устройства используемые при настройке и поднастройке всей системы технологического оборудования зависят от его вида и типа производства.

Погрешность, например, механической обработки деталей на металлорежущем оборудовании связана с точностью настройки инструментов на размер. А сам настроечный размер является величиной расчетной. Его численное значение зависит от условий обработки и определяется на основе экспериментальных данных величин

погрешностей механической обработки. Без проведения экспериментов трудно установить рабочий размер из-за сложности влияния на погрешность обработки многих факторов и параметров принятого технологического процесса (режимы резания, инструменты, жесткость и состояние основных рабочих органов станка, изменение припусков, твердости).

Оптимальным настроечным размером A_p является такой заданный размер, при котором обеспечивается требуемая точность обработки с наибольшей продолжительностью работы станка между поднастройками. Настроечный размер должен удовлетворять условиям наибольшей работоспособности, производительности, и экономичности технологического процесса, т.е. обеспечить наиболее рациональную настройку станка. Настроечный размер зависит от закона изменения размеров деталей при их обработке. Если допуск

δ на размер обрабатываемой поверхности сравнительно велик, а систематические погрешности значительно меньше этого допуска и случайные погрешности могут иметь различный знак по отношению настроечному размеру, то в этих условиях рабочий настроечный размер равен: $A_p = 2 \min + \delta/2$

В данном случае настроечный размер A_p соответствует среднему размеру обрабатываемой поверхности. Настройка по среднему размеру гарантирует стабильность технологического процесса в течение длительного времени даже при увеличении поля рассеивания размеров изготавливаемых деталей из-за уменьшения жесткости системы за счет увеличения зазора в сопряжениях деталей основных сборочных единиц оборудования, изнашивания инструмента и других факторов.

Когда распределения погрешностей размеров обработанных деталей подчиняется нормальному закону распределения $\Delta_p = \pm 3\sigma$ ГТУ
допускается возможность колебания настроечного размера от 1^{м.н.э. Баумана}
БИБЛИОТЕКА

$A_{p \min}$ до $A_{p \max}$, т.е. $\delta_H = \pm [(\delta/2) - 3\delta]$. При такой настройке допускается несовпадение фактического размера с расчетным настроечным размером в пределах $\pm \delta_H$, т.е. $A_p = A_{cp} \pm [(\delta/2) - 3\delta]$

Для операции окончательной обработки необходимо учитывать величины постоянных и случайных погрешностей Δ_1, Δ_2 , а настроечный размер $A_{p \max}$ целесообразно приближать к верхнему предельному размеру $A_{\max}$. Это позволяет увеличить срок использования оборудования. При этом $A_{p \min} = A_{\min} + \Delta_1$; $A_{p \max} = A_{\max} - \Delta_2$. При обработке относительно большой партии деталей необходимо учитывать погрешность при настройке первой детали Δ_3 и погрешность всей партии Δ_4 , а также систематически изменяющуюся погрешность $\varepsilon(n)$ т.е. $A_{p \min} = A_{\min} + \Delta_3$; $A_{p \max} = A_{\max} - \Delta_4$; $\delta_H = \delta - [\Delta_3 + \Delta_4 + \varphi(n)]$

Суммарная погрешность Δ_{Σ} механической обработки является функцией упругих деформаций и смещений Δ_y в системе рабочих органов, погрешностей от размерного износа инструмента Δ_u , погрешностей установки заготовки ε_y , настройки инструмента на размер Δ_H , суммы значений погрешностей от тепловых деформаций $\Sigma \Delta_T$, от погрешностей вследствие геометрических неточностей рабочих органов $\Sigma \Delta \varphi$, которые изменяются на протяжении срока эксплуатации и оказывают ощутимое влияние на остальные виды погрешностей.

Поскольку технологическое оборудование в зависимости от времени эксплуатации проходит период обкатки, устойчивой работы и интенсивного старения, то возникает необходимость в поднастройках различной интенсивности. Особенно это ощутимо при эксплуатации автоматизированного оборудования, когда из-за частых поднастроек рабочих органов зачастую простаивают дорогостоящие комплексы. Вероятность бесподнастроечной работы, например, в первый период эксплуатации за время от $\bar{t}$ до t_i , при нормальном распределении наработки до очередной поднастройки можно определить по формуле:

$$\bar{P}_H(t_i) = \Phi[(\bar{t} - t_i)/\bar{\sigma}] = (\bar{t} - t_i)/(\bar{t} - k_r), \quad (II)$$

где Φ - функция нормированного нормального распределения;
 $\bar{t}, \bar{\sigma}, k_r$ - оценки среднего значения, среднего квадратического отклонения и коэффициента вариации наработки до поднастройки.

В период устойчивой работы оборудования поднастройки за

время t_1 до t_2 стабилизируются, при этом относительная его скорость будет иметь постоянную величину: $L_H = -dP_H(t)/dt / P_H(t) = \text{const}$ где L_H - постоянная, характеризующая число поднастроек в единицу времени.

По мере увеличения зазоров в сопряжениях основных сборочных единиц интенсивность поднастроек оборудования линейно возрастает. Это можно наблюдать и в период нормальной эксплуатации при большом интервале времени t_1 до t_2 , а особенно после наступления периода интенсивного увеличения зазоров. При этом вероятность бесподнастроечной работы оборудования можно определить по формуле:

$$t_1 \int_{t_1}^{t_2} f(t) dt = \int_{t_1}^{\infty} f(t) dt - \int_{t_2}^{\infty} f(t) dt = P_H(t_1) - P_H(t_2). \quad (12)$$

Рост экономических потерь, снижение качества изделий изготавливаемых на оборудовании в результате снижения работоспособности, является следствием роста погрешностей геометрических параметров за счет низкого качества его производства и как следствие увеличение зазоров в основных сборочных единицах. Исключить эти недостатки, снизить потери можно в результате совершенствования технологических процессов при ремонте и изготовлении сборочных единиц, обеспечивающих повышение работоспособности технологического оборудования.

4. ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ВНЕДРЕНИЕМ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Технологический процесс в машиностроении призван обеспечивать как качество, так и количество выпускаемых изделий с возможно минимальной себестоимостью, так как он решает комплекс задач технического, организационного и экономического характера.

Как показали исследования, качество и себестоимость изготавливаемых на оборудовании изделий находится в прямой зависимости от совершенства технологических процессов при ремонте и изготовлении оборудования, а так же от оснащения и автоматизации его функционирования. При этом себестоимость изделия можно определить по формуле:

$$C_u = [C_o(1 + \Delta C_o) K_{ам} + C_{обс} + C_{рем} + C_з] / Q, \quad (13)$$

где ΔC - удорожание оборудования от использования прогрессивного технологического процесса; $K_{ам}$ - коэффициент амортизации оборудования; $C_{рем}$ - затраты, учитывающие работоспособность оборудования; $C_{э}$ - стоимость электроэнергии.

Экономический эффект от принятого варианта составит:

$F_3 = (C_{нл} - C_{\pi}) / Q$ где $C_{нл}$ - нормативная себестоимость изготавливаемого изделия.

В зависимости от варианта технологических процессов при ремонте и изготовлении оборудования изменяется как его техническое состояние, производительность, работоспособность, так и себестоимость изготавливаемых на нем изделий.

Принимая вариант технологического процесса, как правило; исходят из соображений его себестоимости, получения максимальной прибыли. При этом оценивается его качество с позиций обеспечения качественных параметров, предусмотренных технической документацией. Однако, зачастую достижения научно-технического прогресса в области технологии машиностроения могут обеспечить значительный экономический эффект у потребителя за счет повышения работоспособности оборудования, хотя для изготовителя такой технологический процесс требует существенных затрат.

При этом экономический эффект от внедрения оптимального технологического процесса при изготовлении и ремонте можно определить по формуле:

$$F_3 = F_n + F_{3к} = (C_{об} + C_{ан}) - 1/Q K_3 (C_{тл} + C_{оп}) + C(t_1/t_2) - \quad (14) \\ - C_{об} (1 + \Delta C_{об}) K_{ам} - C_{обс} - T_m K_{ту} C_{эц} (N_{31}/N_{32}) - C_e T_m K_{ту} L_1/L_2 + \Delta F_{3н} + \Delta F_{3б}$$

где $C_{об}$, $C_{ан}$ - соответственно базовая и по новому варианту себестоимость оборудования; Q - годовой выпуск оборудования; K_3 - нормативный коэффициент эффективности; $C_{тл}$ - приведенные затраты на разработку и техническую подготовку производства; $C_{оп}$ - дополнительные капитальные затраты; t_1/t_2 ; N_{31}/N_{32} ; L_1/L_2 - соответственно соотношения базовых и исследуемых характеристик оборудования, времени работы; потребляемой мощности; интенсивности отказов; $K_{ту}$ - коэффициент использования оборудования; T_m - годовой фонд времени работы оборудования; $C_{эц}$ - цена 1 кВт/ч; C_e - затраты на один ремонт и обслуживание при отказе; F_n , $F_{3к}$ - соответственно экономический эффект при ремонте, изготовлении и эксплуатации.

Системный подход к управлению качеством позволяет улучшать экономические показатели использования оборудования с помощью выбора варианта технологических процессов. При этом для количественной оценки необходимо формализовать процесс управления качеством, который состоит в определении параметрической зависимости выбранного критерия эффективности от геометрических параметров оборудования и ограничения последних по стоимости. Выбрать требуемый вариант технологического процесса при изготовлении и ремонте оборудования невозможно без их соответствующей оценки. Как показал анализ (например, технологический процесс изготовления блока шпинделей с продольным суппортом шестিশпиндельного токарного автомата, пластикационного устройства машин для литья под давлением и др.), основными факторами, определяющими качество сборочных единиц являются геометрические характеристики сопрягаемых деталей, их физико-математические свойства и др.

Предложенную методику оценки оборудования в эксплуатационных условиях, исходя из реальных воздействующих факторов, можно использовать также и при проектировании, при производстве на заводах-изготовителях и выбрать такой вариант технологического процесса, который обеспечивает требуемую работоспособность и получить необходимую эффективность при изготовлении на нем изделий у потребителя, а следовательно, и обеспечить спрос на него при рыночных отношениях. При этом наиболее важной предпосылкой объективной оценки каждого варианта является выбор технологических факторов влияющих на эксплуатационные свойства сопрягаемых деталей оборудования, зазоры в которых, в зависимости от варианта технологического процесса, определяют показатели будущего оборудования, его производительность и качество изготавливаемых на нем изделий.

В общем случае характер такого положения можно определить варьированием их основных геометрических параметров. Однако обоснование выбора этих параметров с помощью существующих методов моделирования вызывает определенные трудности в связи со значительным рассеиванием экспериментальных данных, которые в свою очередь зависят от большого количества случайных факторов. Поэтому более целесообразно исходить из принципа детального аналитического описания технологического процесса изготовления оборудования.

Оценить работоспособность оборудования можно с помощью моделирования процесса изнашивания основных сопряжений, для чего

необходимо найти такое сочетание технологических параметров при изготовлении, при которых обеспечивается оптимальная долговечность оборудования. Для математического описания этого положения можно использовать параметры технологических процессов и данные полученные на стендах, моделирующих процессы изучаемых основных сопрягаемых деталей оборудования.

Исследования проводились на специальных и стандартных установках, условия работы пар обеспечивались близкими к условиям работы изучаемых сопрягаемых деталей сборочных единиц.

Проведенные исследования показали, что основными факторами, влияющими на работоспособность, интенсивность изнашивания γ сопрягаемых поверхностей деталей являются нагрузки P, H ; длина контакта $L, м$; скорость их перемещения $V, м/с$; время работы $t, с$; шероховатость поверхностей (среднее арифметическое отклонение профиля R_a мкм и радиус закругления вершин неровностей r мкм): твердость материалов $HV, МПа$; остаточные напряжения $\sigma, МПа$; напряжение выносливости $\sigma_b, МПа$; коэффициент Пуассона μ и трения K_f ; модуль упругости E . Используя теорию подобия и размерностей интенсивность изнашивания можно оценить из уравнения:

$$\gamma = K_K K_f \left(\frac{P \sigma_b \mu_2}{L^2 \sigma_b E_1} \right)^{\psi_1} \left(\frac{V t}{L} \right)^{\psi_2} \left(\frac{R_a / r}{R_a / r_2} \right)^{\psi_3} \left(\frac{\sigma_b HV_1}{\sigma_b HV_2} \right)^{\psi_4} \quad (15)$$

где K_K - коэффициент, учитывающий влияние неучтенных факторов на работоспособность сопрягаемых пар; $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \psi_4$ - показатели степеней, определенные по экспериментальным данным.

Генерацию множества вариантов технологических процессов изготовления деталей для наглядности можно представить моделью структурного синтеза (рис.3), которая позволяет на каждом этапе технологического процесса показать качественные и количественные параметры, характеризующие точностное состояние заготовки и операции при изготовлении детали. Где I-I,2,..., K - материал заготовки; П- I,2,..., Р - заготовительные операции; Ш - I,2,..., φ - операции предварительной обработки; IV - I,2,..., χ - операции упрочнения; V - I,2,..., τ - операции окончательной обработки.

Для поиска экономически выгодного варианта технологического процесса изготовления детали предлагаются использовать

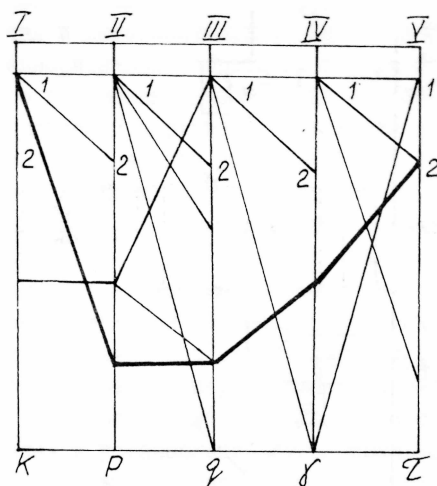


Рис.3

возможность вычислительной техники. Блок-схема расчетов включает: (рис.4) анализ исходных данных j -го технологического процесса; качество изготовления основных деталей оборудования; капитальных вложений; себестоимости изготавливаемых на оборудовании изделий. При этом оптимальный вариант можно представить как разницу себестоимостей $C_{ij} - C'_{ij} \leq 0$. При этом, когда она больше нуля вариант технологического процесса уступает предыдущему. Экономически эффективным будет лишь тот вариант, который с базовым составит максимальную разность, т.е. $C_{ij} - C'_{ij} = \max$

5. ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Повышение производственной эффективности использования технологического оборудования достигается за счет выбора оптимального варианта технологического процесса изготовления его основных деталей. Для конкретных видов оборудования исследовались существующие и возможные варианты технологических процессов. Так, например, исследовались технологические процессы изготовления основных деталей шпиндельного блока многошпиндельных токарных автоматов: "главной оси" и корпуса продольного суппорта, а также сопряжений деталей пластикационного механизма машин для литья под давлением: цилиндр и червяк как в лабораторных, так и в производственных условиях. При этом из всего многообразия существующих и возможных вариантов изготовления таких деталей были приняты к исследованию технологические процессы, обеспечивающие требуемое качество.

Исходя из специфических условий работы, например, продольных суппортов, исследовались основные технологические параметры

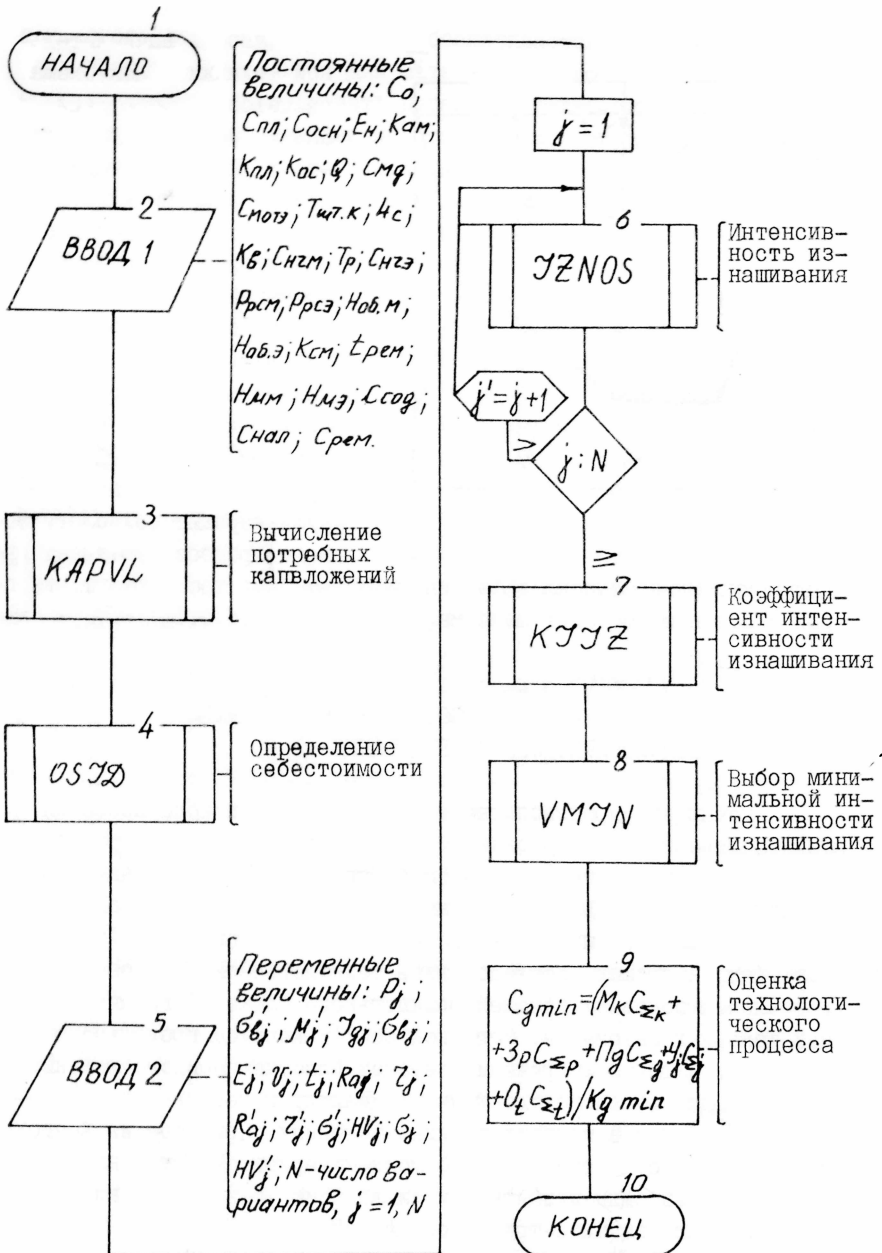


Рис.4

качества изготовления корпусов суппортов на всех операциях, включая и заготовительные. Как показали исследования, за счет предварительной обработки корпусов можно достигнуть значительного повышения качества. На долговечность же "главной оси", её сопрягаемой наружной поверхности ощутимое влияние оказывают в основном операции упрочнения и окончательной обработки.

Аналогичные исследования проводились и при изготовлении сопрягаемых поверхностей отверстия цилиндра и червяка. На долговечность же червяков при их изготовлении существенное влияние оказывают не только операции до упрочнения, операции упрочнения и окончательной обработки, но и операции предварительной обработки. Причем последняя операция (предварительное растяжение) является весьма важной для дальнейшей обработки червяка.

На основании проведенных исследований в лабораторных условиях и установления функциональной зависимости между работоспособностью, интенсивностью изнашивания сопрягаемых пар и исследуемыми технологическими факторами с помощью ЭВМ определены фактические показатели степеней: $K_K = 3,5I$; $\Psi_1 = 1,2I$; $\Psi_2 = 0,000I$; $\Psi_3 = 1,72$; $\Psi_4 = 0,66$. Тогда ранее приведенная зависимость для определения работоспособности, интенсивности изнашивания сопрягаемых поверхностей продольного суппорта и "главной оси" будет иметь вид:

$$Y = 3,51 K_f \left(\frac{P_{B62} \mu_2}{L^2 G_1 E_1} \right)^{1,21} \left(\frac{V_L}{L} \right)^{0,1 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{Ra_1 / Z_1}{Ra_2 / Z_2} \right)^{-1,72} \left(\frac{G_1 H V_1}{G_2 H V_2} \right)^{0,66} \quad (16)$$

В результате проведенных исследований установлено также, что при обработке отверстий под опоры продольного суппорта применение алмазных брусков марки АСВ обеспечивало наибольшую производительность. При этом наибольший съём металла до 0,06 мм достигался при обработке брусками на связке М5 с наибольшей зернистостью (80/63), а наименьший съём с зернистостью 28/20. В первом случае шероховатость поверхности составляла $Ra = 0,63 \dots 0,32$ мкм, что требовало дополнительных переходов с заменой зернистости алмазных брусков. Во втором случае при съеме максимального припуска 0,02 мм достигалось необходимая шероховатость поверхности $Ra = 0,08 \dots 0,04$ мкм и точность формы отверстия: отклонение от цилиндричности $\Delta_0 = 0,003 \dots 0,001$ мм; конусности $\Delta_K = 0,004 \dots 0,002$ мм. При этом на результаты хонингования оказывали влияние характеристики алмазных кругов: с

повышением зернистости брусков увеличивалась волнистость, шероховатость, уменьшилась опорная длина профиля, однако производительность возрастала.

Исследование операции шлифования алмазной лентой деталей типа "главной оси" показало, что обработка деталей из стали 38Х2М0А ($HV=900\ldots 1000$) применение ленты с алмазами марки АСО обеспечивало наибольшую производительность. Высокая стойкость алмазных лент позволяла обрабатывать до 200 штук "главных осей" без её смены. Наибольший съём металла достигался при обработке лентами на жесткой связке Р14, а наименьший - при использовании лент на эластичной связке Р1 (при этом снимался максимальный припуск до 0,02 мм и получилась самая низкая шероховатость поверхности - $Ra = 0,04$ мкм).

Исследованием установлено, что обработку поверхностей деталей необходимо производить последовательно тремя лентами следующих характеристик: Р9-АСО 80/63-100%; Р9-АСО 63/40-100%; Р9-АСО 20/14-100%. При шлифовании деталей с наибольшим возможным припуском использовались ленты Р9 из алмазов АСО 80/63-100%, а наименьшим - Р9 20/14-100%. При таком шлифовании достигалось наименьшая шероховатость поверхности, равная $Ra = 0,08\ldots 0,04$ мкм. Кроме того установлено, что для поверхностного упрочнения "главной оси" необходимо использовать операцию азотирования в тлеющем разряде, которая протекает при относительно низких температурах и вызывает меньшее коробление деталей.

При исследовании технологии изготовления глубоких отверстий цилиндров установлено, что погрешность смещения оси закладывается уже при предварительной обработке, которая зависит от конструкции и качества изготовления инструмента для глубокого сверления, а также от последующей операции дорнования, применение которой зависит от правильных соотношений припуска и исходного состояния отверстия.

Как показало исследование, наиболее работоспособным и долговечным является дорн из пяти зубьев, обеспечивающих, как правило, неравномерный припуск на каждый зуб. Первый имеет наибольшую величину, последующие - меньшую и в конце рабочей части дорна устанавливается два концевых зуба с диаметрами равными диаметру зуба рабочей части.

Для контроля геометрических параметров отверстия цилиндра, автором предложен измерительный прибор, который в отличие от существующих имеет множительный механизм, увеличивающий

показания индикатора, расширяет технологические возможности, позволяет проводить измерения смещение оси отверстия цилиндра, бочкообразность, овальность, конусность, обеспечивает достаточно высокую точность, которая лежит в пределах $\pm 0,02 \dots 0,04$ мм.

Полученные результаты исследования химико-термической обработки цилиндров позволили оценить существующие и рекомендуемые технологические операции упрочнения. В связи с этим наиболее приемлемым, как показали исследования, является операция твердого борирования, которая и обеспечивает получение диффузионных покрытий высокой твердости.

Исследование операции растяжения заготовок червяков с целью снижения их коробления проводилось на специально созданной автором промышленной установке. При этом, когда образец растягивался до предела текучести, то достигалось существенное перераспределение остаточных напряжений, которое становилось распределенным симметрично относительно продольной оси заготовок, а вызываемые ими деформации — осевыми, что является положительным фактором.

Проведенные исследования показали эффективность применения азотирования в тлеющем разряде и шлифование алмазными лентами не только "главных осей", но и червяков машин для литья под давлением.

На основании полученных данных по вариантам технологических процессов при изготовлении и ремонте оборудования, анализа статей затрат, определялась себестоимость изготовленных на нем изделий. При этом чем выше долговечность основных деталей оборудования, тем больше выпуск изделий на этом оборудовании и ниже затраты на изготовление. Кроме того, зная увеличение зазора сопрягаемых деталей основных сборочных единиц, а также его допустимую величину можно определить срок службы этих единиц, а также годовые затраты на выпуск заданного объема изделий по вариантам технологических процессов.

Такая оценка технологических процессов при изготовлении и ремонте основных сборочных единиц оборудования позволяет объективно выбрать эффективный вариант.

ВЫВОДЫ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Создана методика комплексной оценки эффективного использования технологического оборудования в производственных условиях машиностроительных предприятий, позволяющая решить крупную народнохозяйственную проблему.

2. Установлена закономерность влияния технологических процессов при ремонте и изготовлении оборудования на работоспособность, производительность, себестоимость и качество изготавливаемых на нем изделий. Предложены пути для реализации технических и технологических мероприятий.

3. Обоснована взаимосвязь настройки и поднастройки рабочих органов технологического оборудования с производительностью и качеством изготавливаемых на нем изделий.

4. Теоретически разработана и экспериментально обоснована методика оценки влияния технологических факторов на эксплуатационные свойства деталей оборудования, выбора варианта технологического процесса при ремонте и изготовлении основных сборочных единиц, исходя из производственной эффективности его использования. Разработано математическое обеспечение машинного решения как общих, так и частных технологических задач с целью установления связи качества технологического оборудования с параметрами изготавливаемых на нем изделий.

5. Предложены и исследованы варианты технологических процессов, повышающих долговечность деталей оборудования.

6. Внедрение результатов работы позволило получить экономический эффект: за счет прогрессивных технологических процессов при ремонте оборудования, рациональных методов его настройки, а также вывода неэффективного технологического оборудования на предприятиях машиностроения, в том числе ПО ЗИЛ - 5,2 млн.руб.; при этом за счет внедрения прогрессивных технологических процессов на Житомирских заводах: станков-автоматов - 69 тыс.руб., "Автозапчасть" ПО ЗИЛ - 87 тыс.руб., на Хмельницком ПО "Термопластавтомат" - 232 тыс.руб.; на Бердичевском станкозаводе - 41 тыс.руб.; а также в отраслях, использующих многошпиндельные товарные автоматы и полуавтоматы, кузнечно-прессовое оборудование, машины для литья под давлением, основные детали которых изготовлены по технологическим процессам предложенным автором с условным экономическим эффектом в 4,8 млн.руб., при этом увеличилась на 10-12% производительность.

Основные результаты работы отражены в следующих публикациях:

1. А.с. 608658 СССР, В21К 8/14. Механизм записывания форм литьевой машины для пластмасс./М.И.Лещенко, Р.Б.Литвинов, Л.М.Вольфцун, В.И.Балацкион//Б.И.-1978.- № 20.
2. А.с. 960036 СССР, В22К 9/16. Механизм записывания полуформ литьевой машины./И.В.Кононов, М.И.Лещенко, Р.Б. Литвинов, Д.И.Полухин//Б.И.-1982.- № 35.
3. А.с. 1006275, В19К 7/15. Брикетный пресс./В.С.Бурдейный, Н.П.Магалес, М.И.Лещенко//Б.И.-1982.- № 23.
4. Лещенко М.И. Оценка качества автоматизированного технологического оборудования. - Киев: Наукова думка, 1988.- 160 с.
5. Лещенко М.И., Василюк Г.Д., Таурит Г.Э., Оганян А.А. Настройка инструментов на металлорежущих станках. - Киев: Техника, 1983. - III с.
6. Лещенко М.И., Таурит Г.Э., Гонта Ю.В., Василюк Г.Д. Многостаночное обслуживание в машиностроении. - Киев: Техника, 1987. - 120 с.
7. Лещенко М.И., Оганян А.А., Технология и инструмент для обработки глубоких отверстий толстостенных цилиндров. - М.: ВНИИТЭМР, 1989. - 60 с.
8. Андрианов И.И., Лещенко М.И., Нагорный В.И. Хозрасчетные бригады в машиностроении. - М.:Машиностроение, 1987. - 104 с.
9. Корсаков В.С., Таурит Г.Э., Лещенко М.И., Василюк Г.Д. Повышение долговечности деталей машин технологическими методами.- Киев: Техника, 1985.- 162 с.
10. Пуховский Э.С., Таурит Г.Э., Лещенко М.И. Безвибрационное многолезвийное резание. - Киев: Техника, 1982.- 117 с.
11. Тараничев П.Ф., Агинштейн Э.Х., Лещенко М.И. и др. Обзор II-й Европейской станкостроительной выставки 1969 г. в Париже. - М.:НИИМаш, 1969. - 158 с.
12. Лещенко М.И. Улучшение эксплуатационных свойств механизма для переработки пластмасс// В кн.: Совершенствование сборочных процессов в машиностроении. - ВНИИМаш, 1974.- С.57-59.
13. Лещенко М.И. Повышение технологичности конструкции при изготовлении узла пластикации литьевых машин// В кн.: Проблемы технологичности конструкций изделий машиностроения. - ВНИИМаш, 1974.- С.134-136.
14. Лещенко М.И. Обеспечение ремонтпригодности многошпиндельных токарных автоматов на стадии изготовления и эксплуатации// В кн.: Повышение ремонтпригодности машин и технологического оборудования.- ВНИИМаш. - 1978.- С.76-78.

15. Лещенко М.И. Обеспечение высокой унификации при создании гаммы многошпиндельных токарных автоматов// В кн.: Проблемы унификации в машиностроении. - ВНИИМаш. - 1979. - С.160-162.

16. Лещенко М.И. Техническое обслуживание металлорежущего оборудования у потребителя - важный фактор его работоспособности// В кн.: Индустриализация и экономика технического обслуживания и ремонта технологического оборудования машиностроительных предприятий. - ВНИИМаш. - 1982. - С.10-13.

17. Лещенко М.И. Основные пути повышения качества и эффективности конечных результатов труда// В кн.: Комплексная система управления качеством и эффективного использования ресурсов. - ВНИИМаш. - 1982. - С.51-53.

18. Лещенко М.И. Оценка эффективности повышения надежности роботизированных комплексов// В кн.: Роботизация процессов машиностроения и приборостроения. - УкрНИИТИ. - 1985. - С.61-62.

19. Лещенко М.И. Поверхностное дорнование отверстий/ Машиностроитель. - 1980. - № 10. - С.22-23.

20. Лещенко М.И. Сверло для обработки глубоких отверстий/ Станки и инструмент. - 1981. - № 2, - С.35.

21. Лещенко М.И. Влияние точностных параметров основных рабочих узлов шестишпиндельных токарных автоматов на производительность и качество изготавливаемых на них деталей/ Станки и инструмент. - 1990. - № 3 - С.7-9.

22. Лещенко М.И. Методы повышения эксплуатационных свойств шнеков машин для переработки пластмасс/ Химическое и нефтяное машиностроение. - 1976. - № 5. - С.31-32.

23. Лещенко М.И. Дорнование глубоких отверстий толстостенных цилиндров. - НИИМаш, Технология производства, научная организация труда и управления. - 1976. - № 2. - С.45-48.

24. Лещенко М.И. Исследование работоспособности основного рабочего узла литьевых машин/ Пластмассы. - 1984. - № 2 - С. 58-59.

25. Лещенко М.И. Некоторые особенности процесса переработки реактопластов. - УкрНИИТИ. Технология и организация производства. - 1975. - № 5. - С.67-69.

26. Лещенко М.И. Выбор экономически выгодного варианта технологического процесса/ Автомобильная промышленность. - 1990. - № 6. - С.25-26.

27. Лещенко М.И. Повышение надежности и долговечности термопластавтоматов. - УкрНИИТИ. Технология и организация производства. - 1973. - № 10 - С.14-16.

28. Лещенко М.И. Влияние работоспособности машин для литья под давлением пластмасс на производительность и качество прессуемых изделий.- НИИМаш. Технология, организация и экономика машиностроительного производства.- 1983.- № 3.- С.1-3.

29. Лещенко М.И. Исследование работоспособности гидравлических прессов машин.- НИИМаш. Кузнечно-прессовые машины.- 1973.- № 5.- С.11-14.

30. Лещенко М.И. Оценка надежности термопластавтоматов при их конструировании и отработке. УкрНИИНТИ инф.листок.- 1973.- № 15.- 4с.

31. Лещенко М.И. Изготовление нежестких валов. Машиностроитель.- 1983.- № 6. - С.21-22.

32. Лещенко М.И. Влияние зазора в опорах продольных многошпиндельных токарных станков на точность изделия/ Станки и инструмент.- 1982.- № 9.- С.27-28.

33. Лещенко М.И. Исследование износостойкости пар трения в среде расплава пластмасс/ Химическое и нефтяное машиностроение.- 1978.- № 8.- С.41-42.

34. Лещенко М.И. Обработка деталей методом алмазного ленточного шлифования.- НИИМаш. Алмазы и сверхтвердые материалы.- 1975.- № 10.- С.19-20.

35. Лещенко М.И. Центробежная электродуговая биметаллизация стальных втулок оловянно-цинково-свинцовой бронзой.- УкрНИИНТИ. Технология и организация производства.- 1983.- № 3.- С.29-31.

36. Лещенко М.И. Химико-термические методы упрочнения деталей, работающих в агрессивных средах расплава пластмасс/ Химическое и нефтяное машиностроение.- 1985.- № 9.- С.43-44.

37. Лещенко М.И. Опыт Житомирского завода станков-автоматов по внедрению станков с ЧПУ.- УкрНИИНТИ. Технология и организация производства.- 1982.- № 2 - С.23-24.

38. Лещенко М.И. Техническое обслуживание гидравлических прессовых машин у потребителя - фактор повышения их работоспособности в эксплуатационных условиях.- УкрНИИНТИ. инф.листок.- 1974.- № 2.- 5с.

39. Лещенко М.И. Финишная обработка деталей алмазными лентами.- НИИМаш. Технология, организация и экономика машиностроительного производства.- 1982.- № 9.- С.10-12.

40. Лещенко М.И. Методы изготовления толстостенных цилиндров.- УкрНИИНТИ. инф.листок.- 1975.- № 2.- 4с.

41. Лещенко М.И. Прибор для контроля точных глубоких отверстий цилиндров.// Инф.листок УкрНИИНТИ.-1976.- № 4.- 4с.

42. Лещенко М.И. Основные направления автоматизации в машиностроении// В кн: Роботизация процессов машиностроения и приборостроения. УкрНИИНТИ. - 1985.- С.49-50.

43. Лещенко М.И. Прибор для контроля биения винтовой поверхности шнека.// Инф.листок УкрНИИНТИ.- 1975.- № 100.- 2с.

44. Лещенко М.И. Методы оценки технологического оборудования.// Автомобильная промышленность.- 1991.- № 7.- С.27-28.

45. Лещенко М.И., Каплан Б.Л., Титов А.М. Проблемы и перспективы основного производства ЗИЛА.// Автомобильная промышленность.- 1991.- № 7.- С.21-24.

46. Лещенко М.И., Гольц В.В., Полонский Л.Г. Экономические особенности внедрения роботизированных технологических процессов в машиностроении и приборостроении.// Инф.листок УкрНИИНТИ - 1987.- С.69-70.

47. Лещенко М.И., Орлов Б.М. Повышение качества и снижение трудоемкости при изготовлении толстостенных цилиндров.//УкрНИИНТИ Технология и организация производства.- 1975.- № 12.- С.28-30.

48. Лещенко М.И., Юмашев В.Е. Особенности переналаживаемых роботизированных станочных модулей для крупносерийного и массового производства.//Станки и инструмент.- 1985.- № 4.-С.29-30.

49. Лещенко М.И., Кончаловский А.П. Методика оценки технического состояния роботизированных комплексов//Роботизация процессов машиностроения и приборостроения.- УкрНИИНТИ.- 1985.- - С.63-64.

50. Воронин В.Г., Лещенко М.И. Математическое моделирование долговечности узлов гидравлических прессовых машин.- НИИМаш.Кузнечно-прессовые машины. - № 9.- С.5-9.

51. Воронин В.Г.,Лещенко М.И. Повышение долговечности уплотнений подвижных соединений гидравлических прессовых машин.- УкрНИИНТИ. Технология и организация производства.- 1975.- № 4.- - С.60-62.

52. Корсаков В.С., Лещенко М.И. Перспективный процесс изготовления точных отверстий больших длин толстостенных цилиндров.- НИИМаш. Технология, организация и экономика машиностроительного производства.- 1981.- № 10.-С.10-12.

53. Каплун В.Г., Пальчиков О.М., Лещенко М.И. и др. Исследование динамики механизмов запираания термопластавтоматов ДБ3328.- Реферативная информация о законченных работах в ВУЗах УССР. Выпуск № 16. Киев.- 1976.- С.43-45.

