

4430456

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА
ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ
УЧИЛИЩЕ ИМЕНИ Н. Э. БАУМАНА

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

На правах рукописи

РОЗЕНКО НИКОЛАЙ ГРИГОРЬЕВИЧ

УДК 621.313.333:621.31-213.34:658.562:568.516

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ
КАЧЕСТВОМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ
ВЗРЫВОБЕЗОПАСНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
И СТАНДАРТИЗАЦИЯ ИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ**

Специальность 08.00.20— „Стандартизация и управление
качеством продукции“

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1985

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени Н. Э. Баумана и в Кузбасском политехническом институте.

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент **ВИНОГРАДОВ А. Н.**

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор **ШКЛЯРСКИЙ Л. Ф.**
кандидат технических наук
ПЛЕСКАЧЕВА Д. Б.

Ведущее предприятие: Всесоюзный научно-исследовательский институт по нормализации в машиностроении.

Защита диссертации состоится „3“ июня 1985 г.
на заседании специализированного совета К 053.15.16 в
Ордена Октябрьской Революции и Ордена Трудового
Красного Знамени высшем техническом училище
имени Н. Э. Баумана по адресу: 107005,
Москва, дом 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке

по адресу: _____
заверенный печатью, про-

апрель 1985 г.

М 430456

Г. Г. САДОВСКАЯ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1981-85 гг. и на период до 1990 г., принятых на XXVI съезде КПСС, ставится задача повышения качества продукции на основе всемерного использования достижений научно-технического прогресса. Для электротехнической промышленности следует "... особое внимание уделить разработке и освоению выпуска электротехнического оборудования, имеющего более высокий коэффициент полезного действия...".

Актуальность проблемы. От уровня качества выпускаемой продукции зависит эффективность развития народного хозяйства. Следовательно, качество продукции необходимо рассматривать и оценивать только с учетом экономических результатов ее производства и эксплуатации. Поэтому при формировании качества необходимо стремиться к достижению его оптимального уровня, т.е. продукция должна обладать такой совокупностью свойств, которая удовлетворяла бы определенные потребности в соответствии с ее назначением при минимальных народнохозяйственных затратах на производство и эксплуатацию этой продукции.

Асинхронные двигатели являются важнейшими элементами любой промышленной установки. Они имеют простую конструкцию, обладают жесткой механической характеристикой, довольно высоким начальным пусковым вращающим моментом. Выпускаемые в настоящее время асинхронные двигатели потребляют до 40% вырабатываемой в стране электроэнергии.

Комплексная механизация и автоматизация производственных процессов в горной, химической, нефтяной и газовой промышленности ставят перед электромашиностроением задачу повышения качества асинхронных двигателей во взрывобезопасном исполнении. Эксплуатация взрывобезопасных двигателей в шахтах и на рудниках характеризуется исключительно тяжелыми режимами. Техническое обслуживание и ремонт в этих условиях значительно затруднены, поэтому большое значение имеет управление качеством функционирования электродвигателей на стадиях проектирования и изготовления.

Рассмотрение асинхронного взрывобезопасного двигателя как элемента технических систем, применяемых на предприятиях горной,

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1430456

Розенко Н.Г. Разработка ме



химической, нефтяной, газовой и других отраслей промышленности позволило сформулировать важнейшее требование к его качеству — стабильность выходных энергетических показателей.

Как показали исследования, выпускаемые отечественной промышленностью асинхронные взрывобезопасные двигатели имеют значительное рассеяние выходных энергетических показателей, которое превышает допустимое в отдельных случаях более, чем в два раза. Это объясняется отрицательным влиянием погрешностей изготовления и сборки деталей и составных частей на процессы преобразования энергии в электродвигателе.

Отклонение энергетических показателей электродвигателей от расчетных значений вызывает ухудшение эксплуатационных качеств приводимых ими машин и механизмов. Несмотря на это, вопросы точности при проектировании асинхронных двигателей остаются мало разработанными, что объясняется отсутствием единой методики оценки влияния точности изготовления и сборки электродвигателей на качество их функционирования.

Цель работы. Целью настоящей диссертационной работы является повышение стабильности выходных энергетических показателей трехфазных асинхронных взрывобезопасных двигателей за счет разработки точностных методов управления качеством функционирования на основе оптимизации допусков геометрических параметров деталей и сборочных единиц.

Методы исследования. Диссертация выполнена на основе системного анализа общих условий формирования качества асинхронных взрывобезопасных двигателей. При проведении исследований применены методы теории множеств, теории вероятностей и математической статистики, теории точности, теории планирования эксперимента, теории дифференциальных уравнений, методов управления качеством на базе стандартизации.

Научная новизна. На основе теоретических и экспериментальных исследований выявлены закономерности формирования качества и разработаны методы повышения технического уровня асинхронных взрывобезопасных двигателей. Впервые решена задача установления связи точности геометрических параметров деталей и сборочных единиц с показателями качества функционирования асинхронных двигателей. Разработана математическая модель формирования качества асинхронных двигателей. На основе анализа влияния точности на затраты

при изготовлении и эксплуатации электродвигателей разработана методика оптимизации допусков геометрических параметров деталей и сборочных единиц асинхронных взрывобезопасных двигателей.

Практическая ценность и реализация результатов работы. На основании проведенных исследований разработаны рекомендации и методики точностных расчетов при проектировании асинхронных взрывобезопасных двигателей. Указанные методики легли в основу стандартов предприятия СТП БЖ 156-84 "Комплексная система управления качеством продукции и эффективного использования ресурсов. Двигатели асинхронные трехфазные короткозамкнутые взрывобезопасные. Расчет равномерной и неравномерной составляющей погрешности воздушного зазора" и СТП БЖ 157-84 "Комплексная система управления качеством продукции и эффективного использования ресурсов. Двигатели асинхронные трехфазные короткозамкнутые взрывобезопасные. Допуски и посадки". По указанной нормативно-технической документации была изготовлена партия электродвигателей в объеме 50 штук. Испытание опытной партии показало, что внедрение стандартов СТП БЖ 156-84 и СТП БЖ 157-84, а также других рекомендаций диссертационной работы на Кемеровском производственном объединении "Кузбассэлектромотор" позволило в серийном производстве уменьшить рассеяние выходных энергетических показателей в среднем в три раза, одновременно повисить к.п.д. и $\cos \varphi$ и получить за счет этого годовой экономический эффект в сфере производства и эксплуатации в размере 110 тыс. рублей.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований внедрены на Кемеровском производственном объединении "Кузбассэлектромотор" при разработке технологических процессов изготовления вновь внедряемых серий асинхронных взрывобезопасных двигателей. За счет улучшения выходных энергетических показателей, а также за счет снижения затрат на изготовление и эксплуатацию электродвигателей получен годовой экономический эффект в размере 542 тыс. рублей.

Суммарный экономический эффект от внедрения результатов диссертационной работы составил 652 тыс. рублей в год.

Апробация работы и публикации. Результаты работы доложены и обсуждены на областной научно-технической конференции молодых специалистов в г. Кемерово (1975г.), на традиционных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава

Кузбасского политехнического института (1975-1984гг.), Челябинского политехнического института (1979г.); на республиканской научно-технической конференции "Качество поверхности деталей машин и его влияние на эксплуатационные свойства", гор. Душанбе (1981г.); на научно-практической конференции "Механизация и автоматизация ручных и трудоемких операций в промышленности Кузбасса", гор. Кемерово (1982г.); на технических совещаниях НИПТИЗМ г. Владимир и ПО "Кузбассэлектромотор" г. Кемерово и на научно-методических семинарах кафедры "Технология машиностроения" Кузбасского политехнического института и кафедры "Метрология и взаимозаменяемость" МВТУ им. Н.Э.Баумана. Основной материал диссертации изложен в 10 печатных работах.

Объем работы. Диссертация изложена на 143 страницах машинописного текста и состоит из введения, пяти глав, выводов по главам и общих выводов. В работе содержится 61 рисунок, 24 таблицы, список литературы из 130 наименований; 14 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приведен обзор и анализ литературных и производственных данных по управлению качеством функционирования асинхронных взрывобезопасных двигателей.

Качество функционирования асинхронных двигателей в значительной мере определяется такими выходными энергетическими показателями, как пусковой вращающий момент (M_n), максимальный вращающий момент ($M_{\max}$), пусковой ток (I_n), к.п.д. (η), коэффициент мощности ($\cos \varphi$), скольжение (S).

При проектировании внедряемых в настоящее время асинхронных взрывобезопасных двигателей серий В и ВР заложены такие конструктивные решения, которые позволяют получить выходные энергетические показатели на уровне лучших отечественных и зарубежных образцов. Однако, по стабильности выходных энергетических показателей, выпускаемые в настоящее время асинхронные двигатели не удовлетворяют возрастающим требованиям промышленности.

Стадия проектирования является одной из важнейших стадий "жизненного цикла" изделий. Вопросам проектирования асинхронных двигателей посвящены работы Донбровского В.В., Костенко М.П., Лванова-Смоленского А.Б., Пиотровского Л.М., Петрова Г.Н., Вольдека А.А. и др. На стадии проектирования управление качеством

функционирования имеет исключительно важное значение, т.к. именно здесь формируются основные технико-экономические и эксплуатационные показатели.

ГОСТ 22851-77 устанавливает в качестве важнейшего показатель рассеяния эксплуатационных параметров. При традиционном проектировании асинхронных двигателей, исходя из заданных номинальных значений выходных энергетических показателей, определяются номинальные значения функциональных параметров, от которых они зависят. В последнее время имеется целый ряд работ Домбровского В.В., Сороккера Т.Г., Яковенко В.А., Воскресенского А.П., Копылова И.П. и др., направленных на оптимизацию этого процесса. В то же время в литературе недостаточно освещены вопросы точности при проектировании асинхронных двигателей.

Точность выходных энергетических показателей асинхронных двигателей определяется точностью функциональных параметров — основных размеров и характеристик применяемых материалов. Анализ диаграммы долевых вкладов погрешностей функциональных параметров в погрешность выходных энергетических показателей позволяет сделать вывод о том, что при существующем уровне производства асинхронных двигателей погрешность параметров воздушного зазора между статором и ротором более, чем на 60% определяет рассеяние выходных энергетических показателей.

Характеризуя допуски и посадки асинхронных взрывобезопасных двигателей, следует отметить наличие значительных зазоров в сопряжениях, что является одной из причин возникновения неравномерности воздушного зазора.

В настоящее время исследования по управлению качеством асинхронных двигателей, направленные на обеспечение точности выходных энергетических показателей, проводятся по двум основным направлениям.

Первое направление связано с исследованием влияния точности функциональных параметров на точность выходных энергетических показателей и представлено работами Стрельбицкого Э.К., Муравлева О.П., Гринберга Ю.М., Жукова Н.А. и др. Однако, погрешность параметров воздушного зазора рассматривается здесь как погрешность только равномерной его составляющей.

В работах Киклевича Н.А., Геллера Б., Воскресенского А.П., Чо Хон Еля, Валентайта Д.-Э.И. и др. исследуется влияние неравномерной составляющей погрешности воздушного зазора на выходные

энергетические показатели. Однако в указанных работах влияние неравномерности воздушного зазора на характеристики электродвигателя рассматриваются вне связи с влиянием других функциональных параметров.

Второе направление связано с установлением взаимосвязи допусков геометрических параметров деталей и сборочных единиц электродвигателя с погрешностью параметров воздушного зазора и представлено работами Арутюняна Р.В., Дунаева П.Ф., Захаряна Р.О., Шлигина В.В. и др. Однако в работах указанных авторов отсутствуют сведения о влиянии допусков геометрических параметров на выходные энергетические показатели электродвигателя.

Управление точностью выходных энергетических показателей электродвигателей через точность параметров воздушного зазора следует признать наиболее перспективным, так как точностью параметров воздушного зазора можно управлять путем регламентации точностных требований к геометрическим параметрам деталей и сборочных единиц электродвигателя по соответствующим стандартам ГОСТ 25346-82 (СТ СЭВ 145-75) для точности размеров и по соответствующим степеням ГОСТ 24643-81 (СТ СЭВ 636-77) для точности расположения поверхностей.

Заданный уровень точности выходных энергетических показателей может быть достигнут при различных сочетаниях допусков на геометрические параметры деталей и сборочных единиц. Вопросу оптимизации допусков посвящены работы Дунаева П.Ф., Баранова Г.Г., Ростовцева А.М., Алексеевой А.М., Дунаевецкого А.В. и др. В работах указанных авторов задача оптимизации допусков рассматривается как задача с непрерывными аргументами; отсутствуют сведения о влиянии допусков на эксплуатационные показатели; решение задачи ограничивается рассмотрением вопросов оптимизации только допусков собственно размера. Вышеуказанные недостатки не позволили найти данным методикам широкого практического применения.

Анализ литературных источников позволяет сделать вывод о том, что в настоящее время отсутствуют методики установления взаимосвязи точности геометрических параметров деталей и сборочных единиц с показателями качества функционирования асинхронных двигателей, что не позволяет достаточно эффективно управлять качеством функционирования электродвигателей на стадии проектирования и изготовления.

На основании вышеуказанного в настоящей работе ставятся следующие задачи исследования:

1. Разработать методы повышения качества функционирования асинхронных взрывобезопасных двигателей до уровня требований, предъявляемых к ним горными машинами и комплексами.

2. Исследовать влияние конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов на показатели качества функционирования асинхронных взрывобезопасных двигателей.

3. Разработать методику аналитического описания закономерностей изменения параметров воздушного зазора при эксплуатации асинхронных взрывобезопасных двигателей.

4. Исследовать влияние неравномерности воздушного зазора на показатели качества функционирования асинхронных взрывобезопасных двигателей.

5. Исследовать влияние точности геометрических параметров деталей и сборочных единиц на показатели качества функционирования асинхронных взрывобезопасных двигателей.

6. На основе системного подхода разработать математическую модель управления качеством функционирования асинхронных взрывобезопасных двигателей.

7. Разработать методику оптимизации допусков геометрических параметров деталей и сборочных единиц, исходя из требований к основным показателям качества асинхронных взрывобезопасных двигателей.

8. С целью проверки основных теоретических и экспериментальных разработок провести статистическое исследование точности выходных энергетических показателей электродвигателей, изготовленных по рекомендуемым допускам функциональных параметров.

9. Разработать и внедрить нормативно-техническую документацию по управлению качеством функционирования асинхронных взрывобезопасных двигателей.

Во второй главе приведены результаты теоретического исследования влияния функциональных параметров на качество асинхронных взрывобезопасных двигателей и разработки математической модели функционирования.

Установлено, что влияние точности геометрических параметров деталей и сборочных единиц на выходные энергетические показатели асинхронных двигателей осуществляется через изменение параметров воздушного зазора и магнитного поля в воздушном зазоре.

Исследование влияния точности геометрических параметров деталей и сборочных единиц на погрешность выходных энергетических показателей проводилось при помощи математической модели функционирования, разработанной с применением системного подхода.

В соответствии с иерархической структурой системы управления качеством, генеральной целью управления является обеспечение точности выходных энергетических показателей при минимальных затратах на изготовление и эксплуатацию. Данная цель достигается путем нормирования точности функциональных параметров различных уровней. Процесс функционирования отдельных подсистем V_i^k представлен в виде отображения

$$V_i^k : \Gamma^{k-1} \times W^{k+1} \rightarrow \Gamma_i^k, \quad (I)$$

где k - номер уровня управления; i - номер подсистемы на k -м уровне управления; Γ - множество координирующих сигналов; W - множество сигналов обратной связи.

На основе теории точности и исходя из энергетических соотношений в асинхронном двигателе описаны процессы функционирования отдельных подсистем, а также процесс их взаимодействия.

Для управления точностью параметров воздушного зазора, как основного функционального параметра асинхронного двигателя, исследовано влияние на него важнейших конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов. С этой целью разработана математическая модель, отражающая процесс изменения параметров воздушного зазора под воздействием указанных факторов. Воздушный зазор в электродвигателе образуется между поверхностями статора и вращающегося ротора. Для определения траектории движения центра масс ротора использованы дифференциальные уравнения движения системы в обобщенных координатах (уравнения Лагранжа). После подстановки обобщенных сил получена система дифференциальных уравнений

$$m_p \frac{d^2 z}{d \varphi^2} \omega^2 - m_p z \omega^2 = (\rho + T_{cm}) \cos \varphi + \frac{15 DL}{\delta} (z + a) + \\ + m_p (z + a) \omega^2 - c z ; \quad (2)$$

$$m_p \frac{d^2 \varphi}{dt^2} z^2 + 2 m_p z \frac{d \varphi}{dt} \frac{dz}{dt} = -(\rho + T_{cm}) \sin \varphi + M_{kp} - M_{тр} ,$$

где m_p - масса ротора; z, φ - обобщенные координаты (z - текущее смещение центра масс ротора; φ - угол поворота ротора); ω - частота вращений; P - вес ротора; T_{cm} - статическая составляющая силы одностороннего магнитного притяжения ротора; D, L - соответственно, диаметр отверстия и длина сердечника статора; δ - номинальный размер воздушного зазора; a - смещение осей ротора и статора за счет подвижных векторных погрешностей; $C = \frac{48EJ}{\rho^3}$; E - модуль упругости; J - момент инерции; ℓ - расстояние между опорами ротора.

Решение системы дифференциальных уравнений и исключение некоторых величин ввиду их малости позволило получить уравнение траектории движения центра масс ротора и зависимость для текущего значения воздушного зазора

$$\delta_{дин.} = \delta - \varepsilon \cos \varphi - z_0 \cos \sqrt{\frac{48EJ}{\rho^3 m_p \omega^2}} \varphi, \quad (3)$$

где ε - смещение осей ротора и статора за счет погрешностей размеров деталей и неподвижных векторных ошибок.

На основе размерного анализа исследовано влияние на погрешность параметров воздушного зазора точности геометрических параметров деталей и сборочных единиц асинхронного двигателя.

Для установления взаимосвязи точности геометрических параметров и точности выходных энергетических показателей асинхронных взрывобезопасных двигателей использовалась теория планирования эксперимента. "Эксперимент" в данном случае заключается в расчете погрешности выходных энергетических показателей при определенном сочетании погрешностей геометрических параметров деталей и сборочных единиц в соответствии с матрицей планирования. Метод планирования эксперимента позволяет в этом случае заменить целый ряд сложных математических зависимостей адекватными линейными полиномиальными моделями с явно выраженной взаимосвязью точности геометрических параметров с точностью выходных энергетических показателей.

Полученные в результате проведенных исследований зависимости позволяют оценить влияние точности геометрических параметров деталей и сборочных единиц на выходные энергетические показатели электродвигателя, обоснованно назначать точность геометрических

параметров исходя из допустимого рассеяния выходных энергетических показателей при проектировании асинхронных взрывобезопасных двигателей, определять рассеяние выходных энергетических показателей уже существующих конструкций, разрабатывать систему оптимальных допусков на геометрические параметры деталей и сборочных единиц.

В третьей главе изложены результаты экспериментальных исследований влияния неравномерности воздушного зазора на выходные энергетические показатели, а также экспериментально-статистический анализ фактической точности геометрических параметров деталей и сборочных единиц асинхронных взрывобезопасных двигателей.

При проектировании асинхронных двигателей принимается допущение, что величина воздушного зазора по всему периметру статора имеет постоянное значение. Однако, вследствие наличия неизбежных технологических погрешностей изготовления и сборки деталей, возникает неравномерность воздушного зазора, при этом магнитное поле в зазоре искажается. В настоящее время учесть данное явление теоретически невозможно, поэтому экспериментальным путем исследуется изменение выходных энергетических показателей при наличии неравномерности воздушного зазора.

Экспериментальная установка представляла собой серийный асинхронный взрывобезопасный двигатель, детали которого обработаны с повышенной точностью, и имеющий специальные подшипниковые щиты с двумя эксцентриковыми втулками. При повороте эксцентриковых втулок в противоположные стороны на одинаковый угол происходит изменение неравномерности воздушного зазора от нуля до максимального значения. Через 90° в щитах были профрезерованы отверстия для дополнительного контроля фактической величины воздушного зазора при помощи шупов.

В ходе эксперимента определялись выходные энергетические показатели электродвигателя при различной неравномерности воздушного зазора. Для этой цели при каждом значении неравномерности воздушного зазора проводились опыты: холостого хода, короткого замыкания и опыты по снятию рабочих характеристик. Методом наименьших квадратов аппроксимировались полиномиальные зависимости выходных энергетических показателей от неравномерности воздушного зазора и проводился дисперсионный анализ. Степень полинома определялась по F - критерию, а значимость коэффициентов ре-

грессии - по t - критерию. Коэффициенты влияния точности неравномерной составляющей погрешности воздушного зазора на точность выходных энергетических показателей, рассчитанные на основании данных зависимостей, внесены в математическую модель управления качеством функционирования.

Для оценки фактической точности геометрических параметров деталей и сборочных единиц асинхронных взрывобезопасных двигателей, влияющих на погрешность воздушного зазора, было проведено экспериментальное исследование на Кемеровском производственном объединении "Кузбассэлектромотор".

Установлено, что рассеяние большинства геометрических параметров превышает допуск в два раза; вероятный процент брака достигает на отдельных операциях более 40%, настройка оборудования осуществляется ближе к границе поля допуска, соответствующей исправному браку.

На основании анализа результатов исследования рекомендованы и внедрены мероприятия по изменению настройки оборудования и улучшению точностных характеристик технологического процесса изготовления асинхронных взрывобезопасных двигателей.

В четвертой главе приводятся результаты исследования влияния точности геометрических параметров деталей и сборочных единиц на затраты при изготовлении и эксплуатации асинхронных взрывобезопасных двигателей, а также методика оптимизации точности геометрических параметров деталей и сборочных единиц.

Одним из показателей, характеризующих качество функционирования асинхронных взрывобезопасных двигателей является вектор качества $F = F(X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_m)$. Набор параметров X_j соответствует допускам геометрических параметров деталей и сборочных единиц. Признаком оптимальности в данном случае является такое сочетание параметров X_j , которое соответствует минимуму затрат на производство и эксплуатацию электродвигателей. Одновременно должны обеспечиваться требования по предельно допустимому рассеянию выходных энергетических показателей, которые задаются в виде совокупности чисел $G_o = \{TM_{no}, TM_{maxo}, TJ_{no}, T\eta_o, T\cos\varphi_o, TS_o\}$. В процессе расчета соответствующие показатели получаются в виде совокупности чисел $G = \{TM_n, TM_{max}, TJ_n, T\eta, T\cos\varphi, TS\}$, которые представляют собой фактические значения рассеяния выходных энергетических показателей при данных значениях параметров X_j .

Задача оптимизации показателей качества функционирования асинхронных взрывобезопасных двигателей заключается в определении вектора качества $F(X_j)$, исходя из следующей математической модели

$$C = f(F) + \varphi(F) \rightarrow \min \quad (4)$$

$$G_i(F) \leq G_{oi} \quad , \quad (5)$$

где $i = 1, 2, \dots, n$; $G_i(F) \leq G(F)$; $G_{oi} \leq G_o$;

$f(F)$ - затраты на производство электродвигателей в зависимости от их качества; $\varphi(F)$ - затраты на эксплуатацию электродвигателей в зависимости от их качества; $G_i(F)$ - рассеяние i -го энергетического показателя в зависимости от качества.

В результате решения задачи находится оптимальный вектор качества

$$F^* = F(X_1^*, X_2^*, \dots, X_j^*, \dots, X_m^*). \quad (6)$$

Для исследования влияния точности геометрических параметров деталей и сборочных единиц на затраты при изготовлении асинхронных взрывобезопасных двигателей принята известная гиперболическая зависимость.

Установлено, что влияние точности геометрических параметров деталей и сборочных единиц на затраты при эксплуатации асинхронных взрывобезопасных двигателей реализуется через изменение координат середины полей допусков геометрических параметров и соответствующие им средние значения погрешности параметров воздушного зазора и средние значения к.п.д. и коэффициента мощности электродвигателя. В результате теоретических исследований о применении планирования эксперимента получены линейные полиномиальные модели, адекватно описывающие рассматриваемый процесс.

Так как допуски геометрических параметров деталей и сборочных единиц могут принимать дискретный ряд значений, то наиболее приемлем способ решения задачи оптимизации в вариантах. В этом случае рассматривается конечное число возможных вариантов сочетания допусков геометрических параметров деталей и сборочных единиц, вычисляется величина целевой функции для каждого вариан-

та и на основе сравнения этих результатов принимается решение об искомых параметрах объекта оптимизации.

Для решения поставленной задачи были разработаны алгоритм и программа расчета оптимальных допусков геометрических параметров на ЭВМ ЕС 1022.

В качестве примера реализации предложенной методики приведен расчет оптимальных допусков геометрических параметров деталей и сборочных единиц для асинхронного взрывобезопасного двигателя В160 МВ.

В пятой главе приведены результаты стандартизации методов расчета точности и разработки системы допусков и посадок деталей и сборочных единиц асинхронных взрывобезопасных двигателей.

На основе функционального подхода разработана методика установления взаимосвязи точности параметров воздушного зазора асинхронных взрывобезопасных двигателей с точностью геометрических параметров деталей и сборочных единиц. Данная методика легла в основу стандарта предприятия СТП БЖ 156-84 "Комплексная система управления качеством продукции и эффективного использования ресурсов. Двигатели асинхронные трехфазные короткозамкнутые взрывобезопасные. Расчет равномерной и неравномерной составляющей погрешности воздушного зазора".

Исходя из решения задачи оптимизации разработана система допусков и посадок асинхронных взрывобезопасных двигателей. На основе данной системы разработан стандарт предприятия СТП БЖ 157-84 "Комплексная система управления качеством продукции и эффективного использования ресурсов. Двигатели асинхронные трехфазные короткозамкнутые взрывобезопасные. Допуски и посадки".

Внедрение на Кемеровском производственном объединении "Кузбассэлектромотор" указанных стандартов, а также других рекомендаций диссертационной работы, позволило снизить трудоемкость и себестоимость конструкторско-технологической подготовки производства, улучшить качество разработок, уменьшить рассеяние выходных энергетических показателей асинхронных взрывобезопасных двигателей в среднем в три раза, одновременно повысить к.п.д. и $\cos \varphi$ и получить за счет этого суммарный годовой экономический эффект в размере 652 тыс. рублей.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ литературных и производственных данных по управлению качеством функционирования асинхронных взрывобезопасных двигателей показал, что наряду с совершенствованием конструкции, технологии, применяемых материалов, значительное влияние на выходные энергетические показатели оказывает точность геометрических параметров деталей и сборочных единиц.

2. Установлено, что погрешности изготовления деталей и сборочных единиц асинхронных взрывобезопасных двигателей приводят к изменению параметров воздушного зазора между статором и ротором, магнитного поля в воздушном зазоре и к рассеянию выходных энергетических показателей.

3. На основании теоретических исследований разработана и описана на языке теории множеств многоуровневая иерархическая система, позволяющая раскрыть механизм влияния точности геометрических параметров деталей и сборочных единиц на выходные энергетические показатели, а также на затраты при изготовлении и эксплуатации асинхронных взрывобезопасных двигателей.

4. На основании теоретических исследований разработана математическая модель, позволяющая назначать точность геометрических параметров деталей и сборочных единиц исходя из требуемых показателей качества асинхронных взрывобезопасных двигателей.

5. В результате теоретических и экспериментальных исследований разработана методика оптимизации геометрических параметров деталей и сборочных единиц асинхронных взрывобезопасных двигателей по критерию минимума затрат в сфере производства и эксплуатации.

6. В результате теоретических и экспериментальных исследований разработаны методы повышения качества асинхронных взрывобезопасных двигателей, основанные на оптимизации точности геометрических параметров деталей и сборочных единиц и стандартизации норм точности. Указанные методы могут быть использованы для повышения технического уровня и других типов электрических машин.

7. Результаты проведенных исследований положены в основу разработанных автором стандартов предприятия СТП БД 156-84 "Комплексная система управления качеством продукции и эффективного использования ресурсов. Двигатели асинхронные трехфазные коротко-

замкнутые взрывобезопасные. Расчет равномерной и неравномерной составляющей погрешности воздушного зазора", СТП БЖ I57-84 "Комплексная система управления качеством продукции и эффективного использования ресурсов. Двигатели асинхронные трехфазные короткозамкнутые взрывобезопасные. Допуски и посадки". По указанной нормативно-технической документации была изготовлена партия асинхронных взрывобезопасных двигателей в объеме 50 штук. Испытания опытной партии показали, что рассеяние выходных энергетических показателей снизилось в три раза по сравнению с серийно выпускаемыми электродвигателями.

8. Результаты исследований внедрены на Кемеровском производственном объединении "Кузбассэлектромотор". Годовой экономический эффект, полученный за счет повышения выходных энергетических показателей, снижения затрат на изготовление и эксплуатацию асинхронных взрывобезопасных двигателей составил 652 тыс. рублей в год.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Розенко Н.Г. Исследование размерных цепей электродвигателя с целью назначения экономически выгодных допусков на составляющие размерных цепей. - Роль молодых ученых и специалистов Кузбасса в повышении эффективности производства: Тез. докл. научно-техн. конф. - Кемерово, 1975, с. 22-23.

2. Полетаев В.А., Гаус П.П., Розенко Н.Г. Статистический метод исследования точности технологического процесса изготовления электродвигателей ВАО 6I-4. - Науч. тр./ Кузбасский политехн. ин-т, 1976, вып. 85, с. 36-40.

3. Розенко Н.Г., Полетаев В.А., Гаус П.П. Расчет точности радиального воздушного зазора асинхронных электродвигателей. - Науч. тр./ Кузбасский политехн. ин-т, 1977, вып. 87, с. 54-59.

4. Полетаев В.А., Розенко Н.Г. К вопросу о регламентации допусков на функциональные параметры асинхронных электродвигателей. - Науч. тр./ Кузбасский политехн. ин-т, 1977, вып. 87, с. 50-53.

5. Полетаев В.А., Розенко Н.Г. Аналитическое исследование динамического воздушного зазора асинхронного электродвигателя. - Науч. тр./ Кузбасский политехн. ин-т, 1977, вып. 87, с. 43-49.

6. Розенко Н.Г. Некоторые вопросы экономики при проектировании асинхронных электродвигателей. - Науч. тр./ Кузбасский политехн. ин-т, 1979, с. 104-107.

7. Розенко Н.Г. Нормирование точности функциональных параметров асинхронных электродвигателей.- Науч. тр./ Кузбасский политехн. ин-т, 1979, с. 99-103.

8. Полетаев В.А., Розенко Н.Г., Нерсесьян Л.А. Исследование влияния неравномерности воздушного зазора на выходные энергетические показатели асинхронных электродвигателей.- Науч.тр./ Кузбасский политехн. ин-т, 1979, с. 108-III.

9. Розенко Н.Г. Исследование влияния точности изготовленных деталей электродвигателя на показатели качества.- Качество поверхности деталей машин и его влияние на эксплуатационные свойства; Тез. респ. научно-техн. конф.- Душанбе, 1981, с. 152-154.

10. Розенко Н.Г. Исследование влияния точности геометрических параметров деталей асинхронных электродвигателей на затраты при эксплуатации.- Механизация и автоматизация ручных и трудоемких операций в промышленности Кузбасса: Тез. докл. научно-практ. конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 60-летию образования СССР.- Кемерово, 1982, с. 25.

Роз



Подписано в печать 17.04.85г. ОП 08225 Заказ 539

тираж 100 экз. Объем 1 п.л. Печать офсетная, формат 60x84 1/16

Типография Кузбасского политехнического института 1985г.

Кемерово-27, ул. Красноармейская, 115