

6
А-30

КУЗБАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Инж. В. С. Савоськин

**ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ
ВЗРЫВОБЕЗОПАСНЫХ МАГНИТНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ
НА ШАХТАХ КУЗБАССА**

Спец. 173—горная электромеханика

Автореферат
диссертации, представленной на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Кемерово

1969

РСФСР

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КУЗБАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Савоськин В.С. —
горный инженер электромеханики

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНЫХ
МАГНИТНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ НА ШАХТАХ КУЗБАССА.
(спец.173— Горная электромеханика)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации, представленной на соискание уче-
ной степени кандидата технических наук.

Научный руководитель —
доктор технических наук,
профессор Муравьев В.П.

Кемерово -1969

6
A30

Задачи повышения технико-экономических показателей и улучшения условий безопасности угольной промышленности Советского Союза требуют дальнейшего совершенствования существующего и внедрения новых разработок шахтного электрооборудования и аппаратуры управления. В этой связи актуальным являются вопросы исследования эксплуатационной надежности шахтных магнитных пускателей. Решению этих вопросов посвящена реферируемая работа.

Первая глава диссертации посвящена анализу и обзору конструктивных и схемных особенностей шахтных магнитных пускателей, применяемых для управления электроприводами забойных машин и механизмов.

Совершенствование магнитных пускателей серии ПМВ шло по пути улучшения конструкции отдельных узлов при одновременном упрощении схемы и уменьшении защитных функций, что однако не повысило эксплуатационную надежность, т.к. за это время значительно увеличились управляемые мощности и повысились требования по обеспечению безопасности. В последние годы в новых схемных разработках поставлена задача резкого увеличения защитных функций и повышения искробезопасности цепей управления.

В пусковой аппаратуре зарубежных фирм для шахтных условий предусмотрено большинство видов защит, характерных для современного типа подобных аппаратов.

В связи с повышением требований к шахтному элект. оборудованию в конструкции и схемы магнитных пускателей

+ 1 1 3 0

внесены серьезные усовершенствования, направленные на расширение защитных функций, улучшение контакторной группы, выполнение более удобной в эксплуатации оболочки, создание максимальной простоты в обслуживании. Выемная панель во всех типах пускателей зарубежных фирм позволяет более компактно и рационально расположить элементы и узлы, обеспечить более легкий осмотр и их замену в случае выхода из строя, т.е. значительно повышает ремонтпригодность. Схемы магнитных пускателей, выпускаемых в различных странах, различаются числом жил кабелей, используемых в цепи управления, применяемым типом защит, нагрузочной способностью и др.

В нашей стране в последние годы предприняты ряд мер по созданию новой аппаратуры управления, обладающей более высокой эксплуатационной надежностью. В этой области большие исследования ведутся институтами Гипронисэлектрошахт и Гипронисэлектрохим, заводами КЭМЗ и ТЭМЗ. Из работ других организаций представляет интерес опыт создания статического бесконтактного пускателя на полупроводниковых управляемых вентилях (ДФУА).

За рубежом ведутся интенсивные исследования по созданию высоконадежного контактора, обеспечивающего 10^7 циклов ВО или же со сроком службы равным сроку службы электропривода.

Во второй главе дается анализ условий эксплуатации магнитных пускателей на шахтах Кузбасса, существенно влияющие на эксплуатационную надежность узлов и элементов пускателя.

По своей физической природе все многообразие воздействий в подземных выработках можно разделить на следующие основные группы:

1. Горно-геологические, определяемые технологией выемки угля, ограниченностью пространства и т.д.
2. Климатические - температура, влажность и запыленность окружающего воздуха.
3. Механические - вибрации и удары, возникающие при включении и выключении электромагнитных элементов, а также при транспортировке.
4. Электрические - разрываемый ток нагрузки, напряжение и рассеиваемая мощность.

Под действием влаги, которая впитывается изоляцией с определенной скоростью, происходит интенсивное ухудшение её и коррозия металлических поверхностей. Скорость проникновения влаги в изоляцию зависит от содержания паров в окружающем воздухе и температуры. Средние величины относительной влажности и температуры для различных шахт Кузбасса колеблются соответственно в пределах (83-98)% и $(10 + 14)^{\circ}\text{C}$.

Угольная и породная пыль, осаждающаяся на поверхности деталей пускателя, образует в условиях высокой влажности токопроводящий слой. Появление такого слоя приводит к резкому снижению поверхностного сопротивления изоляции. Кроме этого, угольная пыль, находящаяся между контактирующими поверхностями, увеличивает время горения электрической дуги при вибрациях и расхождении контактов, а породная - увеличивает

сопротивление контактного перехода. Средняя запыленность воздуха в местах установки пусковой аппаратуры составляет $250 \pm 800 \text{ мг/м}^3$.

Вибрация панелей пускателей, на которых смонтированы узлы и элементы, приводит к нарушению соосности скользящих и вращающихся деталей, обрыву проводников и разрушению паек, короткому замыканию близко расположенных токоведущих частей, размыканию Н.З. и замыканию Н.О. контактов и т.д.

Колебания напряжения в широких (до 40%) пределах приводит к отпаданию якорей электромагнитов или неустойчивому притяжению их, что вызывает интенсивный электрический износ контактов.

Токовая нагрузка пускателя определяется режимом работы управляемого двигателя. Большинство добычных машин и механизмов работают в повторно-кратковременном режиме со временем непрерывной работы $2 \pm 2,5$ минуты и продолжительностью пауз около 2 минут. Поэтому значительную часть времени через токоведущие элементы пускателя протекают пусковые токи.

Третья глава посвящена определению количественных параметров эксплуатационной надежности шахтных магнитных пускателей. Для этой цели был организован сбор необходимого количества статистической информации путем круглосуточных наблюдений за работой пусковой аппаратуры на различных шахтах комбината Кузбассуголь, отражающих все многообразие условий эксплуатации.

Круглосуточные наблюдения, несмотря на трудоемкость, обладают рядом больших преимуществ перед другими методами из-за хорошей достоверности статистической информации. В результате обработки этой информации, полученной при наблюдении за работой 200 магнитных пускателей в течение 5760 часов, получены таблицы № 1 и № 2.

Таблица № 1

№№ ПП	Наименование узла	Вероятность безотказной работы на 720 часов (числитель - фактическая, знаменатель - требуемая на Тн.)	Оптимальный срок профил. мероприятий <i>h</i> , час.
1.	Силов. цепи	0,787 / 0,915	400 / 96
2.	Контактор	0,653 / 0,915	320 / 96
3.	Цепи управл.	0,610 / 0,915	300 / 96
4.	Пускатель ПМВ (И)	0,300 / 0,76	110 / 48

Таблица № 2

№№ ПП	Условные обозначения	Силовые цепи	Контактор	Цепи управления
1.	$M[\tau_n]$, мин	27	27	27
2.	$M[\tau_o]$, мин	80	78	75
3.	$M[\tau_p]$, мин	73	54	53
4.	β_{en} , мин	20	20	20
5.	β_{eo} , мин	52	53	50
6.	β_{ep} , мин	49	35	35
7.	T_e , мин	180	159	155

Для оценки эксплуатационной надежности магнитных пускателей ПМВ (И) научный и практический интерес представляют следующие показатели:

- интенсивность отказов элементов и функциональных узлов;
- безотказность пускателя и его отдельных узлов;
- распределение времени работы пускателя между отказами (наработки);
- закон распределения времени восстановления пускателя и его узлов;

Для оценки точности и надежности полученных законов распределения использованы в работе критерий χ^2 - Пирсона и неравенство П.Л. Чебышева. В результате обработки статистической информации функция безотказности с достаточной точностью описывается экспоненциальным законом

$$p(t) = \exp(-\lambda t) \quad (I)$$

Анализ λ - характеристики (интенсивности отказов) показывает, что в весенние и осенние месяцы, когда относительная влажность воздуха в выработках достигает своего максимального значения, интенсивность отказов элементов пускателя значительно увеличивается. Учитывая, что режим работы и другие условия почти не изменяются, считаем, что увеличение интенсивности отказов связано с повышением относительной влажности окружающего воздуха.

Показано, что эта зависимость выражается уравнением

(2)

$$\lambda = \lambda_0 \left(\frac{\psi}{\psi_0} \right)^K,$$

где:

λ_0 - интенсивность отказов пускателя, соответствующая минимальной относительной влажности, для шахт Кузбасса $\psi_0 = 0,80$;

K - коэффициент, характеризующий степень увеличения интенсивности отказов при $\psi > \psi_0$. ($K = 2,15$).

График данной зависимости представлен на рис.1.

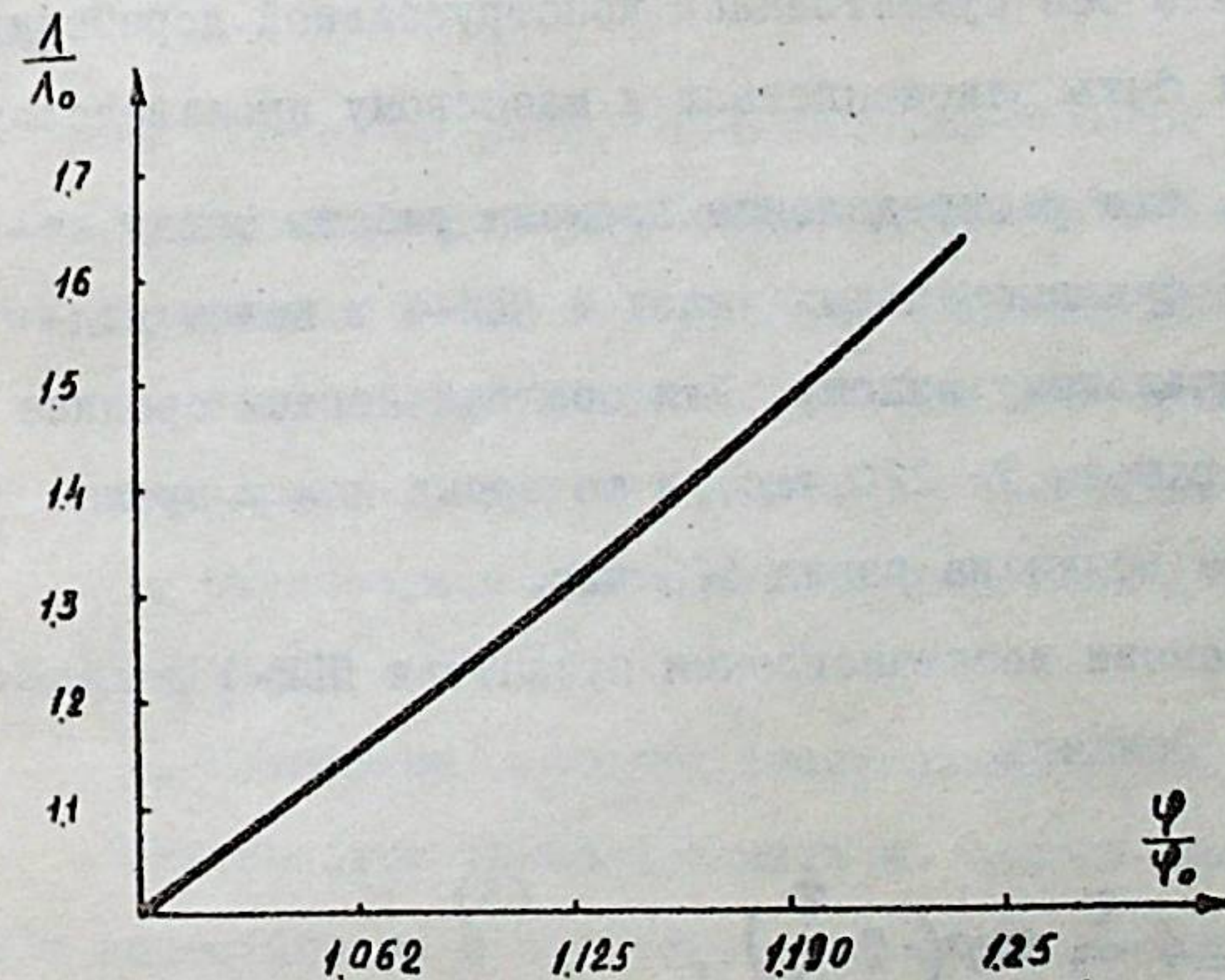


Рис. 1.

Исследования показали малую ремонтпригодность существующей пусковой аппаратуры, так как за исключением опытной партии пускателей ПМВИ-3I и -6I компоновка элементов и узлов несовершенна. Во время профилактики и производства ремонтных работ необходимо отсоединять много проводников и извлекать панель из оболочки. Среднее время восстановления является значительным $T_B = 2,5$ часа.

Существующая пусковая аппаратура в целом не удовлетворяет требованиям эксплуатации, поэтому ведется интенсивная работа по созданию единой серии пускателей ПВИ. Опытная эксплуатация показала, что без существенной конструктивной доработки эта серия не может быть рекомендована к массовому производству.

Установлено, что распределение времени работы между отказами (наработки) функциональных узлов и ПВИ-4 в целом подчиняется экспоненциальному закону. Для опытной партии среднее время безотказной работы $T = 220$ час., в то время как у пускателя ПМВИ-1365А эта величина равна 525 час.

Плотность времени восстановления пускателя ПВИ-4 распределяется по закону Эрланга

$$f(t) = 4 \frac{t}{T_B^2} \exp\left(-2 \frac{t}{T_B}\right), \quad (3)$$

где

T_B - среднее время восстановления;

t - произвольное значение времени.

Этот закон свидетельствует о том, что при существующем способе ремонта пусковой аппаратуры в шахтных условиях вероятность восстановления за бесконечно малое время незначительна.

В четвертой главе рассмотрены некоторые пути повышения эксплуатационной надежности пускателей. Учитывая, что в ближай-^ешие годы не ожидается новых обнадёживающих разработок шахтной пусковой аппаратуры, отвечающих современным требованиям, необходимо изыскать и осуществить меры по повышению эксплуатационной надежности существующих пускателей серии ПМВИ и ПВИ.

Наиболее перспективными следует считать такие направления:

1. Улучшение работы максимально-токовой защиты, что приведет к существенному уменьшению количества аварий в низковольтных участковых сетях и повышению безопасности;
2. Обеспечение профилактических осмотров и ремонтов через оптимальные промежутки времени в процессе эксплуатации;
3. Обеспечение необходимого количества запасных элементов и узлов;
4. Повышение качества обслуживания.

Максимально-токовая защита на основе электромагнитных реле недостаточна и несовершенна. Исследованиями установлено, что распределение фактического тока срабатывания после регулировки подчиняется экспоненциальному закону

$$f(y) = \Lambda \cdot \exp(-\Lambda y) \quad (4)$$

с параметром $\Lambda = 0,078$ 1/час и относительным отклонением фактического тока срабатывания от величины уставки - y .

За шестимесячный срок эксплуатации между очередными профилактиками, установленного "Правилами Безопасности" . . . вследствие изменения упругих свойств пружины и ржавления других элементов, фактический ток срабатывания распределяется по нормальному закону с плотностью

$$f(y) = 0.048 \exp\left[-\frac{(y-18)^2}{140}\right] \quad (5)$$

Из рис. 2 видно, что у 64% реле фактический ток сраба-

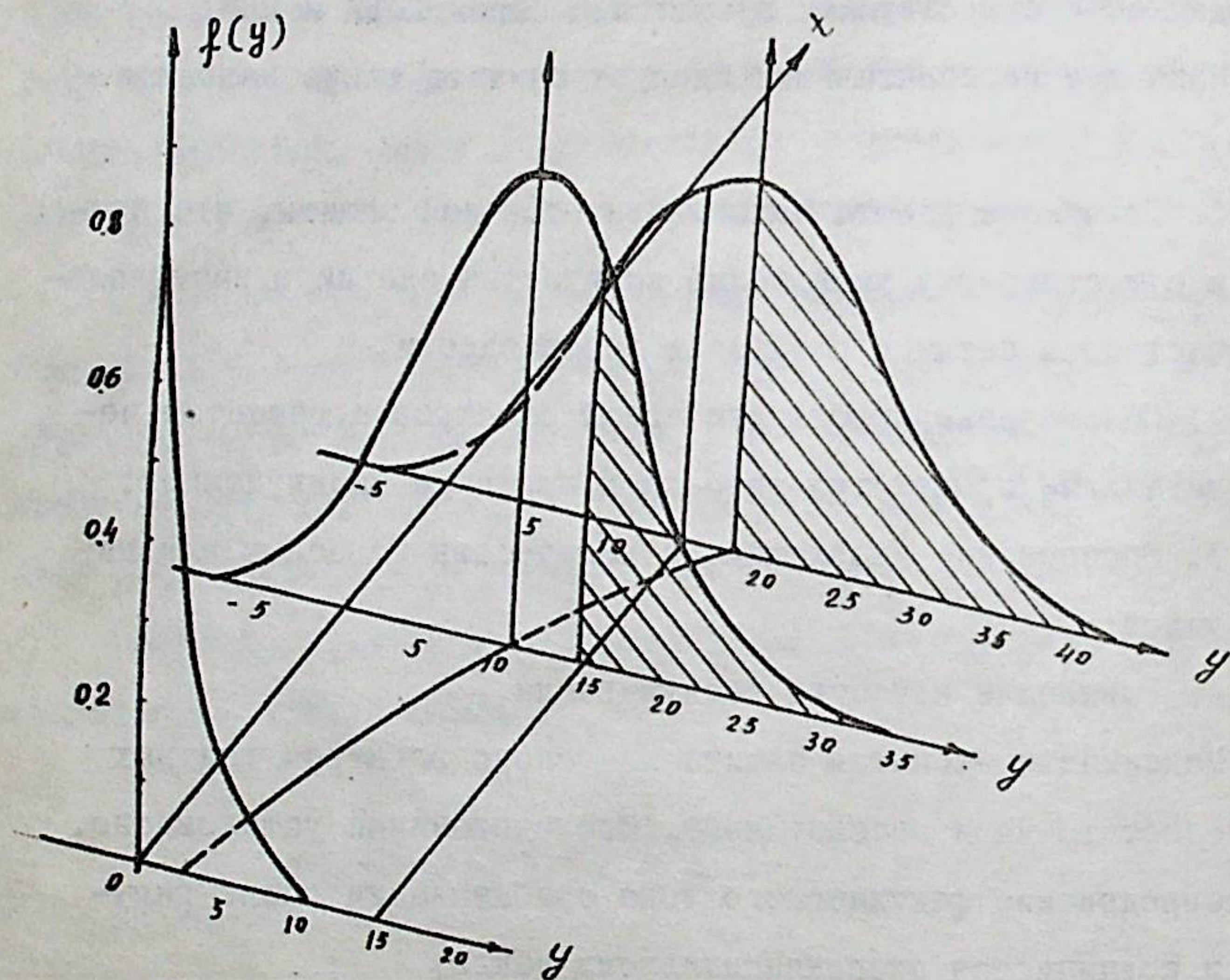


Рис. 2.

тывания будет значительно выше величины тока уставки и следовательно они не обеспечивают необходимую защиту соответствующего участка.

С целью повышения надежности срабатывания максимальной защиты в аварийных случаях целесообразно сократить время между очередными профилактическими регулировками до 4-х месяцев. В этом случае закон распределения фактического тока срабатывания

$$f(y) = 0.06 \exp\left[-\frac{(y-11)^2}{90}\right] \quad (6)$$

при этом за + 15%-й допустимый предел выйдут параметры 18% реле.

Определенный практический интерес представляет определение уровня эксплуатационной надежности, исходя из условия экономичности.

Если представить надежность как экономический критерий целесообразности применения пусковой аппаратуры, то требуемый уровень можно найти на основе минимума суммарных затрат,

$$C_z(P) = C_0(P) + \sum_{t=1}^{T_m} C_a(P) + \sum_{t=1}^{T_m} C_p(P) + \sum_{t=1}^{T_m} C_n(P) + \sum_{t=1}^{T_m} C_{II}(P) \rightarrow \min, \quad (7)$$

где

C_0 - стоимость изготовления пускателя надежностью, Р, руб.;

C_a - амортизационные отчисления, руб.;

C_p - стоимость ремонтных работ и материалов, руб.;

C_{II} - ущерб от недовыдачи полезного ископаемого из-за

простоев по причине отказа пускателя, руб.;

$C_{\text{д}}$ - стоимость содержания ИТР и обслуживающего персонала, руб;

$T_{\text{н}}$ - нормативное время эксплуатации, час.

Решение выражения (7) имеет вид

$$C_{\Sigma}(P) = A \left(\frac{1}{-E_{\text{н}}P} \right)^{\alpha} + B \left(\frac{1}{-E_{\text{н}}P} \right)^{\alpha-1} + C(-E_{\text{н}}P) + D. \quad (8)$$

Формула (8) применима как для определения оптимальной надежности существующей аппаратуры (при $\alpha = 1$), так и для аппаратуры с повышенной надежностью, когда завод-изготовитель увеличил расходы на повышение надежности ($\alpha > 1$).

Графическое решение этого уравнения, выражающего зависимость между суммарными затратами, коэффициентом α и безотказностью представлена на рисунке 3.

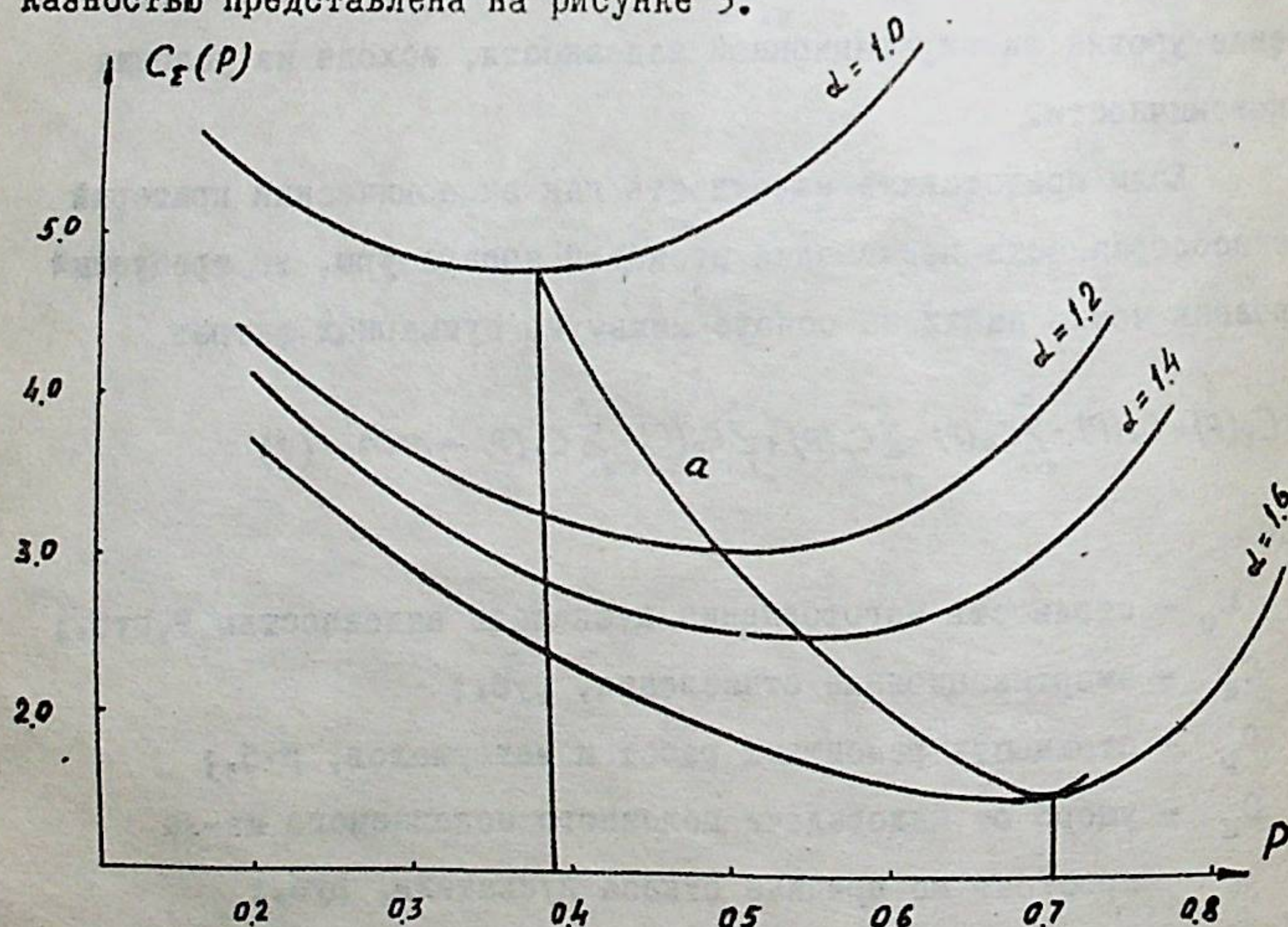


Рис. 3.

Кривая (а), соединяющая минимумы функции $C_{\Sigma}(P) = f(P)$ при различных значениях α , показывает границы оптимальной надежности, достижимые при современном уровне производства пускателей на заводе. Уравнение этой кривой, полученное на ЭЦВМ М-20 имеет вид

$$C_{\Sigma}(P) = 19.42 - 47.1P + 33P^2 \quad (9)$$

Для поддержания надежности на определенном уровне установлены оптимальные периоды эксплуатации между очередными профилактиками при произвольном законе распределения наработки T для отдельных функциональных узлов пускателя

$$h = \frac{gT}{1 - \frac{g}{2}}, \quad \text{час.}, \quad (10)$$

где g - вероятность отказа узла (системы) на 720 часов работы.

Максимальная безотказность и готовность системы в произвольный момент времени имеет место при h , определяемого из уравнения

$$e^{-\frac{h}{T}} \left(\frac{h}{T} + \frac{T_0}{T} + 1 \right) - 1 = 0 \quad (11)$$

Результаты расчета по каждому из функциональных узлов в таблице I.

Эксплуатационная надежность и восстанавливаемость находятся в определенной зависимости от наличия запасных элементов, число которых определяется уравнением

$$P = P_z(t) = \sum_{i=0}^{z_{\text{ср}}} \frac{(z_{\text{ср}})^i}{i!} \exp(-z_{\text{ср}}), \quad (12)$$

$$(i = 1, 2, 3, \dots, m)$$

где

P - гарантийная вероятность;

Z_{cp} - среднее число запасных элементов;

Z_p - гарантийное число запасных элементов.

На основании уравнения (II) построена номограмма для определения гарантированно достаточного количества запасных элементов.

Основные выводы и рекомендации.

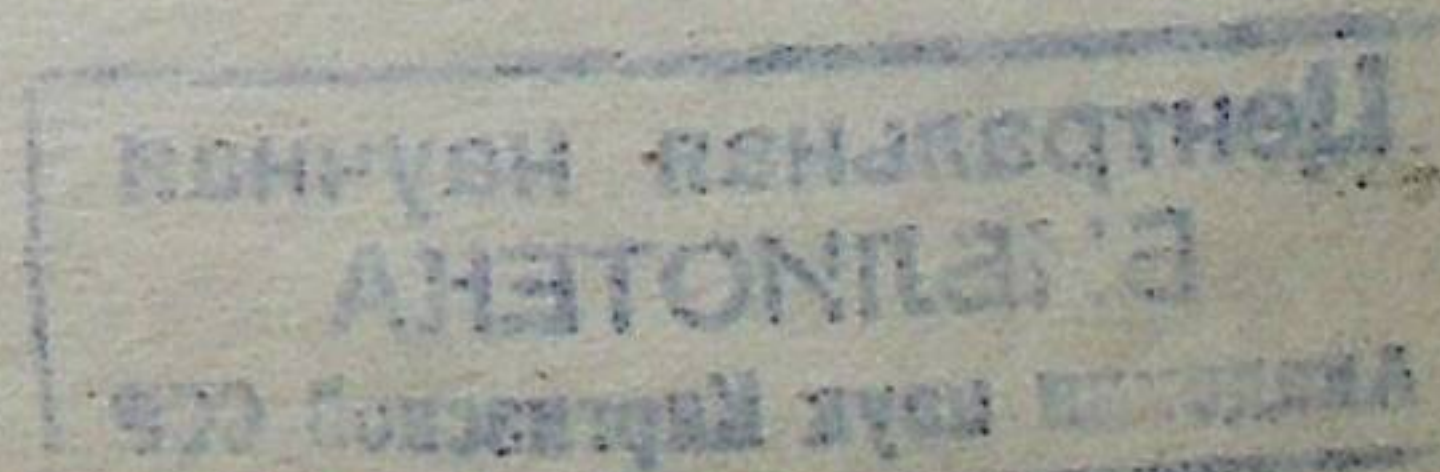
1. Произведен анализ существующих схем и конструкций отечественной и зарубежной пусковой аппаратуры.
2. Дана классификация основных факторов, влияющих на эксплуатационную надежность шахтной пусковой аппаратуры.
3. Определены закономерности распределения времени работы на отказ и времени восстановления пускателя и его основных функциональных узлов.
4. Определены значения различных параметров эксплуатационной надежности шахтных магнитных пускателей и его узлов.
5. Установлена зависимость интенсивности отказов от величины относительной влажности окружающего воздуха в месте установки пускателя.
6. Установлен срок непрерывной эксплуатации до очередной профилактики для максимально-токовой защиты, встраиваемой в шахтные магнитные пускатели, исходя из требований безопасности.
7. Определены оптимальный уровень эксплуатационной надежности, исходя из условий минимума суммарных затрат.

8. Определены оптимальные сроки профилактических мероприятий, исходя из условия обеспечения максимальной безотказности и готовности системы к работе.

9. Определено гарантийное количество запасных элементов пускателей для обеспечения нормальной их эксплуатации.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих статьях:

1. Савоськин В.С. Надежность шахтных магнитных пускателей серии ПМВ. Изв. вузов. Горный журнал, №7, 1967г.
2. Савоськин В.С. Восстанавливаемость шахтных магнитных пускателей серии ПМВ (И). Горные машины и автоматика, №9, 1966.
3. Савоськин В.С. Определение необходимого количества запасных элементов для обеспечения нормальной работы шахтных магнитных пускателей. Горные машины и автоматика, №7, 1967.
4. Савоськин В.С. Испытание контакторов КТУ на надежность в камере влаги. Взрывозащищенное и рудничное электрооборудование. Труды института Гипронисэлектрохим, вып.2, 1968.
5. Савоськин В.С., Разгильдеев Г.И., Латышев М.П. Некоторые результаты исследования надежности пускателей серии ПВИ. Автоматизация и электрофикация в горной промышленности. Сборник научных трудов КузПИ №10, 1968.
6. Савоськин В.С., Мищенко В.В. Некоторые вопросы динамики и надежности контакторов шахтных магнитных пускателей. Автоматизация и электрификация в горной промышленности. Сборник КузПИ №10, 1968.



7. Савоськин В.С. Эксплуатационная надежность шахтных магнитных пускателей и пути ее повышения. В сб.: Надежность схем электроснабжения, средств автоматики и электромеханического оборудования шахт, г. Кемерово, 1967.

Материалы диссертации доложены на научном семинаре по надежности и долговечности средств автоматизации в г. Луганске (май 1965г.) и на научной конференции по надежности схем электроснабжения, средств автоматики и электромеханического оборудования шахт в г. Кемерово (июнь 1967г.).

Редактор Гимельштейн Л.Я.

Подписано к печати 27.3.69г., 0,8 п.л.,
ОП 032-280, заказ 657, тираж 150.

Тип. КузПИ, г. Кемерово

Центральная научная
БИБЛИОТЕКА
Академии наук Киргизской ССР

335147

Г. П. 1233