

го и нижнего роликов; $M_2 - M_5$ – моменты статическо- | го сопротивления взаимодействующих масс.

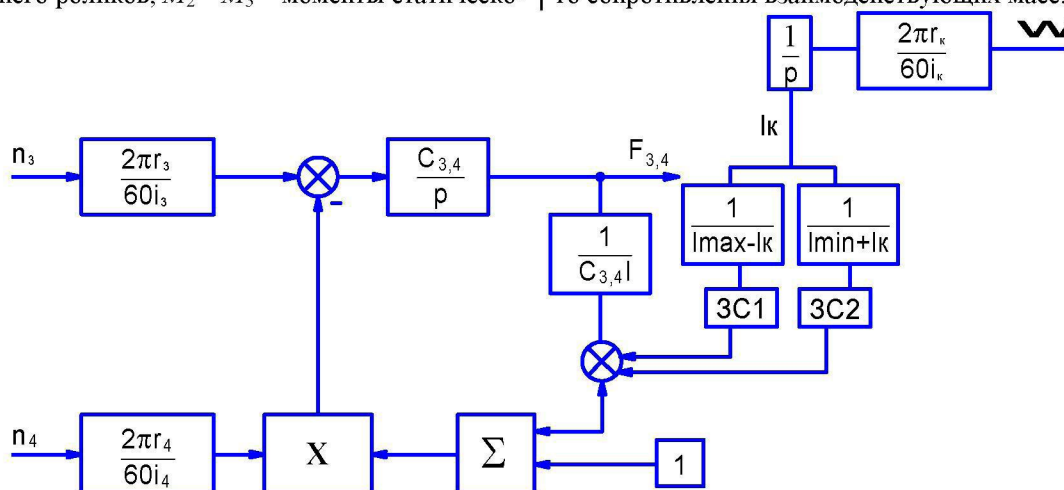


Рисунок 4 – Структурная схема математической модели усилия натяжения в петле в петлевом устройстве

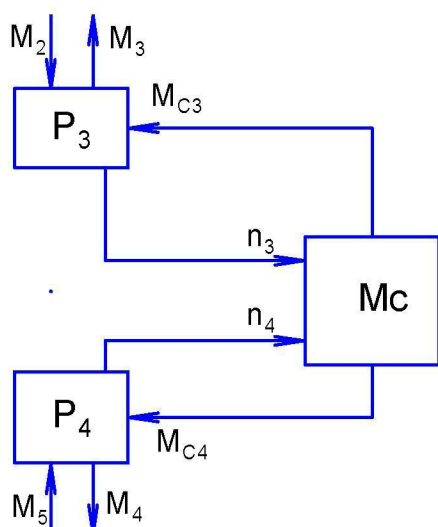


Рисунок 5 – Структурная схема математической модели эквивалентного электропривода петлевого устройства

Электроприводы ЛНГЦ связаны между собой через упругое усилие, возникающее в петле, по каналам задающих воздействий в соответствии с рисунком 6. Сигнал задания скорости $U_{зс}$ с задатчика скорости поступает на входы регуляторов скорости электроприводов тянущих станций №№ 1, 2 и печи ТХО.

Разработанные математические модели и структурные схемы предназначены для исследования динамических процессов, происходящих в петле во время остановки головной части линии, с целью стабилизации натяжения.

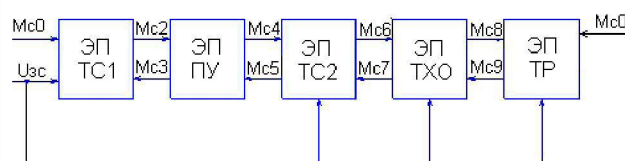


Рисунок 6 – Структурная схема математической модели взаимосвязанных электроприводов ЛНГЦ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юценко О.А. Экспериментальные исследования натяжения в электромеханической системе печи термохимической обработки // Тр. ун-та. Вып. № 4. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2008. С. 77-79.
2. Алексеев В.В., Козярук А.Е., Загривный Э.А. Электрические машины. Моделирование электрических машин приводов горного оборудования: учеб. пособие / Санкт-Петербургский гос. горный ин-т (технический университет). СПб, 2006. 58 с.
3. Сивякова Г.А. Взаимосвязанный электропривод агрегата непрерывного отжига: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 2.06.2007. Алматы: АИЭС, 2007. 24 с.

УДК 622.232.72.001.24-52

ПАРШИНА Г.И.

Автоматизированные системы расчета электроснабжения добычных участков как основа безопасности жизнедеятельности угольных шахт

Системы электроснабжения добычных участков, являющихся частью электротехнических комплексов [1, 2] угольных шахт, становятся объектом первоочередного внимания при расследовании причин катастроф и аварий, происходящих в результате как техногенных, так и человеческих факторов. Регламенти-

рующими инструкциями [3, 4] установлен строгий порядок выполнения и утверждения документов типа «Расчет схем электроснабжения очистного забоя (лавы) XXX.XXX». Расчет проводится инженером – представителем электротехнической службы добычного участка (например, механиком участка), прове-

ряется главным энергетиком шахты, утверждается главным инженером шахты, согласовывается с главным энергетиком головного объединения (управления). Алгоритмы расчета формализованы в справочной и методической литературе [5, 6] и проверены многолетним опытом эксплуатации на угольных шахтах России, Казахстана, Украины и других стран. Тем не менее, аварии, связанные с электротехническими комплексами добычных участков, случаются, и вполне резонно возникают вопросы:

1. Существуют ли в исходных алгоритмах расчета допуски, приводящие к возможности выбора неоднозначных решений?

2. Возможна ли установка оборудования и материалов для реализации схем электроснабжения участка из реально имеющихся запасов, но не удовлетворяющих проведенному расчету?

3. Достаточна ли квалификация и ответственность лица, проводящего расчет, и лиц, проверяющих расчет?

4. Какие существуют пути повышения качества документа «Расчет схем электроснабжения участка очистного забоя (лавы)»?

Не пытаясь дать ответы на все вопросы, предположим, что существует возможность создания автоматизированной системы расчета электроснабжения добычных участков (АСР ЭДУ) [7], в которой вероятность проведения некачественного расчета уменьшена до максимально возможного значения. Расчет должен проводиться согласно стандартным алгоритмам расчета (рисунки 1-3) на основании технических данных электроприемников, аппаратуры и коэффициентов, определяемых по [3, 4, 5] и упомянутых в таблице 1.

Общ.	Расчет электроснабжения лавы
1	Расчет и выбор трансформаторной подстанции
2	Расчет и выбор кабельной сети
3	Расчет и выбор электрической аппаратуры управления и установок защиты от короткого замыкания
4	Расчет и выбор осветительной сети

Рисунок 1 – Составляющие расчета электроснабжения лавы

Основной алгоритм расчета в общем случае имеет линейный характер [5] (рисунок 1), но входящие в него частные алгоритмы имеют циклическую и разветвленную структуры (рисунки 2, 3).

На рисунках 1-3 и в таблице 1 представлены алгоритмы расчета схем электроснабжения участка АСУ ЭДУ с учетом основного правила формализации: «Последовательность получения исходной информации». В таблице 1 определено множество исходной информации для расчета схем электроснабжения группы электроприемников добычного участка (лавы) с вероятностной оценкой достоверности каждого параметра и/или переменной по принципу оценки вероятности P_i однозначно известной величины равной $P_i = 1$. Для эмпирических коэффициентов, допусков и ограниче-

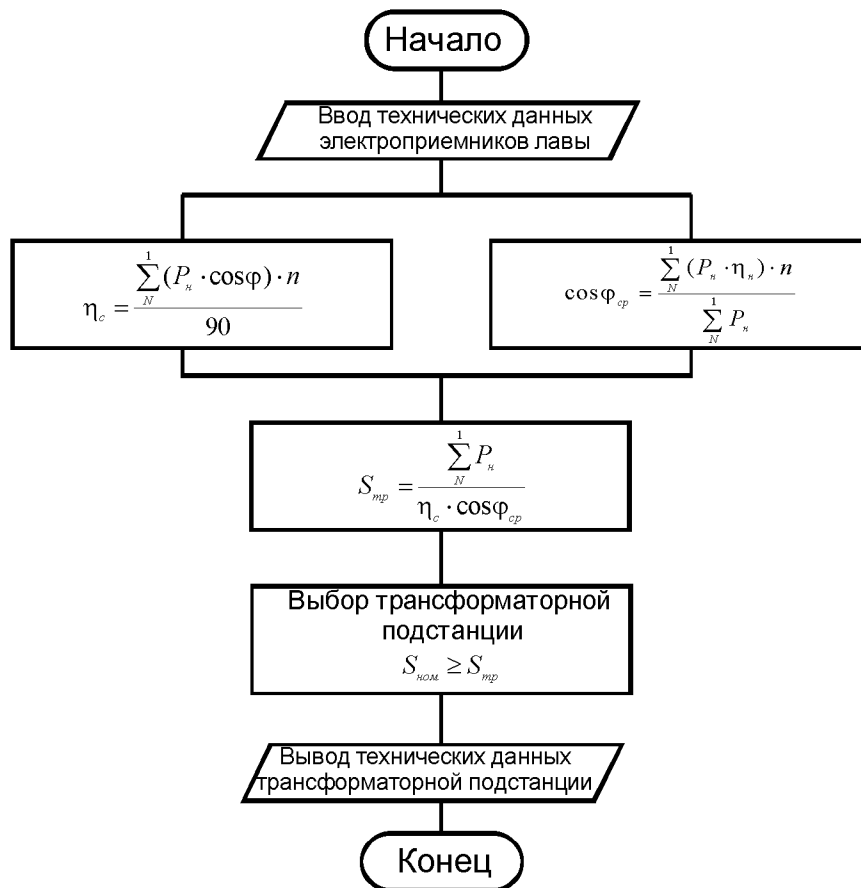


Рисунок 2 – Алгоритм расчета и выбора трансформаторной подстанции

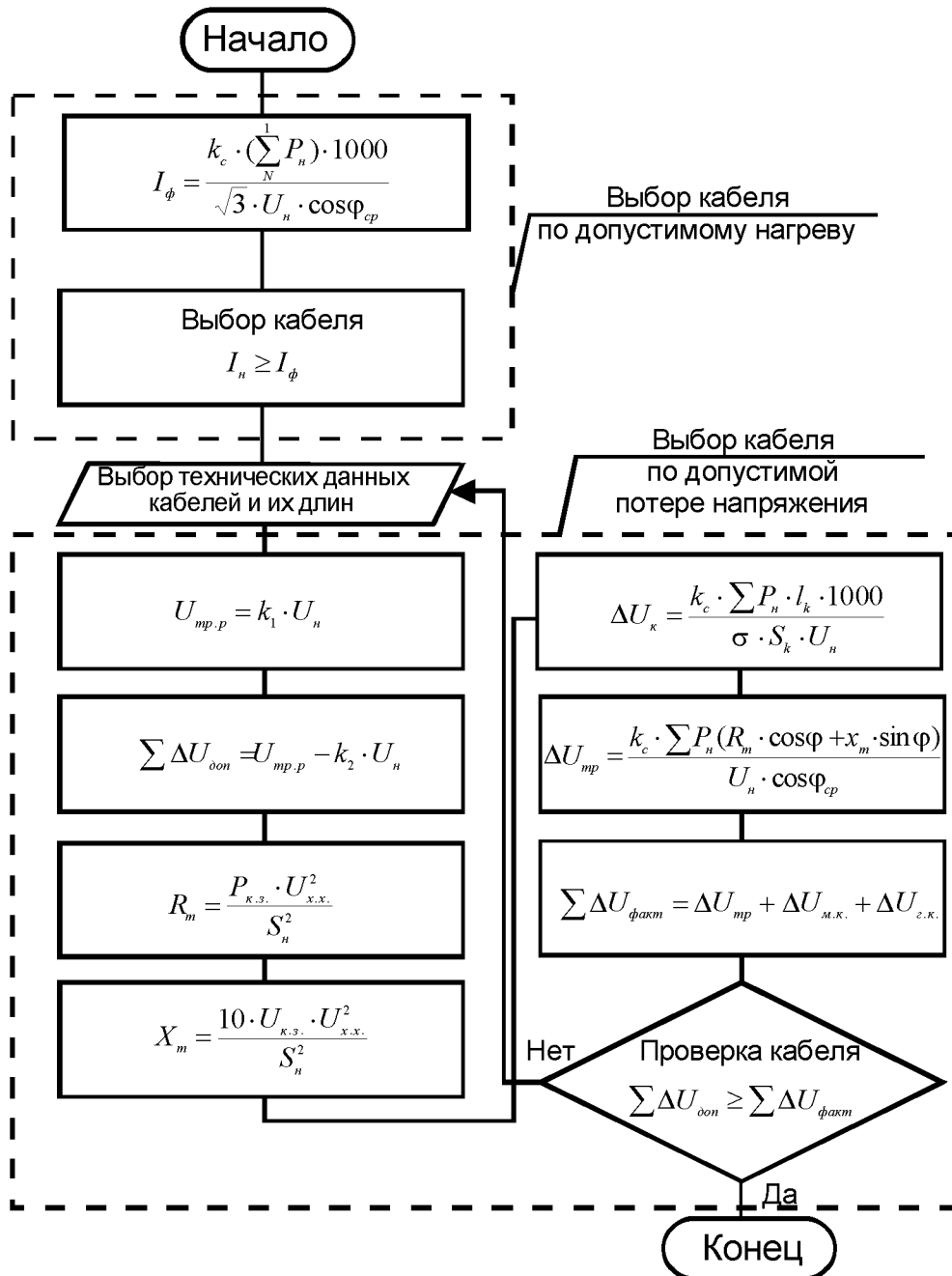


Рисунок 3 – Алгоритм расчета и выбора кабеля

ний установлены диапазоны возможных значений и их вероятностей на уровне максимально и минимально возможных значений: $X_i = \{X_{i \min}, X_{i \max}\}$ с вероятностью соответственно $P_i = \{P_{i \min}, P_{i \max}\}$. Примем гипотезу равного веса всех входящих в анализируемый алгоритм коэффициентов, переменных, ограничений и допусков. Тогда достоверность (вероятность) расчета по анализируемому алгоритму будет определяться как произведение вероятностей всех компонентов, входящих в алгоритм.

$$P_{\text{рас}} = \prod_i P_i. \quad (1)$$

При задании нескольких значений вероятностей отдельных компонентов алгоритма достоверность проведения расчета $P_{\text{рас}}$ будет определена диапазоном возможных значений.

В таблице 2 приводятся вероятности оценки алгоритмов расчета отдельных групп токоприемников добычного участка. Эти вероятности могут рассматриваться как риски реализации схем электроснабжения отдельных групп токоприемников лавы. Очевидно, возможны и другие оценки значений $X_i = \{X_{i \min} \dots X_{i \text{cp}} \dots X_{i \max}\}$ и соответственно $P_{X_i} = \{P_{X_i \min} \dots P_{X_i \text{cp}} \dots P_{X_i \max}\}$

С учетом всех групп токоприемников, а также лиц, осуществляющих расчеты, проверку и согласование расчетного документа по формуле 1, его риски будут определяться в диапазоне

$$P_{\text{рд}} = \{P_{\text{рд min}}, \dots, P_{\text{рд max}}\} = \{0 \div 1\}. \quad (2)$$

Примечание: Вероятность компетенции физических лиц (ФЛ) принимается в диапазоне значений, определенных эвристически:

Таблица 1 – Характеристики параметров алгоритмов

i=1, n	Наименование параметров используемых в алгоритме	Ед. изм.	Обозначение	Характеристика параметра
Технические данные				
Электроприемники				
1.	Количество эл. приемников	шт.	N	справочный
2.	Количество эл. двигателей	шт.	n	справочный
3.	Мощность двигателя	кВт	P _н	справочный
4.	Номинальный ток	A	I _к	справочный
5.	Пусковой ток	A	I _п	справочный
6.	КПД нагрузки	%	η _н	справочный
7.	Коэффициент нагрузки мощности	-	Cos φ	справочный
8.	Номинальное напряжение	B	U _н	справочный
Трансформаторная подстанция				
9.	Номинальная мощность трансформаторной подстанции	кВА	S _{ном}	справочный
10.	Напряжение ВН	B	U _{ВН}	справочный
11.	Напряжение НН	B	U _{НН}	справочный
12.	Номинальный ток ВН	A	I _{ВН}	справочный
13.	Номинальный ток НН	A	I _{НН}	справочный
14.	Напряжение короткого замыкания	%	U _{к.з.}	справочный
15.	Потери холостого хода	Вт	P _{х.х.}	справочный
16.	Потери короткого замыкания	Вт	P _{к.з.}	справочный
Кабели				
17.	Сечение кабеля	мм ²	S	справочный
18.	Количество жил	шт.	n _к	справочный
19.	Длительно допустимый (по нагреву) ток кабеля	A	I _{доп}	справочный
20.	Номинальный ток	A	I _н	справочный
21.	Длина	м.	l	справочный
Расчетные данные				
Для выбора трансформаторной подстанции				
22.	Средневзвешенный КПД нагрузки	%	η _с	расчетный
23.	Средневзвешенный коэффициент нагрузки мощности	-	Cos φ _{ср}	расчетный
24.	Расчетная мощность трансформаторной подстанции	кВА	S _{тр}	расчетный
Для выбора кабеля				
25.	Ток в магистральном кабеле	A	I _ф	расчетный
26.	Номинальное напряжение трансформатора	B	U _{тр.р}	расчетный
27.	Допустимая потеря напряжения	B	ΔU _{доп}	расчетный
28.	Активное сопротивление	Ом	R _м	расчетный
29.	Индуктивное сопротивление	Ом	X _м	расчетный
30.	Допустимая потеря напряжения кабеля	B	ΔU _к	расчетный
31.	Допустимая потеря напряжения трансформатора	B	ΔU _{тр}	расчетный
32.	Фактические потери напряжения	B	ΔU _ф	расчетный
Коэффициенты				
Для выбора кабеля				
33.	Коэффициент спроса	%	k _с	0,8÷1 (эвристический)
34.	Коэффициент для расчета номинального напряжения трансформаторной подстанции	-	k ₁	1-1,05 (эвристический)
35.			k ₂	0,95-1 (эвристический)
36.	Удельная проводимость меди	$\frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$	σ	50 (справочный)

Примечание. Расчетные и справочные параметры имеют вероятность возможных значений равную 1. Эмпирические и эвристические параметры имеют вероятность в диапазоне 0÷1.

$$\left. \begin{aligned} \text{Для механика участка} & P_{\text{фл}1} = \{0,92 \div 1\} \\ \text{Главного энергетика шахты} & P_{\text{фл}2} = \{0,95 \div 1\} \\ \text{Главного инженера шахты} & P_{\text{фл}3} = \{0,97 \div 1\} \\ \text{Главного энергетика объединения} & P_{\text{фл}4} = \{0,99 \div 1\} \end{aligned} \right\} (3)$$

Из таблицы 2 (2) следует, что существует достаточно большая вероятность принятия к технической

реализации неверных расчетов схем электроснабжения добычных участков. Тогда, еще раз очевидной становится задача уменьшения этой вероятности. Автоматизированные системы расчетов электроснабжения, с функциональными возможностями описания возможных технических рисков позволяют снизить вероятность общего риска P_{рд} до доли физических лиц (3) [8, 9].

Таблица 2 – Риски расчета схем электроснабжения

Алгоритм расчета	Детерминированные компоненты расчета	Эмпирические компоненты расчета	Эвристические компоненты расчета	Риски алгоритма		Риски алгоритма с учетом компетенции физических лиц	
				P_{min}	P_{max}	P_{min}	P_{max}
1 (рисунок 1)	$i=1...8, n=8$ $P_{i min}=P_{i max}=1$ $P_{min}=P_{max}=1$	$i=22...24, n=3$ $P_{i min}=0,97$ $P_{min}=0,97^3=0,91$ $P_{i max}=0,99$ $P_{max}=0,99^3=0,97$	-	0,91	0,97		
2 (рисунок 2)	$i=9...11, 14...16, 36, n=7$ $P_{i min}=P_{i max}=1$ $P_{min}=P_{max}=1$	$i=25...32, n=8$ $P_{i min}=0,97$ $P_{min}=0,97^8=0,78$ $P_{i max}=0,99$ $P_{max}=0,99^8=0,92$	$i=33...35, n=3$ $P_{i min}=0,93$ $P_{min}=0,93^3=0,80$ $P_{i max}=0,95$ $P_{max}=0,95^3=0,86$	0,62	0,79		
С учетом компетенции физических лиц	$P_{фл} = \prod_{i=1}^4 P_{фл i}$ $P_{фл max}=1, P_{фл min}=0,92 \cdot 0,95 \cdot 0,97 \cdot 0,99=0,84$			0,84	1	0,47	0,77

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брейдо И.В., Сагитов Л.И., Фешин Б.Н. Классификационные признаки систем управления электротехническими комплексами и системами // Тр. ун-та; КарГТУ. Караганда, 2002. №.2. С. 55-57.
2. Фешин Б.Н., Паршина Г.И. Дистанционные системы повышения качества подготовки персонала инженерных служб электротехнических комплексов горно-рудных предприятий // Тр. ун-та; КарГТУ. Караганда, 2008. №.4. С. 98-101.
3. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. Астана, 2000.
4. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М.: Недра, 1986.
5. Дзюбан В.С. Справочник электроэнергетика угольной шахты. М.: Недра, 1983.
6. Чумаков В.А. Руководство по ревизии, наладке и испытанию подземных электроустановок шахт. М.: Недра, 1989.
7. Фешин Б.Н., Паршина Г.И., Калинин А.А. Задачи разработки компьютерной системы контроля, диагностики и supervisory-зорного управления электроснабжением угольных технологических участков угольных шахт // Тр. международной научной конференции «Наука и образование ведущих – фактор стратегии «Казахстан-2030», посвященной 100-летию со дня рождения академика К.И. Сатпаева (29-30 июня 1999г.). Караганда, 1999. С. 75-78.
8. Фешин Б.Н., Паршина Г.И., Структура экспертных систем оценки качества знаний сотрудников электротехнических служб горно-рудных предприятий // Тр. ун-та; КарГТУ. Караганда, 2009. №.4. С. 88-90.
9. Фешин Б.Н., Паршина Г.И., Критерии оценки качества знаний персонала инженерных служб электротехнических комплексов горно-рудных предприятий // Тр. ун-та; КарГТУ. Караганда, 2010. №.2. С. 95-100.

УДК 62-83.621.679

**ДАЙЧ Л.И.,
СИЧКАРЕНКО А.В.,
ЛИСИЦЫН Д.В.**

Особенности построения системы управления 4-квадрантным электроприводом постоянного тока

В современных системах управления широкое распространение получили PID-контроллеры. При синтезе систем управления двигателем постоянного тока с тиристорным преобразователем и PID-регулятором не учитываются нелинейные свойства тиристорного преобразователя и двигателя. Также не учитываются процессы перехода между двигательными и генераторными режимами. При синтезе систем управления привод анализируется отдельно в двигательных и генераторных режимах. Наличие нелинейных элементов, изменение передаточной функции объекта управления в двигательных и генераторных режимах, изменение направления тока в цепях якоря или возбуждения при переходе между режимами существенно снижает адекватность модели с PID-регулятором при решении отдельных практических задач. Проведенные исследования системы регулирования двигателем постоянного тока с независимым возбуждением и тиристорным преобразователем в ППП MATLAB и Simulink показали, что настроечные параметры PID-регулятора, полученные в процессе синтеза системы,

не обеспечивают заданного быстродействия. Оптимизация параметров регулятора средствами Simulink, входящего в ППП MATLAB, показала, что заданное быстродействие системы может быть достигнуто в рассматриваемой системе.

Применение адаптивных систем управления, изменяющих свою структуру или параметры при изменении рабочих режимов, позволяет получить высокие показатели качества переходных процессов. Но синтез таких систем, особенно с учетом нелинейных характеристик отдельных звеньев и изменений их передаточных функций, представляет определенные трудности.

Все это, с учетом изменяющихся электромагнитной и электромеханической инерционностей, делает необходимым применение «интеллектуальных» систем управления. В последнее время получили большое распространение нечеткие системы управления, позволяющие при минимальных данных об объекте регулирования и изменяющихся параметрах системы получить приемлемый вид переходных процессов. Нечеткие системы управления занимают промежуточ-