МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УССР

Украинский проектно-конструкторский и научно-исследовательский институт по обогащению и брикетированию углей

"УкрНИИуглеобогащение"

УТВЕРЖДАЮ

Начальник Главуглеобогащения МУП УССР

П.Н.Иванов

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

по выбору и применению систем автоматического регулирования разгрузки тяжелых фракций из отсадочных машин

Лаборатория автоматического управления технологическими процессами обогащения

г.Ворошиловград
1970 год

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УССР

Украинский проектно-конструкторский и научно-исследовательский институт по обогащению и брикетированию углей

"УкрНИИуглеобогащение"

РЕКОМЕНДАЦИИ

по выбору и применению систем автоматического регулирования раззрузки тяжелых фракций из отсадочных машин

Лаборатория автоматического управления технологическими процессами обогащения

г.Ворошиловград
1970 год

В Рекомендациях дан обзор и анализ материалов исследований наиболее распространенных и перспективных регуляторов разгрузки тяжелых фракций из отсадочных машин. На основании проведенных исследований даны рекомендации по применению и проектированию регуляторов разгрузки.

Рекомендации составили: А.Т.КРАВЧЕНКО
Л.Р.ЛЕХЦИЕР

Ответственный за выпуск к.т.н. А.М.КОТКИН

ИСПЫТАНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ

Качество продуктов обогащения отсадочной машины определяется совершенством процессов разделения угля по плотности и удаления готовых продуктов из машины. Причем продукты обогащения удаляются таким образом, что высота постели практически остается постоянной. Это достигается с помощью системы автоматического регулирования высоты постели, называемой обычно регулятором разгрузки тяжелых фракций.

Существующий парк отсадочных машин на обогатительных фабриках Донецкого бассейна в значительной мере определил многообразие типов и конструкций автоматических регуляторов разгрузки, что затрудняет их эксплуатацию, ремонт и обеспечение запасными деталями и узлами.

Для сравнительной оценки регуляторов разгрузки различных конструкций институтом "УкрНИИуглеобогащение" были проведены специальные исследования /1/. Исследовались наиболее распространенные регуляторы разгрузки, выпускаемые промышленностью (регуляторы конструкции институтов "Гипромашуглеобогащение", "Гипромашобогащение", "Гипрококс" и "Южгипрошахт").

При сравнении работы регуляторов разгрузки различных конструкций в качестве критерия оценки их работы принималась дисперсия засоренности породы посторонними фракциями /2, 3/. Проведению испытаний на обогатительных фабриках предшествовала наладка режима работы отсадочных машин. Отбор проб для определения засоренности породы посторонними фракциями производился по специальной методике /4/ с интервалом в 15 минут на протяжении двух рабочих смен. Расслоение отобранных проб велось в двух растворах плотностью ρ_1 = 1,5 г/см^3 и ρ_2 = 1,8 г/см^3. В результате обработки экспериментальных данных были получены значения среднеквадратической ошибки σ и математического ожидания m величин засоренностей, приведенные в табл. 1.

Полученные результаты показали, что минимальную дисперсию засоренности породы, а следовательно, и ми-

нимальные потери полезных продуктов, вызванные колебаниями плотности и погрешности разделения, обеспечивают регуляторы конструкции институтов "Гипромашобогащение" и "Гипромашуглеобогащение". Минимальные значения математического ожидания m величины потерь полезного продукта для этих регуляторов также свидетельствуют в их пользу.

Таблица 1

Тип регулятора разгрузки	Засоренность породы посторонними фракциями					
	легкими		средними		суммарными	
	σ, %	m, %	σ, %	m, %	σ, %	m, %
Конструкции института "Южгипрошахт"	0,43	0,64	3,15	6,53	3,31	7,17
Конструкции института "Гипрококс"	0,37	0,76	1,14	2,81	1,33	3,57
Конструкции института "Гипромашобогащение"	0,05	0,15	0,60	1,62	0,62	1,77
Конструкции института "Гипромашуглеобогащение"	0,14	0,15	0,81	1,34	0,88	1,49

Очевидно, что выводы, касающиеся регуляторов, установленных в породном отделении, могут быть распространены и на регуляторы для промпродуктового отделения.

При сравнительной оценке динамических свойств регуляторов разгрузки тяжелых фракций наиболее целесообразным представлялось использование комплексных критериев качества /5/, учитывающих точность, запас устойчивости и быстродействие системы.

Для исследуемых типов регуляторов с целью определения интегрального критерия были записаны переходные процессы (в замкнутых системах). Переходные процессы вызывались скачкообразным возмущением, наносимым изменением величины уравновешивающего груза поплавкового измерительного устройства. Данные, полученные при обработке диаграмм переходных процессов, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Тип регулятора	Длительность переходного процесса, сек.	Величина интегрального критерия, мм сек.	Вероятность безотказной работы, $P(t)$
Конструкции института "Южгипрошахт"	62	760,5	0,55
Конструкции института "Гипрококс"	30	466,9	0,47
Конструкции института "Гипромашобогащение"	23	236,1	0,52
Конструкции института "Гипромашуглеобогащение"	23	234,0	0,89

Результаты расчетов показывают, что минимальное значение критерия, а следовательно, и наилучшие динамические характеристики обеспечивают регуляторы конструкции институтов "Гипромашуглеобогащение" и "Гипромашобогащение". Худшими динамическими свойствами обладает регулятор конструкции "Южгипрошахта", для которого величина критерия и длительность переходного процесса максимальны.

Для большинства систем регулирования высоты постели отсадочных машин в качестве измерительных элементов применяются датчики поплавкового типа. Более широкое распространение датчиков по сравнению с радиоактивными и высокочастотными устройствами можно, по-видимому, объяснить простотой их конструкции, высокой надежностью и низкой стоимостью поплавка.

В связи с отсутствием четких рекомендаций по выбору оптимальных геометрических форм поплавковых измерительных устройств в эксплуатации находятся и постоянно внедряются поплавковые датчики самых различных конструкций. С целью сравнительной оценки конструкций датчиков, нашедших наибольшее применение в промышленности, также были проведены специальные исследования /1/.

В результате проведенных исследований были определены зависимости качества работы поплавковых датчиков равного объема (10 $дм^3$) от высоты поплавка. Качество работы поплавков оценивалось временем перехода поплавка из одного установившегося состояния в другое и критерием, характеризующим устойчивость и точность измерения датчиков. В качестве указанного критерия было принято значение силы, перемещающей поплавковый датчик на единицу высоты постели.

Исследования показали, что с уменьшением высоты поплавка увеличивается его устойчивость и повышается точность измерения высоты постели. С другой стороны, уменьшение высоты поплавковых датчиков приводит к значительному возрастанию длительности переходных процессов. Таким образом, при равных объемах поплавковых датчиков увеличение точности измерения неизбежно сопровождается ухудшением динамических характеристик датчика.

Противоречивость этих требований свидетельствует о том, что оптимальные показатели качества работы поплавкового датчика могут быть получены в определенном диапазоне значений высоты поплавка. Практически оптимальная высота при принятом объеме поплавка 10 $дм^3$

находится в пределах 100 ÷ 200 мм. При этом конструкцию датчика целесообразно выполнять сборной (состоящей из ряда соединенных между собой поплавков).

Высокое качество регулирования разгрузки тяжелых фракций из отсадочных машин в значительной мере определяется характером статической зависимости производительности разгрузочного устройства от оборотов ротора или ширины разгрузочной щели. Проведенные исследования показали, что зависимость производительности роторного разгрузочного устройства от оборотов ротора имеет линейный характер.

Для разгрузочных устройств шиберного типа зависимость производительности от ширины разгрузочной щели в общем случае может быть нелинейной, что отрицательно сказывается на работе регулятора. В связи с этим при проектировании разгрузочных устройств отсадочных машин предпочтение следует отдавать разгрузчикам роторного типа.

При оценке надежности регулятора в качестве критерия была принята величина вероятности безотказной работы $P(t)$ в течение определенного промежутка времени t /6/;

$$P(t) = e^{-\frac{t}{T_0}},$$

где T_0 - средняя наработка на отказ: $T_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{n}$,

t_i - наработка между i-ми отказами,

n - суммарное количество отказов испытуемого образца.

Время t было принято равным 720 час (один месяц непрерывной работы).

Полученная от обогатительных фабрик трестов "Луганскуглеобогащение" и "Донецкуглеобогащение" информация о работоспособности позволила определить значение наработки на отказ T_0 и вероятности безотказной работы $P(t)$ по данным за период с января 1967г. по август 1968г. Величины $P(t)$, приведенные в табл.2, позволяют сделать вывод о том,

что по надежности предпочтение следует отдавать регуляторам конструкции института "Гипромашобогащение".

Таким образом, результаты исследований показали, что наилучшими из находящихся в эксплуатации являются регуляторы конструкции институтов "Гипромашуглеобогащение" и "Гипромашобогащение", характеристика и принцип действия которых описаны ниже.

ОПИСАНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ

Регулятор разгрузки типа АР-3 конструкции института "Гипромашобогащение"

Регуляторы разгрузки тяжелых фракций этого типа (рис. 1) устанавливаются на отсадочных машинах ОМК и ОМШ конструкции института "Гипромашобогащение".

Для измерения высоты постели в регуляторе применен датчик 1 поплавкового типа, соединенный штоком с золотниковым устройством 2 (рис. 2). В случае рассогласования сжатый воздух, поступающий во внутреннюю полость золотникового устройства, через один из патрубков попадает в пневмоцилиндр 7 и перемещает его поршень. С помощью рычага 5 и штока 6 поршень перемещает секторный затвор 8. Одновременно тяга 4 вращает промежуточный цилиндр 12 золотникового устройства до тех пор, пока не прекратится доступ в пневмоцилиндр сжатого воздуха. При этом положение поплавкового датчика, а следовательно, и высота постели соответствуют заданному значению.

Таким образом, в регулирующем устройстве осуществляется обратная связь по положению регулирующего органа, позволяющая реализовать статический закон регулирования, при котором положению секторного затвора соответствует положение поплавкового датчика.

Коэффициент пропорциональности регулируется изменением точки крепления тяги на рычаге золотникового устройства. Заданное значение высоты слоя постели при постоянном весе поплавкового датчика устанавливается из-

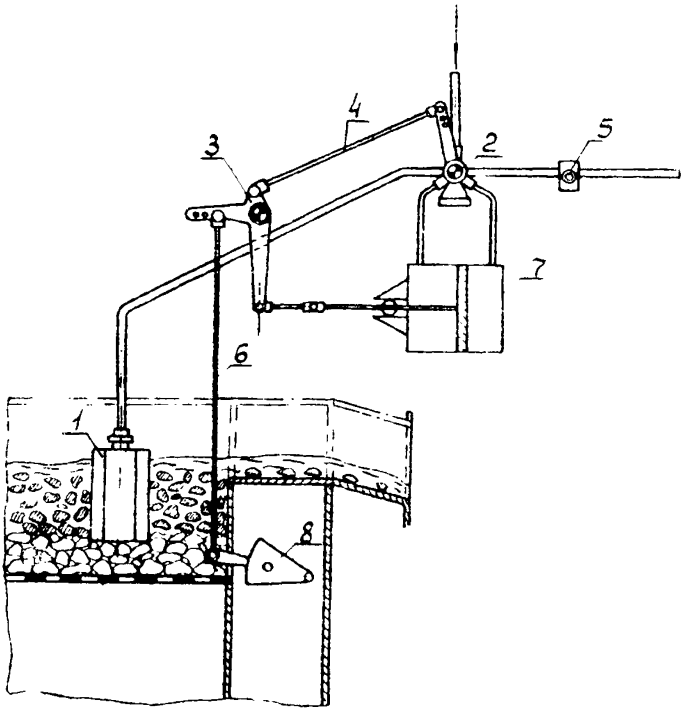


Рис. 1. Регулятор разгрузки типа АР-3 конструкции института "Гипромашобогащение"

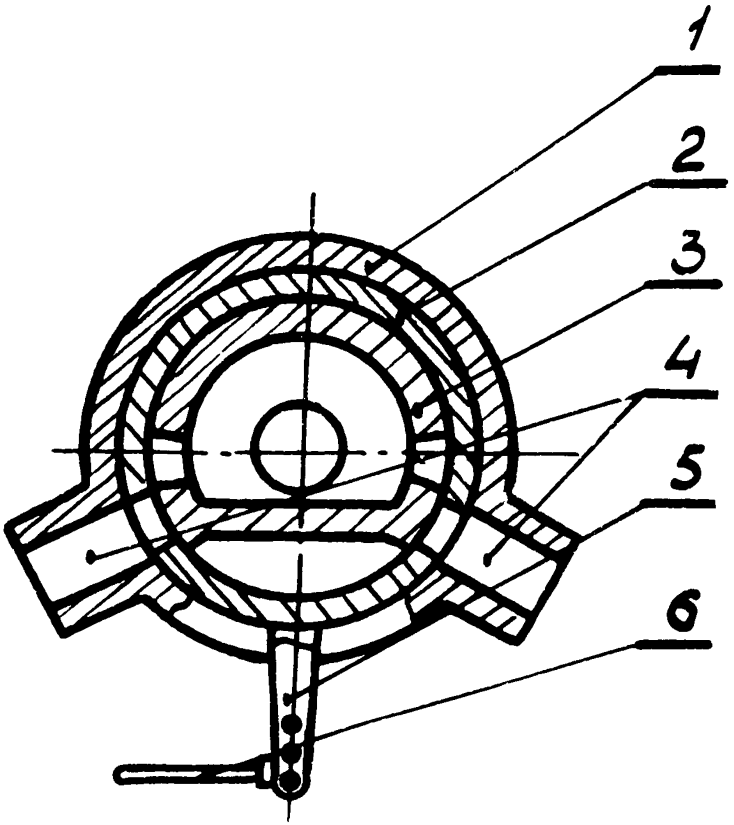


Рис. 2. Золотниковое устройство

1 – наружный цилиндр, 2 – промежуточный цилиндр, 3 – внутренний цилиндр, 4 – патрубки, 5 – рычаг, 6 – тяга, соединяющая внутренний цилиндр с поплавком

менением положения штока датчика по отношению к внутреннему цилиндру золотникового устройства. Изменение размаха колебаний при неизменной высоте уплотненной постели вызывает дополнительное перемещение цилиндров золотникового устройства и изменение положения секторного затвора. Зависимость режима работы регулятора от величины размаха колебаний контролируемого слоя постели ухудшает качество работы системы.

Техническая характеристика

Рабочий диапазон давления сжатого воздуха	1000 ÷ 3000 кг/м^2
Регулирующее устройство и закон регулирования.	Пневмомеханическое, пропорциональный
Ориентировочная ошибка регулирования	До 5 ÷ 10 мм
Тип разгрузочного устройства.	Секторный
Завод-изготовитель.	Им. Пархоменко, г.Ворошиловград

Регулятор разгрузки конструкции института "Гипромашуглеобогащение"

Регуляторы этого типа (рис. 3) устанавливаются на отсадочных машинах ОМ. В качестве измерительного устройства в регуляторе применен датчик 1 поплавкового типа. Перемещение поплавкового датчика с помощью рычажной системы передается на специальную вилку 9. При вращении вилка в определенном положении захватывает и перемещает нижний движок измерительного реохорда 2. Верхний движок реохорда служит для установки заданного значения высоты постели. При отклонении высоты постели от заданного значения с движков измерительного реохорда снимается напряжение разбаланса, которое подается

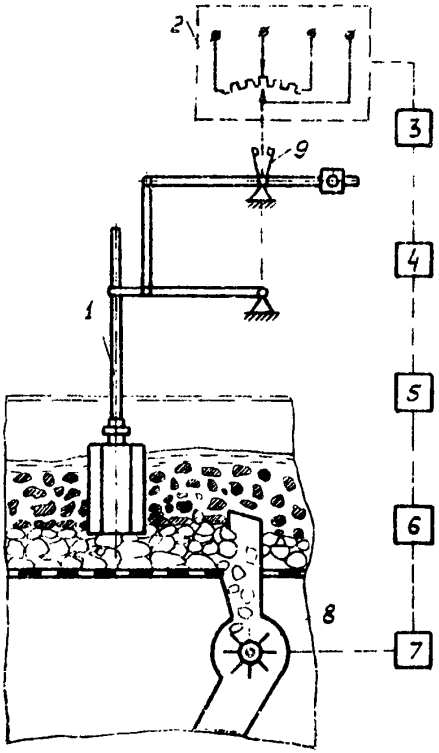


Рис. 3. Регулятор разгрузки конструкции института "Гипромашуглеобогащение"

в электронное регулирующее устройство 8, управляющее исполнительным механизмом 4 в соответствии с заданным законом регулирования. Вал исполнительного механизма кинематически связан с датчиком скорости 5 регулируемого электропривода постоянного тока с магнитным усилителем типа ПМУ. Напряжение с задатчика скорости поступает в силовой блок 6 привода.

Нагрузкой силового блока является двигатель постоянного тока 7, вращающий разгрузочное устройство роторного типа. Конструкция регулирующего устройства 3 допускает оперативную перенастройку режима разгрузки при постоянном весе поплавкового датчика.

На рис. 4 приведена принципиальная электрическая схема регулятора. Выбор режима работы (автоматический или дистанционный) осуществляется переключателем 1ПР. При этом в "автоматическом" режиме исполнительный механизм ИМ, вращающий задатчик скорости ЗС, подключается к регулирующему устройству РУ. В дистанционном режиме работы включение исполнительного механизма происходит с помощью переключателя 2ПР. Напряжение питания в силовой блок ПМУ подается пускателем Л. В цепь катушки пускателя включен контакт конечного выключателя ВК, установленного на исполнительном механизме ИМ. Благодаря этому при положении исполнительного механизма, соответствующем минимальным оборотам разгрузочного устройства, контакт ВК обесточивает катушку пускателя. Отключаясь, пускатель снимает питание с силового блока ПМУ и останавливает двигатель Д разгрузочного устройства, предотвращая разгрузку постели при кратковременных остановках отсадочной машины или при резком уменьшении нагрузки на нее.

Измерение высоты постели с помощью вилки и потенциометра ДУ ослабляет, но не устраняет полностью помех, вносимых колебаниями постели. Это объясняется тем, что при постоянном растворе вилки 9 (рис. 3) изменение водовоздушного режима, а следовательно, и изменение величины размаха колебаний увеличивает ошибку измерения высоты контролируемого слоя.

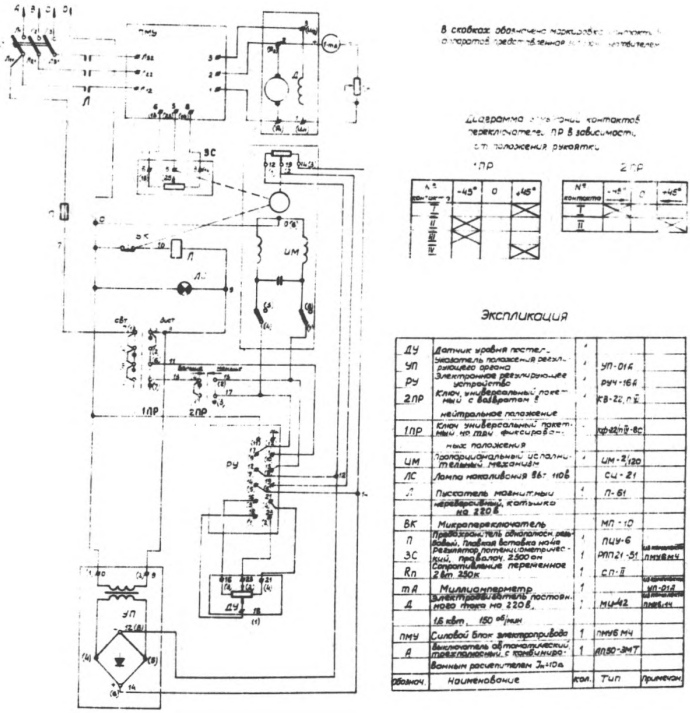


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема регулятора разгрузки тяжелых фракций конструкции института "Гипромашуглеобогащение"

Техническая характеристика

Измерительное устройство . . .	Поплавковое с электромеханическим преобразователем
Регулирующее устройство и закон регулирования . . .	РУ4-16А, пропорциональный
Исполнительный механизм . . .	ИМ-2/120
Привод роторного разгрузчика и диапазон регулирования . . .	ПМУ6-М4, 1 : 10
Ориентировочная ошибка регулирования	До 5 - 10 мм
Завод-изготовитель	Им.Пархоменко, г.Ворошиловград

Как показали проведенные исследования, одним из основных недостатков описанных выше регуляторов является отсутствие отстройки от влияния пульсаций постели. В связи с этим институтом "УкрНИИуглеобогащение" был разработан регулятор, в котором измерение высоты постели производится в момент её уплотнения. Разработанный регулятор является бесконтактным, что значительно повышает его надежность.

Регулятор разгрузки конструкции института "УкрНИИуглеобогащение"

В качестве измерительного устройства высоты постели в регуляторе используется датчик 1 поплавкового типа (рис. 5). Перемещение датчика рычажным устройством 2 передается на сельсинный преобразователь 3 бесконтактного типа. С выхода сельсинного преобразователя сигнал, пропорциональный значению высоты постели, поступает в электронное устройство 4, преобразующее этот

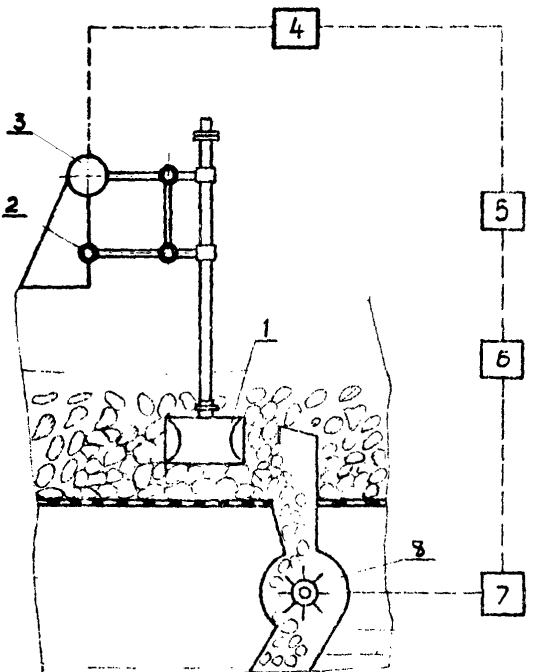


Рис. 5. Регулятор разгрузки конструкции института "УкрНИИуглеобогащение"

сигнал в напряжение, пропорциональное высоте уплотненного слоя постели. Преобразованный сигнал сравнивается с напряжением задания и полученный сигнал разбаланса подается на вход регулирующего устройства 5. С выхода усилителя сигнал поступает в обмотки управления магнитных усилителей силового блока 6 регулируемого привода типа ПМУ. Силовой блок управляет двигателем постоянного тока 7, который кинематически связан с роторным разгрузчиком 8. Принципиальная электрическая схема регулятора приведена на рис. 6.

Обмотка возбуждения сельсинного преобразователя питается напряжением переменного тока. Выходной сигнал с сельсинного преобразователя поступает в измерительный блок БИ (входящий в устройство 4, рис. 5) и выпрямляется диодным мостом $Д_5 \div Д_8$. Нагрузкой моста является конденсатор C_3 и резистор R_3. Для измерения высоты уплотненной постели в схеме предусмотрен конденсатор C_2, который заряжается через высокоомные резисторы постоянным током от выпрямителя, собранного на диодах $Д_1 \div Д_4$.

При уплотнении постели потенциалы на конденсаторах C_2 и C_3 выравниваются. При восходящем ходе постели диод $Д_{17}$ оказывается закрытым и напряжение на конденсаторе C_2 начинает возрастать. Параметры цепи R_1, R_2 и C_2 подобраны таким образом, что за время одной пульсации постели напряжение на конденсаторе C_2 практически не изменяется. Таким образом, средняя величина напряжения на конденсаторе C_2 пропорциональна высоте уплотненного слоя постели.

Наличие в цепи измерения интегрирующего звена (R_1, R_2, C_2) в значительной мере повышает помехоустойчивость системы. Напряжение на конденсаторе C_2, пропорциональное высоте уплотненного слоя постели, сравнивается с напряжением, пропорциональным заданному значению высоты постели, снимаемому с делителя напряжения R_4 и R_5. Сигнал разбаланса подается в усилительный блок БУ (клеммы 5, 6), представляющий собой стандартный электронный усилитель, работающий в режиме усиления с жесткой обратной связью.

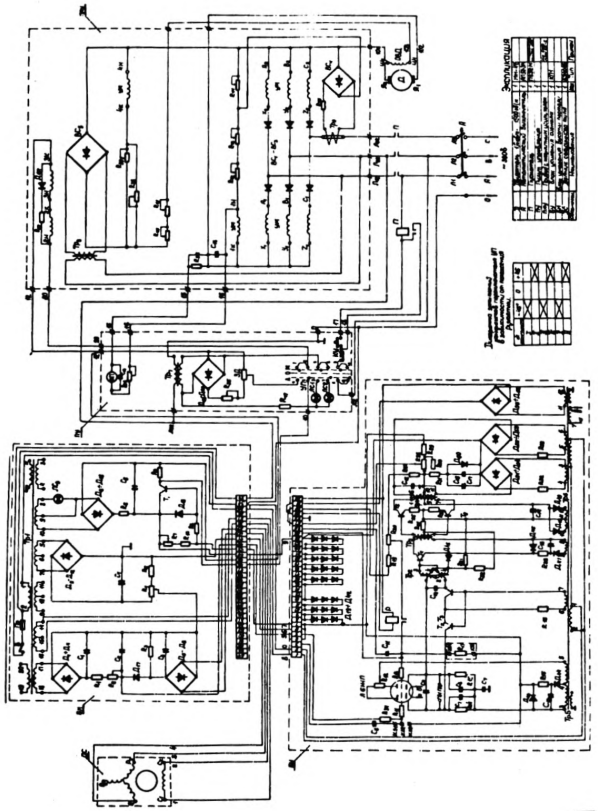


Рис. 6. Принципиальная электрическая схема регулятора разгрузки тяжелых фракций конструкции института "УкрНИИуглеобогащение"

Выходной сигнал с блока БУ (0 ± 5 ма, клеммы 7, 24) поступает в блок БИ (клеммы 43, 44), где усиливается до величины $0 \div 0{,}25$ а. Усиленный сигнал подается в обмотки управления 2, 3 магнитного усилителя МУ в силовом блоке привода ПМУ. Силовой блок управляет двигателем Д, обороты которого регулируются в зависимости от величины входного сигнала.

Техническая характеристика

Измерительное устройство	Поплавковое с бесконтактным сельсинным преобразователем типа БД-404
Регулирующее устройство и закон регулирования	КП-1, пропорциональный
Привод роторного разгрузчика и диапазон регулирования скорости	На базе ПМУ-5-М5, 1:15
Ориентировочная ошибка регулирования	До 5 мм

Описанная система была установлена, испытана и передана в промышленную эксплуатацию на обогатительной фабрике им.Костенко треста "Карагандауглеобогащение" (в 1968 г.) и на Советской ЦОФ треста "Донецкуглеобогащение" (в 1969 г.). Вероятность безотказной работы регулятора P (t = 720 час) за истекший период эксплуатации на ОФ им.Костенко составила 0,91.

Установка этих регуляторов позволила получить значительный экономический эффект.

ВЫВОДЫ

Таким образом, результаты проведенных исследований позволили дать следующие рекомендации:

1. Наличие большого количества различных конструкций регуляторов разгрузки тяжелых фракций из отсадочных машин затрудняет их ремонт и эксплуатацию. Многие регуляторы не удовлетворяют современным требованиям.

2. Из серийно выпускаемых регуляторов разгрузки целесообразно применение регуляторов конструкции институтов "Гипромашуглеобогащение" и "Гипромашобогащение", позволяющих получить удовлетворительное качество продуктов обогащения и обеспечивающих относительно высокую надежность.
Перспективным является регулятор конструкции института "УкрНИИуглеобогащение", отличающийся бесконтактным исполнением и измеряющий высоту постели в уплотненном состоянии. Целесообразно рекомендовать указанные регуляторы к серийному производству.

3. Оптимальные показатели качества работы поплавковых измерительных устройств регуляторов при наиболее распространенном объеме поплавка 10 $дм^3$ могут быть получены при высоте поплавка в пределах 100 ÷ 200 мм. При этом конструкцию поплавкового датчика целесообразно выполнять сборной.

4. При проектировании разгрузочных устройств отсадочных машин предпочтение следует отдавать разгрузчикам роторного типа.

5. Регуляторы, устанавливаемые на серийно выпускаемых отсадочных машинах, контролируют среднее значение высоты постели без отстройки от помех, вносимых пульсациями. В связи с этим целесообразно при совершенствовании конструкции регуляторов предусмотреть установку измерительного устройства, обеспечивающего контроль высоты постели в уплотненном состоянии.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Исследование, разработка и внедрение систем и средств автоматизации технологических процессов обогащения. Отчет. Фонды УкрНИИуглеобогащения, 1968.

2. Создание малооперационных однопоточных схем для обогатительных фабрик. Отчет. Фонды УкрНИИуглеобогащения, 1966.

3. Создание малооперационных однопоточных автоматизированных схем для обогатительных фабрик. Отчет. Фонды УкрНИИуглеобогащения, 1967.

4. Методика технологических испытаний отсадочных машин. Фонды УкрНИИуглеобогащения, 1964.

5. Бессекерский Б.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. Изд-во "Недра", М., 1966.

6. Руководство по учету требований надежности при создании новой аппаратуры и средств автоматизации на этапах разработки, изготовления и опытно-промышленной эксплуатации для угольной и горнорудной промышленности № ТЗ 629-ХШ-4. "Гипроуглеавтоматизация", М, 1956.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

стр.

Испытания регуляторов 3

Описание регуляторов 8

Регулятор разгрузки типа АР-3 конструкции института "Гипромашобогащение" 8

Регулятор разгрузки конструкции института "Гипромашуглеобогащение" 11

Регулятор разгрузки конструкции института "УкрНИИуглеобогащение". 15

В ы в о д ы 19

Л и т е р а т у р а 21

R - 3 № 603840 Заказ 223/100, тираж 200 экз.
60x90 1/16 п.л. Отпечатано на ротапринте "Укр-
огащение" 19.1.1970 г.

gost.e-ecolog.ru