

М.А.НУРЛЫБАЕВ.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА КАРЬЕРАХ

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальности «Технология и комплексная механизация открытой разработки месторождений полезных ископаемых»



МОСКВА „НЕДРА” 1985

Нурлыбаев М. А. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на карьерах. Учеб. пособие для вузов. М.: Недра, 1985. 197 с.

Рассмотрены состояние и основные направления автоматизации горного оборудования и технологических процессов открытых горных работ.

Освещены методы и средства получения информации о ходе технологических процессов. Описаны схемы автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) на карьерах.

Значительное внимание уделено автоматизированным системам управления комплексами горного оборудования и транспорта с использованием средств вычислительной техники.

Для студентов горных вузов, обучающихся по специальности «Технология и комплексная механизация открытой разработки месторождений полезных ископаемых».

Табл. 2, ил. 75, список лит.— 23 назв.

Рецензенты: кафедра АСУ (Московский горный институт);
В. Е. Бельфор, канд. техн. наук (Гипроуглеавтоматизация).

Автоматизированные системы управления технологическими процессами приобретают решающую роль в развитии промышленного производства. XXVI съезд КПСС в Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года поставил задачу: «Обеспечить освоение в короткие сроки серийного производства новых конструкций машин, оборудования, средств автоматизации и приборов, позволяющих использовать в широких масштабах высокопроизводительные, энерго- и материалосберегающие технологии... в различных отраслях народного хозяйства...».

Эти положения в полной мере относятся и к горнодобывающим отраслям промышленности, на базе которых предусматривается дальнейший рост объемов производства черной и цветной металлургии, угольной промышленности, промышленности строительных материалов.

Объектами автоматизации на современных карьерах с горнотранспортным оборудованием непрерывного действия являются роторные экскаваторы, отвалообразователи, перегружатели, а также передвижные конвейерные установки. Это оборудование рассчитано главным образом на ручное управление. Автоматический контроль таких важных технологических параметров, как производительность, углы поворота роторной стрелы и консоли, высота подъема ротора, отсутствует. Несколько выше уровень автоматизации конвейерных установок, повсеместно распространены системы дистанционного запуска и остановки конвейерной линии, снабженные элементарными блокировками.

Вместе с тем поточная технология горных работ с применением горнотранспортных комплексов непрерывного действия принципиально допускает наиболее полную автоматизацию на основе взаимосвязанного управления перемещением машин и их рабочих органов в сочетании с локальными системами автоматического управления. Все системы контроля и управления машинами комплекса непрерывного действия могут быть объединены в общую автоматизированную систему централизованного контроля и управления.

Развитию автоматизации и автоматизированной системы управления технологическими процессами на предприятиях горнодобывающих отраслей промышленности способствовали труды творческих коллективов ряда научно-исследовательских, проектно-конструкторских и учебных институтов страны, таких как Гипроуглеавтоматизация (ГУА), Цветметавтоматика, Гипроникель, Научно-исследовательский институт открытых горных ра-

бот (НИИОГР), Гипромашобогашение, Гипроуглемаш, Автоматуглерудпром, НИИАЧермет, Институт кибернетики АН СССР, Киевский институт автоматики, ЦНИИКА, ВНИИЭлектропривод, УкрНИИпроект, ИГД МЧМ СССР, Московский (МГИ), Ленинградский (ЛГИ), Свердловский (СГИ), Днепропетровский (ДГИ) горные, Челябинский политехнический, Сибирский металлургический (СМИ) институты и многих других, а также заводов Уралмаш, Ново-Краматорский, Харьковский электромеханический и др.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

1.1. ОСОБЕННОСТИ И ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА КАРЬЕРАХ

К основным технологическим особенностям карьеров как объектов автоматизации следует отнести: территориальную рассредоточенность технологических звеньев; непрерывное территориальное развитие производства, приводящее к подвижности производственных объектов; жесткую взаимосвязь всех технологических процессов, начиная от выемки горной массы до ее транспортирования; существенное влияние случайных факторов на производственные процессы, связанные с характером горно-геологических условий; необходимость обеспечения безопасной и бесперебойной работы производственных процессов.

Автоматизация технологических процессов на карьерах производится с целью осуществления управления отдельными рабочими операциями, контроля работы и защиты наиболее ответственных узлов и учета работы машин в системе оперативно-диспетчерского управления.

Основные автоматизируемые процессы циклической технологии на открытых разработках — бурение, выемка горной массы, погрузка и транспортирование ее железнодорожным или автомобильным транспортом.

Автоматизация процессов бурения заключается в автоматическом управлении скоростью вращения и подачей бурового инструмента на забой и вспомогательными процессами (перехват и наращивание штанг, наклон мачт и др.), осуществлении автоматического контроля и учета работы бурового станка (с передачей информации на диспетчерский пункт), дистанционного управления перемещением бурового станка и защиты его от перегрузок и аварий.

Для выемки горной массы и погрузки ее в транспортные сосуды применяются одноковшовые и роторные экскаваторы. Главные задачи автоматизации одноковшовых экскаваторов и драглайнов: автоматическое управление процессом копания (обеспечивающее оптимальную загрузку подъемного механизма и заданное перемещение ковша), поворотом экскаватора (обеспечивающее минимальное время поворота и остановки ковша в заданной точке), траекторным подъемом ковша драглайна (исключающее самозагрузку, растяжку и переподъем ковша), основными электроприводами (обеспечивающее ограничение динамических нагрузок в механизмах); автоматический контроль состояния отдельных узлов машины и сигнализация об их перегрузках; автоматический учет производительности экс-

каваторов, продолжительности и количества циклов, расхода электроэнергии и др.

Для роторных экскаваторов основные задачи автоматизации: автоматическое регулирование производительности и нагрузки; программное управление установочными и технологическими перемещениями рабочего органа при отработке забоя и селективной выемке полезного ископаемого; автоматическое дозирование загрузки железнодорожных вагонов.

К основным направлениям автоматизации управления карьерным железнодорожным транспортом относятся: дистанционное управление локомотивами в пунктах погрузки и выгрузки горной массы; автоматическое управление движением поездов; диспетчерский контроль и учет движения поездов; дистанционное управление стрелочными переводами с локомотива по радиоканалу; автоматическое взвешивание железнодорожных вагонов на ходу с передачей информации в ЭВМ для учета работы железнодорожного транспорта; оптимальное распределение локомотивосоставов по пунктам погрузки и разгрузки.

Задачи автоматизации автотранспорта на карьере: применение устройств, контролирующих загрузку автосамосвала в статическом режиме; измерение массы груженого автосамосвала в движении; выбор маршрута движения автосамосвалов и оптимальное их распределение; учет массы перевозимого груза и числа рейсов за смену и передача информации в ЭВМ; автоматическое управление в сочетании с индукционным способом ориентации автосамосвалов.

Для отдельных комплексов и горного оборудования в задачи автоматизации входят: полная автоматизация пуска, остановка и дистанционный контроль загрузки лент и производительности конвейерных установок; программное управление отсыпкой отвалов, формообразование и первичная планировка отвалов; автоматическая взаимная ориентация перегрузочных органов смежных машин с целью обеспечения непрерывности грузопотока.

К задачам автоматизации оперативно-диспетчерского управления на карьерах относятся: планирование горнотранспортных процессов (заключающееся в определении объемов добычи горной массы экскаваторами и распределении их по пунктам разгрузки); управление горнотранспортным процессом (обеспечивающее реализацию оптимального оперативного плана, бесперебойную работу обогатительных фабрик, минимум простоев оборудования и др.); контроль, учет и анализ процессов и состояния оборудования с целью своевременного обнаружения отклонения от плана и оперативного воздействия на процессы.

Автоматизация технологических процессов на карьерах может быть частичной, комплексной и полной.

При частичной автоматизации производится автоматическое управление отдельными машинами, механизмами, установками, не участвующими в едином технологическом процессе и не имею-

щими связей и блокировки с другими технологическими процессами. При этом в технологической цепи остаются недостаточно механизированные и автоматизированные процессы.

При комплексной автоматизации все операции технологических процессов осуществляются системой автоматизированных машин и агрегатов по заранее разработанным программам и режимам. Отдельные автоматические регуляторы и программные устройства управления должны быть связаны между собой и образовывать согласованно действующую единую систему управления. При этом функции человека-оператора сводятся к наблюдению за ходом процесса, анализу его показателей, выбору режимов работы оборудования и заданию командных программ. Для осуществления комплексной автоматизации технологических процессов последние должны отвечать следующим требованиям: малоступенчатость технологической схемы и малооперационность; отсутствие ручных немеханизированных и неуправляемых операций; непрерывность или строгая цикличность протекания процесса.

При полной автоматизации технологических процессов система автоматического управления выполняет все операции на карьере (включая выбор и установление оптимальных режимов работы горнотранспортного оборудования) без непосредственного участия человека. В настоящее время внедрение полной автоматизации технологических процессов на карьерах сдерживается из-за недостаточной механизации отдельных участков производства.

Для широкого внедрения автоматизации комплексов и установок и систем автоматизированного управления технологическими процессами на карьерах необходимо: дальнейшее совершенствование технологии добычи; создание нового и совершенствование существующего горнотранспортного оборудования с учетом его работы в автоматическом режиме; создание специализированных технических средств для открытых горных работ; разработка и внедрение новой аппаратуры автоматизации, соответствующей многочисленным функциональным назначениям.

1.2. ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ И СОСТАВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Современное горное оборудование, используемое на открытых горных работах, представляет собой высокопроизводительные технологические объекты, автоматизированные и оснащенные соответствующими средствами управления. Совокупность средств управления автоматизированными объектами образует автоматизированную систему управления технологическим процессом (АСУ ТП).

Автоматизированная система управления технологическими процессами на карьерах представляет собой комплексную человеко-машинную систему, основанную на использовании совре-

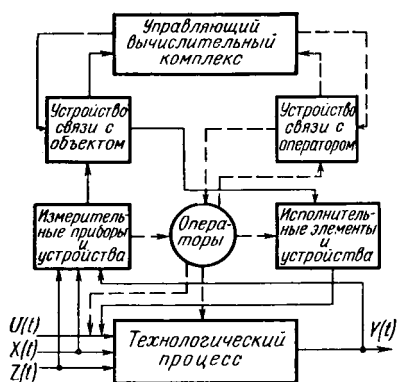


Рис. 1.1. Обобщенная блок-схема функционирования АСУ ТП

управления технологическими объектами. Взаимодействия АСУ ТП с вышестоящими уровнями управления зависят от наличия и степени развития автоматизированных систем управления организационно-экономического класса на предприятиях.

Основные задачи АСУ ТП: повышение эффективности работы карьера путем использования научно обоснованных методов управления и применения оперативного управления производственными процессами за счет ускорения получения и обработки исходных данных; улучшение качества управления за счет повышения достоверности информации о состоянии контролируемых объектов и использования методов оптимизации при решении задач управления.

Информация о входных воздействиях в АСУ ТП (рис. 1.1): управляющих $U(t)$; контролируемых, но неуправляемых $X(t)$; неконтролируемых $Z(t)$, а также о выходных переменных $Y(t)$ технологического процесса и о режимах функционирования технологического оборудования с измерительных приборов и устройств по каналам связи поступает в управляющий вычислительный комплекс (УВК), где обрабатывается в определенной последовательности по заданным алгоритмам. УВК через устройства связи выдает управляющие команды операторам, исполнительным элементам и устройствам, которые реализуют управление технологическим процессом и изменяют режимы функционирования технологического оборудования.

АСУ ТП — высшая ступень автоматизации управления технологическими объектами. Для этой ступени управления характерен постепенный вывод человека-оператора из контура управления с оставлением за ним в нормальных условиях только функций контроля за работой системы.

менных автоматических средств отбора, передачи и обработки данных и применении экономико-математических методов решения основных задач управления. Самостоятельная автоматизированная система управления АСУ ТП входит составной частью в автоматизированную систему управления производственного объединения и отраслевой системы управления (ОАСУ).

Таким образом, АСУ ТП является нижним уровнем автоматизированных систем управления, т. е. представляет собой очередную ступень развития широко используемых средств и методов

Основные функции, осуществляемые АСУ ТП [15], делятся на три группы: информационно-вычислительные, управляющие и вспомогательные.

При выполнении информационно-вычислительных функций, представленных ниже, которые подчинены задаче контроля за ходом производства, АСУ ТП позволяет управленческому персоналу (операторам, диспетчерам) своевременно узнавать об отклонениях от нормального протекания технологического процесса, обеспечивать персонал достоверной информацией о процессе. Последнее является важной задачей, без выполнения которой производство несет большие потери.

Информационно-вычислительные функции

Градации функций

Сбор, первичная обработка и хранение технической и технологической информации	1
Косвенные измерения параметров процесса и состояние технологического оборудования	
Сигнализация состояний параметров технологического процесса и технологического оборудования	
Расчеты технико-экономических и эксплуатационных показателей технологического процесса и работы технологического оборудования	
Подготовка информации для вышестоящих и смежных систем и уровней управления	
Регистрация параметров технологического процесса, состояний технологического оборудования и результатов расчетов	
Контроль и регистрация отклонения параметров процесса и состояний оборудования от заданных	2
Анализ срабатывания блокировок и защит технологического оборудования	3
Диагностика и прогнозирование хода технологического процесса и состояний технологического оборудования	4
Диагностика и прогнозирование состояний комплекса технических средств	5
Оперативное отображение информации и рекомендаций ведения технологического процесса, а также управление технологическим оборудованием	6
Выполнение процедур автоматического обмена информацией с вышестоящими и смежными системами управления	7

Управляющие функции, приведенные ниже, подчинены задаче непосредственного управления технологическими процессами. При этом отдельные решения по управлению процессом (управляющие воздействия) могут быть реализованы автоматическим воздействием на объект без участия оператора, либо в виде рекомендаций оператору, которые он может принять или отклонить, либо в виде воздействий, которые реализуются автоматически после подтверждения их оператором, либо в виде прогнозирующих воздействий, которые имели бы место, если бы был принят тот или иной режим работы управляемого объекта. Назначение вспомогательных функций соответствует их определению.

Управляющие функции	Градация функций
Регулирование отдельных параметров технологического процесса	1
Однотактное логическое управление (выполнение блокировок, защит)	2
Каскадное регулирование	3
Многосвязное регулирование	4
Выполнение программных и логических операций дискретного управления	5
Оптимальное управление установившимися режимами технологического процесса	6
Оптимальное управление неуставившимися режимами технологического процесса и работы оборудования	7
Оптимальное управление технологическим объектом в целом с адаптацией системы управления	8

В соответствии с назначением и техническим уровнем комплектности в состав АСУ ТП входят следующие компоненты.

1. Комплект автоматических измерительных приборов и устройств, обеспечивающих измерение параметров процесса и преобразование их в электрические сигналы (дискретные или аналоговые).

2. Исполнительные и вспомогательные приборы и устройства для преобразования электрических сигналов в параметры и команды управления технологическим процессом.

3. Управляющий вычислительный комплекс, который включает управляющие вычислительные устройства, периферийную технику, обеспечивающую двустороннюю информационную связь ЦВМ с объектом и ЭВМ более высокого уровня управления.

4. Функциональное программное обеспечение, содержащее комплекс программ, реализующих функции АСУ ТП в соответствии с разновидностью конкретной системы.

5. Устройства связи с объектом, обеспечивающие аппаратную связь УВК с объектом (кабельные, проводные, релейные линии связи и согласующие устройства параметров входных и выходных сигналов).

6. Устройства связи с технологом-оператором (включая пульт управления и информационное табло) для обеспечения оператора необходимой информацией о ходе технологического процесса и управления им, о состоянии объекта и управляющей системы, а также позволяющие оператору вводить новые критерии и коррективы в УВК, сигналы на пуск и останов системы.

7. Служба операторов, которая может иметь технологов-операторов системы, наладчиков оборудования, специалистов более высокого уровня управления.

1.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

В общем смысле алгоритм — это четко определенная программа действий, в которой указана последовательность их выполнения применительно к исходным данным задачи, чтобы получить ее решение.

Всякую математическую формулу, с помощью которой описывается определенный цикл технологического процесса, можно представить как сжатое символическое обозначение соответствующего вычислительного алгоритма. Математическая формула — представление этого алгоритма в виде последовательности элементарных алгоритмических актов: алгебраических операций, операций дифференцирования и интегрирования и др.

Для наглядности алгоритмы изображают в виде блок-схемы или в операторной форме. Алгоритм решения задачи разрабатывается в два этапа: сначала составляется блок-схема алгоритма, а затем его подробное описание.

При разработке алгоритма решения задачи учитывается емкость памяти применяемой ЭВМ для размещения необходимой информации. В составлении алгоритма решения задачи обычно участвуют технолог, работающий в данной области, экономист и математик, осуществляющий запись поставленной задачи и выбор метода ее решения.

Алгоритм, записанный в операторной форме, решается на ЭВМ. Составление алгоритмов в операторной форме называется программой, а процесс составления машинных программ — программированием. Программирование ведется на алгоритмическом языке, который выбирается в зависимости от типа решаемой задачи и применяемой ЭВМ. Запись программы представляет собой последовательность команд (операторов), указывающих, в какой последовательности, с какими исходными данными и какие надо проводить элементарные операции.

Применительно к АСУ ТП общее понятие алгоритма существенно конкретизируется. Автоматизированная система управления карьером имеет функциональную структуру, предусматривающую участие человека в управлении процессами на карьере. Это обусловлено объективными закономерностями, действующими в процессе выработки управляющей информации, которая обеспечивает организованное, целенаправленное протекание технологического процесса в зависимости от содержания перерабатываемой информации. Следовательно, АСУ ТП как человеко-машинная система должна иметь общую и текущую информацию об объекте управления. Эта информация объединяется общим понятием алгоритма функционирования. Алгоритм функционирования позволяет прогнозировать и направлять ход технологического процесса путем передачи управляющих воздействий объектам управления. Процесс выработки управляю-

щей информации устройством управления определяется алгоритмом, который формируется исходя из конкретной задачи с учетом алгоритма функционирования и возможностей аппаратуры управления. Разработка алгоритма функционирования и формирование алгоритма управления — важнейшие элементы процесса проектирования АСУ ТП карьера.

Формирование алгоритма управления производится с учетом выбранных критериев и наложенных ограничений. Аналитическая форма записи алгоритма в общем случае имеет вид: $A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 \downarrow A_6 \dots A_n$, т. е. управление последовательно передается от оператора A_1 к оператору A_2 и далее к оператору A_4 . После чего оператор A_5 проверяет выполнение критериев и ограничений, сравнивая их с заданной величиной. При невыполнении критериев и ограничений знаком \uparrow управление передается снова на оператор A_1 . В случае выполнения критериев и ограничений знаком \downarrow управление следует к оператору A_6 и т. д.

При решении задач АСУ ТП на карьерах применяются логические алгоритмы управления, обеспечивающие анализ условий отдельных операций, контроль за возможностью или недопустимостью их ведения. С помощью логических алгоритмов и реализующих их схем (ДА, НЕТ) возможно автоматическое формирование технологических циклов, состоящих из конечной последовательности операций. На основе логических алгоритмов управления реализуются различные технологические блокировки, контроль режима работы горного оборудования, включение и отключение резервных систем и т. д.

Современная тенденция разработки алгоритмов управления технологическими процессами на карьерах базируется на выборе оптимального режима работ горнотранспортного оборудования и сохранении его несмотря на наличие внешних случайных воздействий. Алгоритмы оптимального управления обеспечивают максимальную эффективность ведения технологических процессов по заданным критериям и наложенным ограничениям.

2. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ХОДЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

2.1. ПАРАМЕТРЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И РАБОТУ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Сложность системы управления карьерным оборудованием и информационного обеспечения процесса управления объясняется многообразием условий эксплуатации оборудования, различием в характере технологических процессов и критериях оптимального управления. Поэтому выбор параметров, характери-

зующих технологические процессы, не может быть однозначным. Этим и объясняется отсутствие их четкой классификации.

В любой системе управления протекают информационные процессы следующих видов [2]: задание исходной информации (требуемых значений параметров или показателей, нормативов, ограничений); образование осведомительной информации (определение действительных значений параметров объектов управления); формирование результативной информации (переработка информации); выдача командной информации; формирование информации учета и отчетности путем фиксации требуемых входной и выходной информации.

Для контроля и управления технологическими процессами и оборудованием карьеров информационные структуры формируются на основе параметров, отражающих: состояние отдельных элементов управляемого объекта; состав взаимодействующих в системе управления звеньев; общие характеристики хода процесса или работы объекта; количественные и качественные характеристики процессов, протекающих в объекте управления; факторы, определяющие поведение объекта; уставки, коррекции, плановые задания и нормативы; ограничения, определяющие область допустимых управлений; показатели надежности функционирования.

Информационные сообщения формируются в виде первичной и вторичной информации. К первичной относятся параметры, получаемые датчиками непосредственно на объекте. Вторичные параметры непосредственно на объекте измерены быть не могут. Поэтому они определяются из первичной информации расчетным путем. В зависимости от принадлежности параметров к указанным группам информации различают оперативные и технико-экономические параметры.

Оперативные параметры можно разделить на три группы: образующие информацию управления объектов в нормальном режиме функционирования; дающие информацию управления в аварийном режиме; являющиеся основой оптимизации режима в процессе управления.

При нормальном режиме работы объекта информация о процессе используется для поддержания необходимых количественных и качественных показателей. Например, при управлении экскаватором машинистом используются самые разнообразные параметры, значения которых представляются в виде показаний индикаторных приборов.

Основная задача информации при аварийном режиме — сохранение технологического процесса и целостности оборудования. Поэтому при передаче и переработке аварийной информации должны быть обеспечены максимальные скорость и достоверность.

Информации, обеспечивающие основу оптимизации режима, определяются по усредненным параметрам нормального режима. Они используются для решения вопросов экономическо-

го распределения объемов работ между различными объектами производства и т. д.

Технико-экономические информации делятся на производственные и статистические. К первым относятся параметры, характеризующие результаты выполнения оборудованием производственных заданий. Например, число пробуренных метров, число отгруженных транспортных единиц и т. д. Статистические информации составляются на основе сбора, передачи и переработки статистических данных.

Средства отбора информации делятся на аналоговые и дискретные устройства.

Аналоговые устройства находят широкое применение в локальных системах автоматического управления и контроля. В последнее время локальные системы строятся все чаще с применением дискретных преобразователей. Это вызвано освоением промышленностью выпуска надежных и дешевых дискретных элементов и целых систем элементов, позволяющих создавать разнообразные цифровые преобразователи, решающие схемы и следящие системы.

Входная информация, которая формируется при участии человека, большей частью представляется в дискретной форме.

В табл. 2.1 приведены основные параметры, характеризующие оборудование и технологические пункты карьера, используемые средства отбора информации и каналы ее передачи [2].

Как видно из табл. 2.1, главным идентифицирующим признаком объекта контроля и управления является его номер. Номер объекта контроля определяет количество постоянной и условно-постоянной информации, относящейся к нему. Например, наименование объекта, технико-экономические характеристики, плановые задания, состав бригады и т. п. Общую характеристику объекта управления можно считать достаточной, если известно произведенное им количество продукции, ее качество, местонахождение объекта и его состояние. Параметры, которые характеризуют данные информационные сообщения, в основном вторичны и их можно считать первым уровнем детализации в производственной ситуации.

Второй уровень образует группа параметров, порождающих параметры первого уровня. Информация о количестве переработанной горной массы, необходимая для оперативного управления работой горного оборудования, формируется обычно на основе маркшейдерских замеров или с помощью различных взвешивающих устройств. Определение качества состоит в разделении добываемой горной массы на полезное ископаемое и пустые породы. Информация пространственных положений горнотранспортного оборудования существенно различна и будет рассмотрена в 2.2. Оценка состояния оборудования с позиций его участия в технологическом процессе основывается на информации: работает или простаивает конкретная машина.

Таблица 2.1. Параметры и средства отбора и ввода информации объектов контроля и управления

Объект контроля и управления	Параметры, характеризующие объект	Средства отбора и ввода информации	Канал передачи первичной информации
Буровые станки	Номер Состояние станка Начало бурения Конец бурения Вид и время простоя Причина аварийного простоя Число пробуренных метров	Датчик состояния и времени бурения Датчик пробуренных метров Пульт ручного ввода	Радиоканал
Экскаваторы	Номер Состояние Вид и время простоя Причина аварийного простоя Условие заезда Вид горной массы Показатели качества полезного ископаемого в забое Число отгруженных транспортных единиц	Датчик состояния Пульт ручного ввода	То же
Автосамосвалы	Номер Состояние Вес груза Местонахождение	Датчик номера взвешивающего устройства	Радиоканал (проводная линия связи)
Локомотивосоставы	Номер Состояние Местонахождение Характеристика состава Начало погрузки (разгрузки) Конец погрузки (разгрузки) Вид и время простоя Причина аварийного простоя Вес груза	Датчик поездной информации Железнодорожные весы Пульт ручного ввода	Радиоканал (проводная линия связи)
Приемные пункты обогатительных фабрик	Номер Состояние Количество полезного ископаемого Показатели качества	Датчик состояния Конвейерные весы Пульт ручного ввода	Проводная линия связи
Перевалочные базы	Номер Состояние Объем и качество поставляемой горной массы Вид и время простоя транспортных средств Причина аварийного простоя	Пульт ручного ввода	То же

Третий уровень детализации производственной ситуации позволяет определить производительность отдельных единиц горнотранспортного оборудования. При оснащении транспортного оборудования стационарными или встроенными весоизмерительными устройствами появляется возможность корректировки веса горной массы за определенный промежуток времени. При более широком представлении производственной ситуации полезное ископаемое может характеризоваться процентным содержанием полезного компонента, зольностью или другими количественными характеристиками.

Качество горной массы определяется местом погрузки. Характеристика полезного ископаемого в забое определяется, как правило, работниками геологической службы или с помощью специальных приборов контроля качества. Наиболее перспективный метод оценки качества полезного ископаемого — метод экспертных оценок обычно не используется. Характеристика качества полезного ископаемого в пунктах разгрузки находится по известным объемам доставленного ископаемого определенного вида. Порода может быть также классифицирована по видам, определяющим необходимость ее укладки в отдельные отвалы.

На третьем уровне детализации производственной ситуации состояние «Работает» может быть уточнено как выполнение основной работы (бурение, погрузка, транспортирование) или вспомогательной (подготовка забоя, движение транспорта на погрузку). Состояние «Стоит» характеризуется следующими основными причинами: резерв, осмотр, профилактический ремонт, аварийный ремонт, отсутствие транспорта и т. д.

Информационный процесс зависит от уровня управления, и переход от одного уровня управления к другому сопровождается изменением соотношения оперативной и технико-экономической информации. Для низших уровней характерно значительное превышение оперативной информации над технико-экономической, на высших уровнях — наоборот. Очевидно, что по мере проникновения технико-экономических факторов непосредственно в процесс автоматического управления технологическими процессами и оборудованием и развития автоматизированных систем организационно-экономического управления грани между уровнями управления станут еще более неразличимыми, что окажет существенное влияние на построение информационных структур систем управления.

2.2. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Методы определения положения карьерного оборудования. Для управления технологическими процессами на карьере необходимо иметь полную информацию о пространственном положении всего комплекса карьерного оборудования (экскаваторов, транспортирующих и перегрузочных машин, отвалообразовате-

лей и т. п.). Контроль пространственного положения карьерных машин производится по шести координатам, поскольку они обладают шестью степенями свободы перемещения в трехмерном пространстве.

Известные методы и средства определения координат карьерного оборудования предназначены для двумерного частного случая, т. е. горизонтальной плоскости. С учетом возможности применения в перспективе все методы определения координат можно разделить на следующие группы.

Первая группа — методы, использующие измерение расстояний от контрольных точек подвижного объекта до фиксированных в пространстве опорных линий и поверхностей. На этом методе основано, например, устройство контроля положения карьерной машины в горизонтальной плоскости относительно кабеля, прокладываемого по заданному курсу ее движения [2]. Электромагнитное поле низкой частоты (примерно 10 кГц), излучаемое антенной — кабелем, воспринимается фазочувствительными приемниками-катушками, устанавливаемыми на подвижном объекте. С их помощью определяются линейное и угловое смещения объекта относительно заданного курса.

Ко второй группе относятся угломерно-дальномерные методы (измерения сферических координат неподвижных точечных ориентиров в базисах, связанных с подвижным объектом). В условиях карьера по этому методу работают простые электро-механические устройства, в которых используются гибкие механические связи контролируемой машины с неподвижными или движущимися по заранее известным траекториям объектами.

Третья группа — комбинированные методы. Устройства, основанные на этих методах, содержат элементы измерения первой и второй групп. Они используются, например, в системах с программно-управляемыми ведущими устройствами ориентации на основе оптических приборов. Опорные прямые и плоскости систем поворачиваются в пространстве по мере перемещения контролируемого объекта в соответствии с заранее заданной программой. Отклонения объекта от заданной траектории определяются с помощью фотоэлектрических следящих систем, устанавливаемых в нескольких контрольных точках объекта [2].

Выбор технических средств, необходимых для построения систем автоматического определения координат подвижных карьерных объектов, в настоящее время весьма ограничен. Наиболее перспективными являются средства, ориентированные на получение исходной информации и переработку ее в цифровой форме.

Контроль положения рабочих органов карьерных машин осуществляется прямыми и косвенными методами.

Для прямого контроля используются механические, оптические, индукционные, радиотехнические, акустические средства и методы определения физико-механических свойств горных пород.

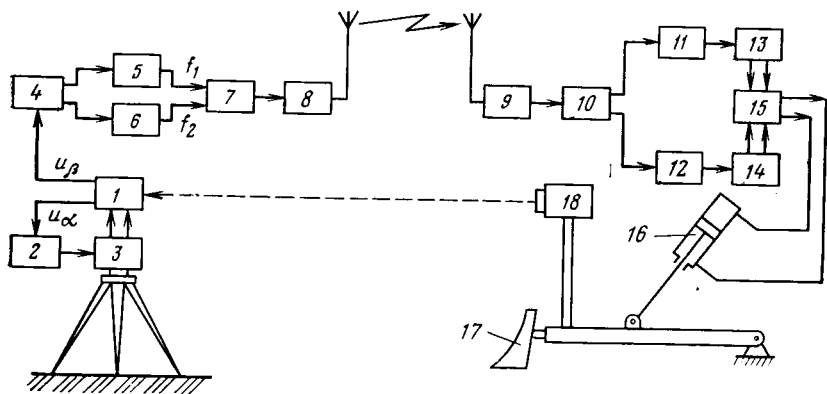


Рис. 2.1. Блок-схема автоматического управления положением рабочего органа с ненаправленным оптическим излучателем:

1 — двухкоординатный оптический пеленгатор; U_α и U_β — выходные сигналы пеленгатора, зависящие от горизонтального и вертикального отклонений излучателя относительно оптической оси пеленгатора; 2 — усилитель; 3 — электромеханический следящий привод автоматического сопровождения по азимуту; 4 — трехпозиционный релейный переключатель; 5 и 6 — генераторы модулирующих частот f_1 и f_2 ; 7 — синтезатор сигналов; 8 — радиопередатчик; 9 — приемник; 10 — частотно-избирательный фильтр; 11 и 12 — усилители; 13 и 14 — соленоиды; 15 — гидравлический усилитель; 16 — гидроцилиндр; 17 — рабочий орган; 18 — источник модулированного оптического излучения

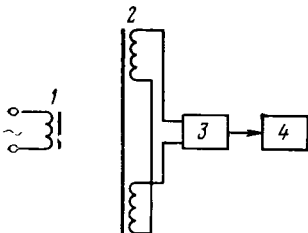


Рис. 2.2. Блок-схема устройства контроля взаимного положения перегрузочных органов карьерных машин:

1 — первичная обмотка трансформаторного датчика; 2 — вторичные обмотки на общем магнитопроводе; 3 — фазочувствительный усилитель; 4 — исполнительное устройство

Наиболее простым механическим устройством служит маятник на карданном подвесе с рычагом и указателем, используемый для визуального контроля положения рабочего органа машины относительно натянутого троса.

Оптические устройства для контроля положения рабочих органов, формирующие прямые и плоскости в пространстве с помощью светового луча, более перспективны. Такие приборы могут быть использованы для управления бульдозерами, канавокопателями, дорожными машинами и др. В американском патенте № 3556225 [2] описана система стабилизации высоты подъема ножа бульдозера с ненаправленным оптическим излучателем, установленным на рабочем органе, и с электромеханической системой автоматического сопровождения, установленной на неподвижном основании (рис. 2.1). В другом патенте (№ 3554291) приведена система автоматической стабилизации высоты подъема и поперечного угла наклона ножа грейдера, а

также направления движения машины с помощью двух лазерных установок.

Акустические методы позволяют точно контролировать в воздухе расстояния до нескольких метров. Например, ультразвуковым устройством можно контролировать положение рабочего органа карьерной машины относительно поверхности забоя, бокового откоса, нижней площадки или отвала.

Одна из важных проблем — определение положения добывающего рабочего органа относительно границы различных горных пород при селективной экскаваторной и шнекобуровой выемке. Контроль границ раздела различных горных пород может быть осуществлен с помощью устройств, основанных на механических, радиоволновых, акустических, радиоактивных и других методах. Механические методы контроля контактов различных горных пород основаны на определении физико-механических (твердости, крепости, упругости и др.) характеристик пород с помощью тензоизмерительных приборов [2]. Различие диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь для различных горных пород используется при радиоволновых методах контроля.

Открытые и скрытые границы горных пород могут быть установлены по степени затухания колебаний в массиве при использовании ультразвуковых устройств контроля.

Для выявления скрытого плоскостного контакта горных пород могут быть использованы радиоактивные методы контроля, основанные на использовании различных эффектов рассеяния и поглощения радиоактивного излучения веществом и ядерных реакций, возникающих при взаимодействии излучения с веществом.

Для пространственного согласования рабочих органов подвижных горных машин и установок (разгрузочных и приемных консолей бункеров, перегрузочных тележек и т. п.) могут быть использованы акустические и другие методы. В качестве примера можно привести метод контроля, основанный на измерении компонентов низкочастотного электромагнитного поля [2]. Датчик представляет собой трансформатор с разомкнутым магнитопроводом (рис. 2.2). Первичная обмотка с сердечником располагается на консоли питателя перегрузочной тележки, а две включенные встречно вторичные обмотки с общим длинным магнитопроводом — на отвалообразователе.

Описанные выше методы прямого контроля не всегда применимы для определения положения рабочего органа карьерной машины из-за трудности конструктивной привязки датчиков или же невозможности прямого контроля еще несуществующих поверхностей, которые по некоторым причинам не могут быть заданы в пространстве. При указанных обстоятельствах целесообразно использовать косвенные методы контроля. Последние основаны на вычислении координат рабочего органа по параметрам, доступным непосредственному измерению. Наиболее

целесообразно применять метод косвенного контроля для роторных экскаваторов, поскольку на них может быть оправдана установка специализированных средств вычислительной техники.

Контроль положения элементов механизмов перемещения рабочего органа можно осуществить с помощью датчиков угловых и линейных перемещений. Наибольшее распространение на карьерных машинах получили индукционные датчики угловых перемещений, т. е. сельсины и поворотные трансформаторы. В последнее время для контроля положения исполнительных механизмов карьерных машин применяют цифровые датчики. Цифровые датчики целесообразно применять, если для решения проблемных задач автоматизированного контроля и управления используется цифровая вычислительная техника.

Контроль положения транспортного оборудования карьеров необходим для управления горнотранспортными процессами. Способ определения положения подвижных транспортных единиц заключается в фиксации прохождения ими характерных точек транспортных коммуникаций. Такими точками обычно являются источники и стоки транспортной сети. Например, экскаваторные забои и пункты разгрузки, выездные траншеи. Карьерная железнодорожная сеть разбивается на элементы, соответствующие отдельным пунктам, блок-участкам перегонов и т. д. На контрольных пунктах транспортные средства отмечаются путем передачи своего рабочего номера или другой информации. Обработка полученной информации позволит объективно учитывать работу транспорта, производить рациональное перераспределение его между пунктами погрузки.

Средства контроля положения горнотранспортного оборудования карьеров подробно рассматриваются в гл. 4 и 5.

2.3. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ БУРОВЫХ РАБОТ

Для автоматического управления работами карьерных буровых станков применяют различные специальные средства измерения величин, характеризующих процесс бурения. Основные требования, предъявляемые к таким техническим средствам измерения: повышенная надежность, виброустойчивость, малые размеры и работоспособность в широком температурном диапазоне.

В задачу системы автоматического контроля и учета работы буровых станков входят определение производительности станков за смену и чистого времени бурения, контроль состояния оборудования, учет простоев и т. д.

К основным средствам измерения и контроля работы буровых станков относятся датчики величины проходки и скорости бурения, осевого усилия и частоты вращения бурового снаряда, а также приборы для измерения крутящего момента, мощности, удельных энергозатрат, расхода промывочной жидкости и износа долот.

Существующий парк буровых станков, применяемых на карьерах, недостаточно оснащен всеми вышеперечисленными средствами измерения и контроля процессов бурения. Поэтому в настоящее время наряду с разработкой систем автоматического контроля и управления буровыми станками проводятся работы по созданию необходимых технических средств. В качестве датчиков проходки могут быть использованы аналоговые устройства (например, электромеханические дистанционные передачи), бесконтактные дискретные датчики приращений проходки в сочетании с электромеханическими или электронными счетчиками.

Измерение скорости бурения на буровых станках с гидравлической подачей бурового снаряда на забой производится электрическим тахогенератором с приводом от гидротурбинки, установленной на сливной магистрали гидросистемы подачи. Точность такого метода измерения невысока, поэтому разработаны датчик скорости бурения с использованием бесконтактного сельсина в качестве асинхронного тахометра и датчик скорости, чувствительным элементом которого служит однофазный асинхронный конденсаторный двигатель ЭРД-09, работающий в режиме тахометра [18]. Вращение на вал двигателя передается электромагнитной зубчатой муфтой, автоматически отключаемой при вспомогательных операциях. Недостаток подобных датчиков: необходимость применения повышающих механических передач для увеличения частоты вращения чувствительного элемента, что приводит к неравномерности вращения.

Основные пути разработки новых надежных датчиков скорости бурения: использование дискретной техники для создания датчиков, определяющих среднюю скорость бурения на некотором фиксированном интервале пути или времени, гидравлических датчиков с вязким трением для измерения мгновенной скорости бурения, а также других типов датчиков для измерения малых скоростей.

Датчиками для измерения осевой нагрузки бурового снаряда на забой служат серийные дистанционные манометры МЭД. Осевая нагрузка измеряется по давлению в напорной полости цилиндров подачи бурового инструмента на забой. Верхний предел этих датчиков до 450 кН, точность измерения $\pm 4\%$.

Куйбышевским политехническим институтом для буровых станков СБШ-250 разработано более совершенное устройство для измерения осевой нагрузки на забой скважины [18]. Датчиком усилия служит электромеханический преобразователь, состоящий из упругого раздвоенного кронштейна, катушки, дифференциального трансформатора и сердечника. Катушки и сердечник закреплены к щекам трансформатора. При сближении щек под действием растягивающей силы сердечник вдвигается в катушку. При этом индуктивное сопротивление и напряжение вторичной обмотки катушки меняются пропорционально усилию подачи. Датчик ДД (рис. 2.3) соединяется с цилиндрами подачи бурового инструмента через канат УЗ (упругое зве-

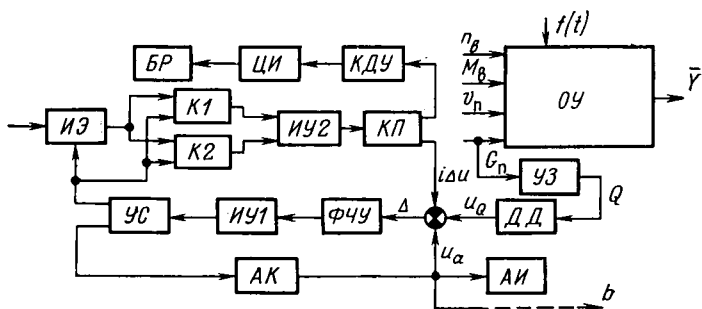


Рис. 2.3. Функциональная схема измерителя осевой нагрузки

но). В состав измерительного устройства входят: фазочувствительное устройство $\Phi\text{ЧУ}$; исполнительные устройства ИУ1 , ИУ2 ; усилитель УС ; аналоговый компенсатор АК , дискретно-аналоговый компенсатор (источник энергии ИЭ , ключи К1 и К2 и компенсирующий преобразователь КП); кодирующе-дешифрирующее устройство КДУ ; цифровой индикатор ЦИ ; блок регистрации БР и аналоговый индикатор АИ . Измерение производится методом компенсации с помощью дискретно-аналогового компенсатора. Диапазон измерений 0—300 кН, погрешность не выше 1 %.

Измерение частоты вращения бурового снаряда производится с помощью тахогенераторов, потенциометров и тахометрических мостов в цепи якоря. Датчик с тахогенератором, применяемый на буровых станках БАШ-250 [18], состоит из асинхронного двигателя РД-09, работающего в режиме генератора, и вторичного прибора М-325. Для вращения датчика использована клиноременная передача. Предел измерения до 250 об/мин, максимальная погрешность ± 4 %. Недостаток — наличие фрикционной трансмиссии. Высокоточные цифровые и импульсные измерители пока не нашли применения.

Измерения крутящего момента и мощности бурового станка основаны на определении связи между крутящим моментом и активной мощностью привода бурового станка. Измерение активной мощности привода станка производится с помощью статических преобразователей мощности. Предел измерения до 0,8 кВт, погрешность 1,5 %. При таком способе измерений определяют крутящий момент на вращателе бурового станка, а он может значительно отличаться от крутящего момента бурового снаряда на забое. Кроме описанного устройства для измерения мощности привода бурового станка могут быть использованы типовые приборы, например самопишущие ваттметры и специализированные датчики мощности постоянного и переменного тока.

Измерение удельных энергозатрат производится устройством, состоящим из датчика активной мощности, усилительно-преоб-

разовательного звена, датчика скорости бурения и делительного устройства. Датчик мощности работает по методу умножения тока на напряжение. Признаком оптимального приложения сил на забой скважины служат наименьшие удельные затраты энергии.

Измерение расходов промывочной жидкости при бурении обычно выполняется по перепаду давлений насоса или с помощью расходомеров. Наиболее надежными и удобными в работе являются электромагнитные расходомеры.

Одной из основных задач средств измерения и контроля буровых работ является защита станков от перегрузок и аварий. В настоящее время осуществляются защиты по максимальному току привода станка или крутящему моменту бурового инструмента, по скорости его подачи, по амплитуде вибраций, а также от зашламования бурового инструмента.

Защита по току и крутящему моменту делится на тепловую и максимальную токовую защиты, токовую отсечку и ограничение по статическому току. Тепловая защита выполняется в виде электромеханических устройств с биметаллической пластиной. Защита по максимальному току электродвигателя бурового станка осуществляется с помощью реле максимального тока, которое срабатывает при увеличении тока выше допустимого. Токовая отсечка ограничивает пусковой ток и выполняется в виде блоков токоограничения или регуляторов тока. Защита по допустимому статическому току выполняется с помощью медленнодействующих устройств. Применяются двух- и трехступенчатые защиты. Защита по крутящему моменту, если он пропорционален току, заменяется защитой по току.

Защита по параметрам вибраций осуществляется специальными устройствами, обеспечивающими, в зависимости от метода защиты, динамическую коррекцию или оптимальную фильтрацию колебаний объекта; выбор допустимых вибраций; динамическую коррекцию управляющей системы.

В устройствах, обеспечивающих динамическую коррекцию колебаний объекта, изменяются частотные свойства системы буровой станок — буровой снаряд — долото — забой вследствие применения поглотителей, амортизаторов.

Защита, основанная на выборе допустимых вибраций, позволяет работать на границе допустимых вибраций. Рассмотрим один из вариантов такой защиты [18], в которую входят датчик вибрации ВД (рис. 2.4) и виброусилитель УС, имеющий регули-

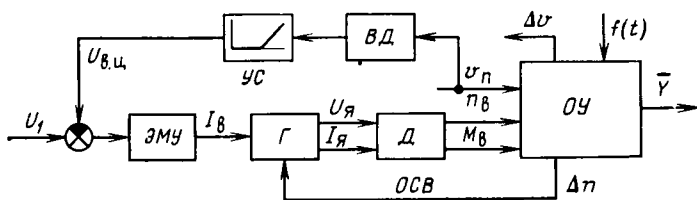


Рис. 2.4. Функциональная схема защиты от вибраций

руемый порог срабатывания. Если средняя квадратическая виброскорость превышает заданный порог $v_{ц}$, то на выходе УС появляется сигнал $U_{в.ц}$, подаваемый встречно сигналу U_1 на обмотку управления электромашиного усилителя ЭМУ привода вращателя. Частота вращения $n_{в}$ и виброскорость уменьшаются.

Устройство, обеспечивающее динамическую коррекцию управляющей системы, разработано и испытано Ленинградским горным институтом [18]. В качестве привода шарошечного бурового станка применяется тиристорный электропривод, в котором синтезированы динамические звенья коррекции. Интегрально-дифференцирующее звено с передаточной функцией

$$W_k = \frac{k_1 p}{T p + 1} \quad (2.1)$$

осуществляет гибкую отрицательную связь по току якоря, и при правильном выборе его параметров T (постоянная времени) и k_1 (коэффициент передачи по току) происходит компенсация крутильных колебаний бурильного инструмента (p — оператор преобразования Лапласа). Постоянная времени T выбирается так, чтобы коррекция работала наилучшим образом на наиболее опасных резонансных частотах (20 — 30 с⁻¹ для шарошечного бурения). При этом методе защиты подавляются автоколебания, в результате чего технологические параметры бурения не превышают опасных значений.

2.4. СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И УЧЕТА РАБОТЫ ОДНОКОВШОВЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Контроль и учет работы одноковшовых экскаваторов относятся к основным средствам организации погрузочных работ и использования оборудования, а также применения автоматизации управления экскаваторами. Проведение контроля и учета работы экскаваторов позволяет дать объективную оценку работы каждой бригады за смену и выявить недостатки в организации планирования работ.

В настоящее время на карьерах используются три вида учета производительности экскаваторов: оперативный, периодический, эпизодический.

Оперативный учет служит для наблюдения за графиком хода работ и фиксирования его выполнения в течение каждой смены.

Периодический учет необходим для составления отчетной и платежной документации и производится раз в месяц или в декаду.

Эпизодический учет производится по мере необходимости, например при определении часовой или сменной производительности.

Эти виды учета производительности основаны на измерении количества перемещенного грунта в течение определенного промежутка времени. Следовательно, для учета и контроля работы

одноковшового экскаватора требуются измерения объема грунта и времени работы экскаватора.

В настоящее время нет надежных датчиков для определения объема или массы грунта непосредственно в ковше экскаватора. Тензометрические датчики для взвешивания материалов в ковше и радиоактивные датчики заполнения ковша не нашли практического применения в основном из-за тяжелых условий эксплуатации. Поэтому количество грунта в ковше определяют косвенным путем, например, измерением мощности привода подъема или натяжения подъемного каната в период подъема ковша у драглайнов и в период его удержания у механических лопат.

Все известные устройства автоматического контроля и учета производительности одноковшового экскаватора, основанные на взвешивании горной массы в ковше, можно разделить на следующие три группы: измеряющие деформацию металлоконструкций экскаватора под действием горной массы в ковше; определяющие усилия в гибких элементах экскаватора, возникающие от массы ковша с горной массой; фиксирующие изменения тока якоря электродвигателя при транспортировании груженого ковша.

Уругие деформации металлоконструкций измеряются тензометрическим или индуктивным датчиком, установленным на стреле экскаватора. По сигналу датчика в автоматической учетной станции регистрируются число нормально загруженных ковшей, продолжительность работы экскаватора и суммарный угол поворота платформы.

В устройствах, основанных на измерении усилий в гибких элементах экскаватора, используется электрический динамометр с потенциометрическим преобразователем, в показания которого вносится поправка, зависящая от угла подъема стрелы.

Известно несколько аналогичных по принципу построения устройств для учета производительности драглайнов и механических лопат.

Опытным заводом Северо-Кавказского филиала ВНИКИ Цветметавтоматика изготовлена партия аппаратуры «Учет-1», «Учет-2» и «Учет-3» для измерения производительности драглайнов [2]. Первичная информация о работе экскаватора в устройстве «Учет-1» (рис. 2.5) отбирается с контакторов: подъема ковша *ВП*, третьей ступени ускорения двигателя подъема *УПЗ*, вращения поворотной платформы *ВВ* и *НВ*, динамического торможения подъема *КДТП*, тяги назад *НТ*, третьей ступени ускорения двигателя тяги *УТЗ* и с шунта в якорной цепи двигателей подъема.

Сигналы от контакторов поступают в узел контроля операции загрузки логического блока станции: от контакторов *ВВ*, *НВ* — на логический элемент 9 (ИЛИ), от контакторов *ВП* и *УПЗ* — на логический элемент 4 (И). Совпадение сигналов во времени однозначно определяет выполнение операции подъема ковша и поворота платформы в течение времени, задаваемого

Логический блок

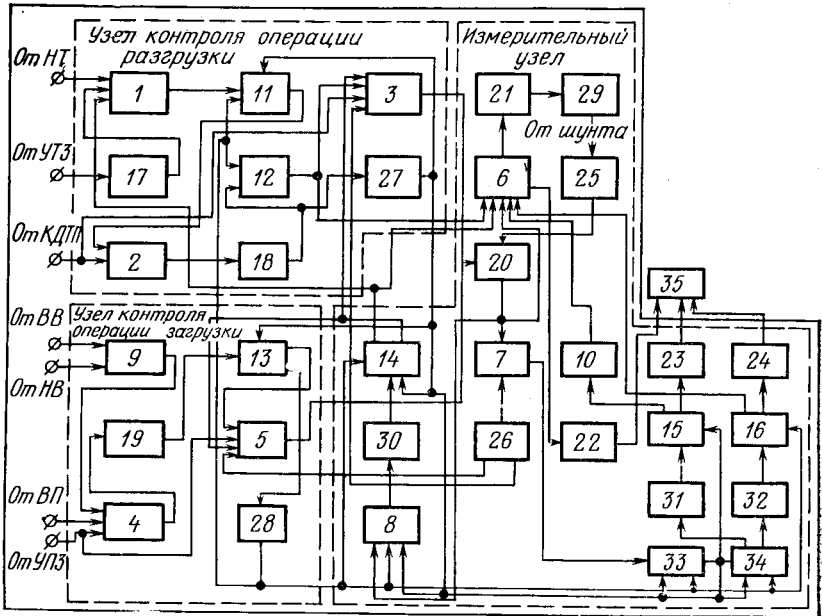


Рис. 2.5. Функциональная схема аппаратуры «Учет-1»

элементом задержки 19. Если заданное время непрерывной работы экскаватора выдерживается, то платформа с поднятым ковшом повернется на угол не менее заданного и операция загрузки запомнится триггером 13, после чего измерительному узлу через логический элемент 5 (И) подается сигнал разрешения сделать оценку степени загрузки ковша. Работа двигателя подъема ковша на естественной механической характеристике контролируется сигналом от УПЗ, поступающим непосредственно на элемент 5. С выхода триггера 13 сигнал поступает также на импульсный усилитель 28, который служит для сброса в исходное состояние схемы измерительного узла и узла контроля операции разгрузки. Элемент 5 при совпадении сигналов на его входе пропускает от генератора 26 прямоугольные импульсы. Напряжение, снимаемое с шунта, включенного в цепь якоря двигателя подъема, усиливается усилителем 25 и подается на вход аналого-дискретного преобразователя 20, формирующего прямоугольный сигнал, длительность которого пропорциональна току якоря двигателя. Прямоугольный импульс заполняется калиброванными импульсами, поступающими от генератора 26 через логический элемент 7 (И). При этом число калиброванных импульсов пропорционально весу ковша.

Для уменьшения погрешности при определении степени загрузки ковша в схеме предусмотрено многократное измерение тока якоря двигателя с помощью счетчика 8. При наличии на

выходе счетчика 8 кода, соответствующего заданному числу измерений, дешифратор 30 переводит триггер 14 в состояние, при котором под воздействием его сигнала элемент 5 перестает пропускать импульсы от генератора 26 на запуск преобразователя 20, и работа последнего прекращается. С элемента 7 на счетную схему 33 поступают импульсы, число которых делится на число замеров. Полученные импульсы поступают на пересчетную схему 34 для суммирования. Усредненное таким образом число импульсов, пропорциональное среднему значению тока якоря двигателя, поступает на дешифратор 32.

Если ковш загружается по весу больше, чем установлено кодом дешифратора 32, последний выдает сигнал на триггер 16, запоминающий операцию определения степени загрузки ковша. Одновременно от усилителя 24 на световом табло 35 загорается лампа «Загрузка», сигнализирующая машинисту, что загрузка ковша выполнена с заданной степенью заполнения. В то же время от триггера 16 поступает сигнал на логический элемент 6 (И), служащий для фиксирования выполнения всех операций цикла. От пересчетной схемы 34 поступает также сигнал на дешифратор 31, служащий для определения степени загрузки ковша и управляющий триггером 15, от сигнала которого логический элемент 10 (НЕ) выдает импульс запрета на логический элемент 6. Далее логическая схема начинает контролировать выполнение операций загрузки ковша. При разгрузке включаются контакторы *НТ* и *УТЗ*. На логический элемент 1 (И) сигнал с контактора *НТ* поступает непосредственно, а с *УТЗ* — через элемент задержки 17, который контролирует время разгрузки. С триггера 14 на элемент 1 поступает также сигнал о том, что оценка степени загрузки ковша окончена. После совпадения трех сигналов элемент 1 выдает импульс на триггер 11, где запоминается операция разгрузки ковша. В это же время порожний ковш возвращается в забой. При движении ковша вниз двигатель подъема работает в режиме динамического торможения, т. е. при включенном контакторе *КДТП*. При совпадении сигналов, идущих от контактора *КДТП* и триггера 11 на входы логического элемента 2 (И), последний выдает сигнал на элемент задержки 18, который определяет выдержку времени, необходимую для входа двигателя в установившийся режим динамического торможения перед началом измерения тока якоря. Сигналом от элемента задержки 18 переключается триггер 12, запоминающий выполнение операции разгрузки. Одновременно срабатывает импульсный усилитель 27, который возвращает измерительную часть схемы и триггеры 11, 13—15 в исходное положение. Затем начинается оценка степени разгрузки ковша. При наличии сигналов от *КДТП* и триггера 14 логический элемент 3 (И) пропускает от генератора 26 импульсы, запускающие преобразователь 20. Далее измерительная часть схемы работает так же, как при оценке степени загрузки ковша, но ковш считается нормально разгруженным, если дешифратор 31 не вы-

дает заданного ему кодового сигнала, что подтверждает полную его разгрузку.

Окончание оценки степени разгрузки ковша формируется триггерами 12, 15 и на световом табло от усилителя 23 появляется световой сигнал «Разгрузка», указывающий машинисту на то, что операция разгрузки ковша с поворотом платформы в сторону забоя произошла по заданной программе и ковш разгружен полностью. При совпадении сигналов, поступающих от триггеров 12, 14, 16, а также от преобразователя 20 и элемента 10 на вход элемента 6, последний выдает единичный импульс на усилитель 21, по команде с которого на электромеханическом счетчике 29 записывается очередной полноценный цикл. Одновременно на табло от усилителя 22 появляется световой сигнал «Цикл», показывающий машинисту, что все операции по экскавации выполнены правильно и засчитан полноценный цикл.

Станция учитывает также время экскавации (по длительности включения контактора тяги), время шагания (по длительности включения контактора шагания), расход активной электроэнергии однофазным счетчиком, установленным в статорной цепи синхронного двигателя, и трехфазным счетчиком, подключенным к трансформатору собственных нужд.

Станция «Учет-1» обеспечивает: учет общего числа полноценных циклов экскавации с оценкой системы загрузки и разгрузки ковша с погрешностью менее 3%; учет времени работы с погрешностью менее 1%; учет электроэнергии, потребляемой экскаватором; световую индикацию выполнения элементов цикла экскавации; фиксирование полноценных циклов, чистого и полного времени работы в цифровом виде нарастающим итогом.

Аналогично выполнена станция «Цикл-1» для автоматического контроля и регистрации основных показателей работы механических лопат [2]. Первичная информация о работе экскаватора отбирается с выходных обмоток магнитных усилителей станций управления электроприводами подъема, поворота, напора, с контакторов открывания днища ковша и с дополнительных полюсов двигателя подъема и поступает на соответствующие блоки, предназначенные для согласования параметров гальванически изолированных датчиков и элементов схемы экскаватора. Аппаратура «Цикл-1» в цифровом виде нарастающим итогом учитывает число полноценных циклов, общее число циклов, время выполнения полноценных циклов и полное время работы экскаватора. Средняя погрешность измерения времени полноценного цикла экскавации при погрузке в железнодорожные составы не превышает 0,4 с. Основным показателем, объективно характеризующий работу экскаватора, — длительность полноценного цикла — может быть записан на самопишущем приборе или передан по каналу связи на диспетчерский пункт в виде импульса амплитудой 12 В и длительностью, пропорциональной длительности выполненного цикла.

Значительно проще устройство учета работы механических лопат, разработанное в Киевском институте автоматики. Оно предназначено для определения производительности экскаватора, времени основной и вспомогательной работы. Производительность экскаватора определяется по числу рабочих циклов, которые засчитываются при условии загрузки ковша в заданном секторе и определенной длительности поворота экскаватора к месту выгрузки. Состояние экскаватора «Основная работа» характеризуется выполнением циклов экскавации и разгрузкой ковша в заданном секторе с интервалом времени не менее 4 мин. Состояние экскаватора «Вспомогательная работа» характеризуется включением основных приводов с интервалом времени не менее 4 мин, но без разгрузки ковша в заданном секторе. Счетчик числа рабочих циклов состоит из датчика угла поворота экскаватора, датчика времени поворота экскаватора, преобразовательного блока и счетного механизма.

Датчик угла поворота экскаватора содержит сельсин-датчик, установленный на поворотной платформе экскаватора и вращающийся через передачу от венцовой шестерни, и сельсин-приемник, связанный через червячный редуктор с ферромагнитным экраном, представляющим собой диск с вырезом. По одну сторону диска установлен постоянный магнит, по другую — магнитоуправляемый контакт. При повороте экскаватора в заданный сектор разгрузки вырез диска находится в зоне магнитоуправляемого контакта *МК1* (рис. 2.6), который замыкается и подготавливает цепь счетчика *РС*. При замыкании контакта *К* (разгрузка ковша) импульс зарядного тока конденсатора *С* вызывает срабатывание счетчика *РС*. Последующее срабатывание произойдет после разрядки конденсатора через резисторы *R1*, *R2* и магнитоуправляемый контакт *МК2*, который замыкается при выходе ковша из зоны разгрузки.

В устройстве учета времени основной и вспомогательной работы механической лопаты (рис. 2.7) текущее время задается импульсным генератором 2. При срабатывании счетчика циклов 1 с помощью магнитоуправляемого контакта на вход задатчика технологической паузы 5 подается импульс и на выходе

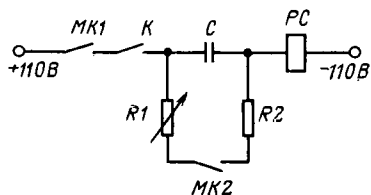


Рис. 2.6. Схема электрической цепи счетчика циклов

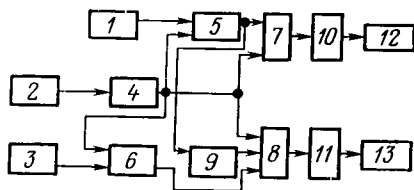


Рис. 2.7. Структурная схема устройства учета времени основной и вспомогательной работы механической лопаты

датчика появляется сигнал, поступающий на вход логического элемента 7. Последний пропускает импульсы, снимаемые с датчика интервалов отсчета 4, которые через усилитель 10 поступают на счетчик времени основной работы 12. Если поступление импульсов со счетчика циклов прекращается, выходной сигнал датчика технологической паузы 5 снимается только по истечении времени, равного установленному времени технологической паузы. Для учета времени вспомогательной работы экскаватора сигнал с датчика работы основных приводов 3 подается на вход датчика времени технологической паузы 6. При наличии сигнала от датчика 6 и отсутствии сигнала от датчика 5, т. е. при наличии сигнала от инвертора 9, на выходе логического элемента 8 появляется сигнал, который поступает через усилитель 11 на счетчик времени вспомогательной работы 13. Устройство обеспечивает учет производительности механических лопат с погрешностью не более 3,5 % и учет времени основной и вспомогательной работы с погрешностью не более 4,5 %.

2.5. СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И УЧЕТА РАБОТЫ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Для эффективного управления работой горного оборудования непрерывного действия необходимо иметь полную и объективную информацию о текущей производительности, техническом состоянии машин и агрегатов и об их режимах работы. Средства контроля и учета работы комплексов непрерывного действия в основном предназначены для определения весовой и объемной производительности с целью передачи этой информации для оперативного учета АСУ ТП карьера.

В СССР и за рубежом известны различные конструкции устройств контроля и учета производительности. Все устройства — весоизмерительные с входным параметром в виде удельной нагрузки, т. е. нагрузки на единицу длины ленты конвейера. Производительность определяется умножением удельной нагрузки на скорость движения ленты.

В Киевском институте автоматики создана базовая модель для унифицированного ряда весоизмерительных систем, охватывающая эксплуатируемые и намеченные к выпуску промышленностью комплексы непрерывного действия. К основным элементам этой модели (рис. 2.8) относятся датчик удельной нагрузки ДПН конвейера роторной стрелы, датчик скорости ДС движения ленты конвейера и датчик ДУН угла наклона роторной стрелы. Воспринимаемое датчиком ДПН усилие $F(t)$, учитывающее массу груза на ленте и массу ленты, измеряется индуктивными динамометрами. Для повышения эксплуатационной точности введен узел автоматической установки нуля, состоящий из кинематически связанного с потенциал-регулятором ПР двигателя Д, подключаемого через узел управления УУ к выходу ав-

Для обеспечения надежности работы и ремонтпригодности системы предусмотрено необходимое схемное резервирование, возможность быстрого обнаружения неисправности и устранения ее заменой вышедшего из строя функционального узла.

В настоящее время в промышленной эксплуатации находится ряд таких систем. Надежная работа в течение нескольких лет сделала возможным введение их в спецификацию роторных экскаваторов, выпускаемых Ново-Краматорским и Донецким машиностроительными заводами.

Объемная производительность — одна из важных характеристик работы горнотранспортных комплексов машин непрерывного действия. Устройства для ее определения применяются в системах регулирования производительности роторных экскаваторов и контроля загрузки конвейеров.

Объемная производительность может быть определена измерением объема снимаемой стружки или загрузки конвейеров. Измерение объема снимаемой стружки исключает запаздывание в образовании информации об объемной производительности, упрощает схему регулятора. К недостаткам этого способа следует отнести [2]: сложность реализуемых при решении зависимостей и значительную собственную погрешность решающей схемы; необходимость запоминания ряда координат роторного колеса в предыдущем резе; вычисление объемной производительности через объем стружки в плотном теле, что не дает точной информации о загрузке ковшей ротора и конвейеров.

Вследствие указанных недостатков устройства для определения объемной производительности, основанные на измерении объема снимаемой стружки, не продвинулись далее стадии разработки и промышленных испытаний. Поэтому все нашедшие практическое применение системы определения объемной производительности построены на принципе контроля загрузки конвейера. Объемная производительность конвейера по разрыхленному материалу (m^3/c)

$$Q = Fv, \quad (2.5)$$

где F — площадь поперечного сечения транспортируемого материала, m^2 ; v — скорость движения ленты конвейера, m/c .

Трудность при построении системы контроля заключается в определении площади поперечного сечения транспортируемой горной массы. Условно ее можно выразить суммой площадей элементарных прямоугольников. Если принять одинаковое основание прямоугольников, то определение площади поперечного сечения сводится к суммированию сигналов, пропорциональных высотам транспортируемого слоя в ряде точек поперечного сечения.

Известны многочисленные устройства, в которых применяются контактные измерители высоты материала на ленте конвейера, пропорциональной объемной производительности роторного экскаватора. В устройстве, разработанном Киевским институтом

автоматики [13], задающий генератор $ЗГ$ (рис. 2.9) генерирует импульсы с периодом, несколько превышающим время прохождения ультразвукового импульса от излучателя $ИЗ$ до поверхности грузопотока и обратно до приемника $Пр$. Распределитель импульсов $РИ$ осуществляет временное разделение каналов ультразвуковой локации, поочередно открывая соответствующие ключи в цепях возбуждения излучателей и в цепях обратной связи. Каждый импульс распределителя, проходя через элемент задержки $З$, запускает генератор возбуждения $ГВ$ с временной задержкой, соответствующей прохождению импульсов при порожней ленте. Отраженные от поверхности грузопотока ультразвуковые сигналы поступают в приемники $Пр$, где преобразуются в электрические сигналы. Последние через усилитель-формирователь $Ус$ поступают на единственный вход триггера $Тр$, выполняющего функции широтно-импульсного модулятора. Установка триггера в исходное нулевое положение осуществляется очередным импульсом задающего генератора.

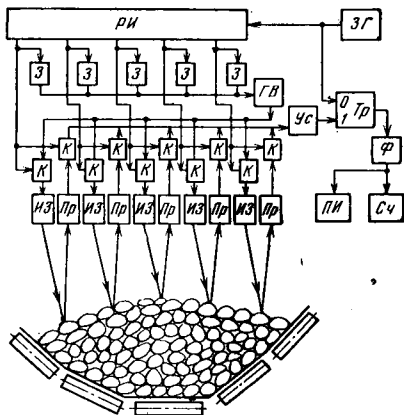


Рис. 2.9. Структурная схема аппаратуры контроля объемной производительности роторного экскаватора

Длительность каждого импульса на выходе триггера пропорциональна высоте слоя транспортируемого конвейером материала в зоне, контролируемой соответствующим каналом ультразвуковой локации. Напряжение на выходе сглаживающего фильтра Φ пропорционально сумме высот грузопотока во всех контролируемых точках и поперечному сечению грузопотока. Если принять скорость движения конвейерной ленты постоянной, то это напряжение пропорционально объемной производительности, а его интеграл — объемной выработке роторного экскаватора. Выходные элементы устройства — прибор-индикатор $ПИ$ и счетчик-интегратор $Сч$. Скорость ленты может быть учтена путем использования датчика скорости и блока умножения. Погрешность измерения системы находится в пределах до 5 %.

В ГДР и ПНР разработаны устройства контроля объемной производительности, построенные на принципе изотопного способа измерения высоты слоя горной массы. Погрешность измерения этих устройств находится в пределах $\pm 3-4$ %.

Конвейерные весоизмерительные устройства (КВИУ) имеют три области применения: учет выработанных объемов за час, смену, сутки; измерение горной массы, загруженной роторным экскаватором в единственный транспортный сосуд; измерение мгновенного значения потока горной массы.

КВИУ состоят из следующих основных устройств: датчика скорости конвейерной ленты, блока умножения, индикатора мгновенной производительности, интегратора, системы стабилизации, управляющего привода, блоков задания производительности и дозы, системы управления механизмами дозирования. В настоящее время испытаны следующие типы КВИУ: ЭГВ, ТКВ-1, предназначенные для работы на стационарных конвейерах; ЭТВ-4, ЭТВ-4Б, УУП-1 — для работы на роторных экскаваторах.

Устройство дозирования предназначено для сравнения веса горной массы, измеряемой КВИУ, с заданной дозой. В момент их равенства в блоке сравнения формируется сигнал, поступающий в систему управления механизмом подачи материала в дозирочную емкость. Устройство осуществляет: автоматическое дозирование горной массы путем автоматического управления затвором бункера; определение и индикацию в цифровой форме информации о текущем значении горной массы в бункере; определение и индикацию текущей производительности экскаватора; определение и индикацию общей и сменной выработки комплекса. Данная система управления установлена на роторном экскаваторе ЭРШРД-5000 (самоходное погрузочное устройство СПУ-5000) и дала положительные результаты.

Устройство защиты конвейера от повреждений металлом предназначено для обнаружения металла в потоке горной массы, подачи об этом сигнала, отметки места, где следует искать металлический предмет, и останова конвейера. Оно монтируется на стационарных или передвижных конвейерах. На роторных экскаваторах данное устройство помещается на конвейерах роторной стрелы. В настоящее время на карьерах в СССР эксплуатируется устройство обнаружения и отметки места нахождения металла УООМ-1. Оно состоит из металлоискателя МП-1ТМ и отметчика места нахождения металла. Воспринимающим элементом является дифференциально-резонансный датчик, состоящий из двух передающих обмоток. Передающая обмотка питается от генератора тока с частотой 1500 Гц. Приемные обмотки настроены в резонанс с частотой генератора и подключаются на усилитель, сигнал с которого поступает на блок управления. При обнаружении металла блок управления подает звуковой сигнал и сигнал на схему управления приводом. Одновременно с блока управления поступает сигнал на указатель местонахождения металла. Конвейер останавливается.

2.6. СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЗАПОЛНЕНИЯ БУНКЕРОВ И ТРАНСПОРТНЫХ СОСУДОВ

Средства контроля заполнения бункеров и транспортных судов по своему функциональному назначению могут быть разделены на средства, контролирующие предельные уровни материала, и средства, непрерывно регистрирующие промежуточное

значение уровня. Датчики, контролирующие предельные уровни, сигнализируют о состояниях «Загружен» или «Разгружен», о наличии материала на дне бункера и т. п. Устройства непрерывного измерения уровня используются значительно реже вследствие их относительной сложности.

Для контроля предельных уровней материала в бункере применяются радиоизотопные уровнемеры, которые отличаются высокой эксплуатационной надежностью особенно при измерении уровней в бункерах большой вместимости. Отечественной промышленностью выпускаются гамма-реле (ГР-6, ГР-7, ГР-8). На рис. 2.10 показана схема контроля уровня материала радиоизотопным реле [2].

Наряду с радиоизотопными уровнемерами в последнее время более широко применяют акустические методы контроля и измерения. Они используются не только для контроля предельных уровней, но и для непрерывного наблюдения за уровнем материалов в бункере. В приборах непрерывного контроля уровня материала используется принцип ультразвуковой эхолокации. Современный уровень развития ультразвуковой техники позволяет создать ультразвуковые локаторы, измеряющие расстояния до 75 м при отражении от гладкой поверхности и до 30 м — от шероховатой.

На горных предприятиях ФРГ широко используются электромеханические зонды-уровнемеры «Силоплат» [2]. Принцип действия этого уровнемера состоит в следующем. При нажатии кнопки запроса измерения (возможен программный запрос от часового механизма) включается двигатель, разматывающий плоскую стальную ленту с грузом на конце. При достижении грузом поверхности материала двигатель останавливается, производится считывание уровня с цифровой или аналоговой индикацией, после чего груз поднимается в верхнее положение. Приборы этого типа эксплуатируются уже 10 лет и число их в настоящее время достигает нескольких тысяч.

В практике открытых горных работ сравнительно редко наблюдается необходимость в контроле или измерении объемов горной массы в вагонах и кузовах автосамосвалов. Как правило, заполнение транспортных сосудов определяется по массе загруженного материала. Основным способом определения весовой загрузки транспортных сосудов является взвешивание на плат-

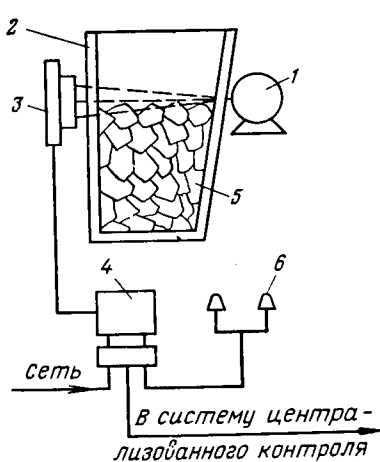


Рис. 2.10. Схема контроля уровня радиоизотопным реле:
1 — блок источника излучения; 2 — объект контроля; 3 — датчик; 4 — релейный блок; 5 — контролируемая среда; 6 — устройство сигнализации

форменных железнодорожных и автомобильных весах. Из выпускаемых отечественной промышленностью для применения на открытых горных разработках пригодны следующие весы: РС-200Д24В — вагонные рычажные дискретно-цифровые с документированной регистрацией, двухплатформенные; РС-150Д24В — вагонные рычажные дискретно-цифровые с дистанционной документированной регистрацией; ТП200×15 — вагонные с дистанционной передачей для регистрации результатов взвешивания; РС-60Д24А — автомобильные рычажные дискретно-цифровые с дистанционной документированной регистрацией; РС-60Ц13АС — автомобильные рычажные циферблатные и некоторые другие.

К недостаткам приведенных весов следует отнести ограниченные пределы взвешивания (2000 кН для вагонных весов и 600 кН для автомобильных) и цикличность взвешивания (с циклом 15—30 с) с остановкой объекта на платформе.

В последние годы все более широкое распространение получают новые методы взвешивания и новые типы весоизмерительных устройств, отвечающие современному уровню техники. Фирмы США, ФРГ, Великобритании, Канады, Японии разработали и передали в эксплуатацию ряд измерительных устройств, использующих новые электронно-тензометрические методы взвешивания. Фирмой «Авери» (Великобритания) выпущены тензометрические весы, позволяющие производить взвешивание вагонов на ходу при скорости поезда до 1,7 м/с. Погрешность измерения при предельной нагрузке составляет $\pm 0,25\%$. Одна из весоизмерительных систем этой фирмы может производить взвешивание вагонов в процессе движения поезда со скоростью до 5,3 м/с. Документальное сопровождение процесса взвешивания осуществляется распечаткой на ленте даты и времени взвешивания, номера поезда и вагона, массы угля в вагонах нарастающим итогом.

Одна из наиболее совершенных конструкций электронно-тензометрических весов для потележного взвешивания вагонов на ходу — весоизмерительная установка (США) содержит: автоматический регистрирующий прибор со счетно-решающими устройствами и сглаживающими фильтрами динамических колебаний, контрольным оборудованием, световым цифровым табло и печатающим устройством; автоматическое сигнальное устройство с контрольной-аппаратурой для регулирования скорости продвижения вагонов через весы; блокирующее устройство, обеспечивающее отключение регистрирующего прибора при прохождении по весам локомотива; путевое устройство для приведения автосцепок смежных вагонов в соосное положение, исключающее передачу усилий от одного вагона к другому. Устройством может осуществляться взвешивание вагонов весом брутто до $3,15 \times 10^6$ Н при скорости движения до 2,8 м/с. Считывание номеров и данных о типах взвешиваемых вагонов производится фотооптическими устройствами, соединенными с ЭВМ.

Отечественные системы, предназначенные для взвешивания железнодорожных вагонов во время движения, находятся на ста-

дин освоения в производстве. Это весы $100 \times \text{ТВД-5}$ (предел взвешивания 2×10^6 Н, погрешность $\pm 1,75\%$) и близкие к ним по техническим данным весы ЭМ-К.

Средства измерения массы материалов, перевозимых автосамосвалами, немногочисленны и получили развитие лишь в последние годы. В связи с ростом грузоподъемности карьерных автосамосвалов особое значение приобретают вопросы оснащения их средствами технологического взвешивания горной массы в кузове. Интенсивные исследования в этой области ведутся у нас и за рубежом. Из зарубежных работ можно отметить ряд разработок датчиков, выполненных в США. Например, устройство, измеряющее давление в цилиндре гидropодъемника и показывающее массу поднимаемого груза на индикаторе, установленном в кабине водителя и устройство, основанное на применении устанавливаемых под платформой несоприемных датчиков.

Из отечественных устройств заслуживают внимания разработки Ленинградского горного и Одесского политехнического институтов по созданию встроенных в автосамосвал взвешивающих устройств. При современном уровне развития техники использование автомобильных встроенных измерительных систем является наиболее перспективным. Использование таких средств измерения возможно на всех карьерах для нормализации загрузки и учета работы автосамосвалов.

Все известные средства измерения массы, используемые на автосамосвалах, по принципу действия можно разделить на три группы: по усилиям в опорных узлах конструкций; по усилиям деформации в рессорах; по давлению в цилиндрах механизма подъема кузова.

Использование усилий в опорных узлах для определения массы груза предусмотрено в разработках Одесского политехнического института и института ПромтрансНИИпроект. В устройстве института ПромтрансНИИпроект производятся измерения усилий в точках опоры подрессорной части автосамосвала на верхние пальцы цилиндров пневмогидроподвески [11]. В качестве первичных преобразователей сигналов использованы фольговые тензорезисторные преобразователи, наклеиваемые на внутренние поверхности пальцев крепления цилиндров.

Устройства для измерения массы, основанные на принципе определения давления в цилиндре механизма подъема кузова, разработаны Ленинградским и Свердловским горными институтами, Киевским институтом автоматики.

В устройстве Ленинградского горного института определение массы в кузове автосамосвала основано на измерении давления газомасляной смеси в верхних полостях цилиндров пневмогидроподвески автосамосвалов, которое зависит от веса горной массы. В устройстве Свердловского горного института принят аналогичный принцип измерений [11]. Основная часть прибора — пишущий манометр с вращающейся от часового механизма 6 круговой диаграммой 7 (рис. 2.11). Прибор устанавливается

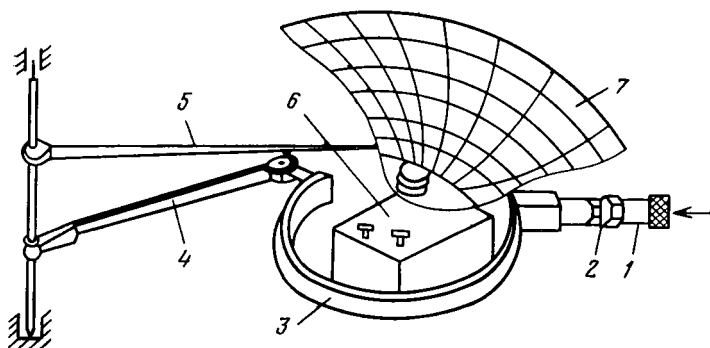


Рис. 2.11. Устройство прибора учета работы автосамосвала

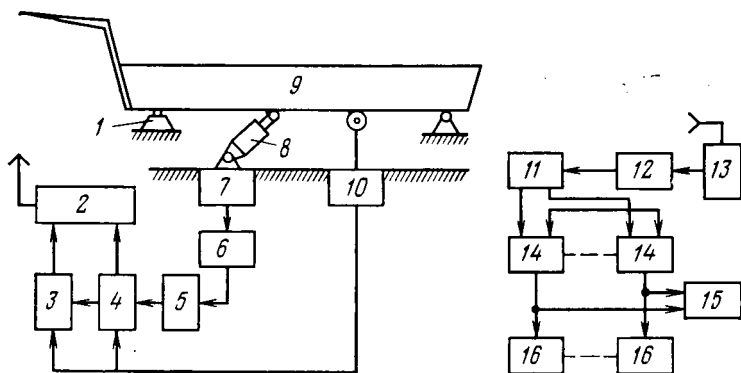


Рис. 2.12. Структурная схема взвешивающего устройства

в кабине автосамосвала и соединяется через штуцер 2 и высоконапорный шланг 1 с маслопроводом гидросистемы подъема кузова. При разгрузке автосамосвала давление в гидросистеме увеличивается и воздействует на манометрическую трубку 3, которая через рычажную систему 4 перемещает пишущий элемент 5. Давление фиксируется на круговой диаграмме 7. После обработки диаграммы определяются производительность автосамосвала за смену, число рейсов, коэффициенты использования времени автосамосвала и его грузоподъемности. Погрешность взвешивания по 20 рейсам составила $\pm 3\%$.

По такому же принципу работает встроенное в автосамосвал устройство для измерения массы груза института Тяжпромавтоматика [11]. Измерение массы груза происходит в момент подъема платформы 9 (рис. 2.12). Давление масла в гидроцилиндре 8 воспринимается первичным преобразователем 7. На выходе преобразователя появляется аналоговый сигнал, пропорциональный массе платформы с грузом. Амплитудный ограничи-

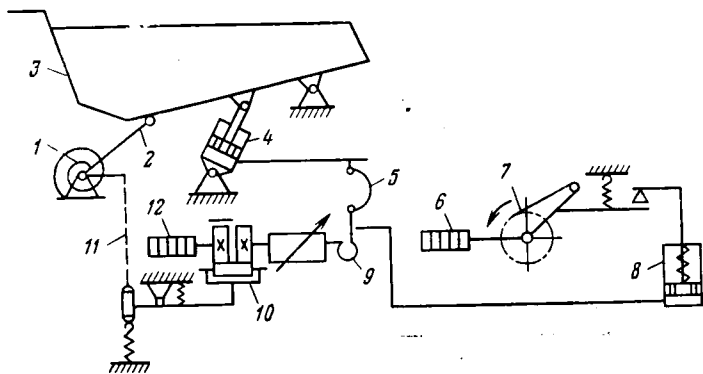


Рис. 2.13. Кинематическая схема взвешивающего устройства

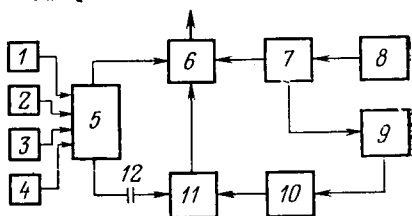


Рис. 2.14. Структурная схема взвешивающего устройства

тель 6 снизу исключает часть сигнала, соответствующего массе порожней платформы, поэтому на вход преобразователя 5 поступает аналоговый сигнал, пропорциональный массе перевозимого груза. Окончание преобразования аналогового сигнала в цифровой код фиксируется сигналом от контактного преобразователя 10 положения платформы при ее снятии с опоры 1. Этот сигнал закрывает ключ 4, и передача цифрового кода массы перевозимого груза на радиопередатчик 2 прекращается. Этот же сигнал организует считывание с регистра адреса 3 и передачу радиопередатчику кодовой посылки номера автосамосвала. Переданная информация воспринимается радиоприемником 13, запоминается в регистре приема 12 и с помощью дешифратора адреса 11 и ключей 14 записывается в соответствующий сумматор 16 массы перевозимого груза каждым автосамосвалом и в сумматор общей массы груза 15.

Киевским институтом автоматики разработано гидравлическое взвешивающее устройство для автосамосвалов КраЗ и БелАЗ [2]. Счетчик, состоящий из сумматора 12 (рис. 2.13), чувствительного элемента 9 и замыкателя 10, соединяется с первичным преобразователем 2 положения грузовой платформы при помощи гибкой тросовой передачи 11. Чувствительный элемент гибким шлангом 5 включен в нагнетательную магистраль грузоподъемника 4 автосамосвала. Рычажный первичный преобразователь положения платформы снабжен возвратной пружиной 1. На конце большого плеча рычага преобразователя положения закреплен ролик, конец меньшего плеча связан

с тросом. В нижнем положении платформы 3 плечо рычага с роликом прижато, трос свободен и не действует на замыкатель. При подъеме платформы 3 давление в цилиндре гидроподъемника воспринимается чувствительным элементом, поворачивающим шестерню сумматора на угол, пропорциональный массе платформы с грузом. При повороте платформы на определенный угол преобразователь положения через трос воздействует на замыкатель, который отсоединяет чувствительный элемент от сумматора и фиксирует на нем массу платформы с грузом. После разгрузки платформы давление в цилиндре падает, что приводит к уменьшению угла поворота выходного вала чувствительного элемента до значения, соответствующего массе порожней платформы. При возвращении платформы в исходное положение срабатывает замыкатель, который вновь соединяет чувствительный элемент с сумматором. При падении давления в цилиндре до нуля чувствительный элемент обратным поворотом своего вала сбрасывает с сумматора массу порожней платформы. Счетчик рейсов 6 через храповое колесо 7 соединен с поршнем 8. Емкость счетчика — четыре десятичных разряда. Погрешность взвешивания по 50 рейсам не превышает $\pm 3\%$.

Устройство, разработанное Днепропетровским горным институтом для автосамосвалов БелАЗ [11], основано на измерении усилий и деформаций в рессорах. Выходные сигналы от первичных преобразователей перемещений 1—4 (рис. 2.14), установленных параллельно каждому цилиндру пневмогидроподвески автосамосвала, суммируются на трансформаторе 5. При движении автосамосвала переменное напряжение тахогенератора 8 через усилитель 7 поступает на запоминающий трансформатор 6 и полностью размагничивает стирающую обмотку. После остановки автосамосвала переключается триггер Шмитта 9 и запускается импульсом ждущий мультивибратор 10, который включает ключ 11. При этом накопительный конденсатор 12, заряженный напряжением небаланса первичных преобразователей, разряжается через записывающую обмотку трансформатора 6, который намагничивается (запоминает уровень). Напряжение погрешности, поступающее на вход трансформатора 6 с трансформатора 5, практически снижается до нулевого уровня, от которого и растет выходное напряжение устройства, пропорциональное массе груза в кузове автосамосвала.

В Рудненском индустриальном институте совместно с ИГД МЧМ и НИИОГР в условиях ССГОКа разработана и испытана система, которая позволяет сигнализировать о полной загрузке автосамосвала у экскаватора, контролировать число рейсов, взвешивать массу груза и фиксировать его накопительным счетчиком.

Соленоид сигнальной системы *НА* (рис. 2.15) о загрузке автосамосвала срабатывает от датчиков *ВР1* и *ВР2*, встроенных в верхние полости правой и левой гидропневмоподвесок. Датчики представляют собой манометрические преобразователи дав-

ляемый контакт *KP* и давление масла в нагнетательном патрубке увеличивается. Через игольчатый вентиль, позволяющий регулировать степень демпфирования, и гибкий шланг давление передается на манометрический датчик-преобразователь, состоящий из осветителя *H3* и фоторезистора *BL*. Сигнал, полученный с *BL*, усиливается транзисторами *VT5* и *VT6*, в коллекторную цепь которых подключен электромеханический счетчик-накопитель *PC*. Отсчет массы происходит до определенного угла наклона платформы, который фиксируется магнитоуправляемым контактом *KM* (контакт положения платформы).

Сигнализация о загрузке автосамосвала срабатывает при достижении определенного давления в гидropодвесках, воздействующего на датчики *BP2* и *BP1*, контакты которых замыкаются, и сигнал выводится на индикацию устройств отображения *H1* и *H2*.

С выдержкой времени, определяемой сопротивлением резистора *R4*, емкостью конденсатора *C2* и коэффициентом усиления транзисторов *VT3* и *VT4*, срабатывает соленоид звукового сигнала *HA*, продолжительность звучания которого подбирается регулированием емкости конденсатора *C1* и сопротивления резистора *R3*.

В схему контроля учета числа рейсов входят датчик разгрузки *BP*, логический элемент И на транзисторе *VT1* и электромеханический счетчик *PC1*. База транзистора *VT1* соединена с минусом источника питания через резистор *R2*, сигнальные лампы *H1* и *H2* и магнитоуправляемые контакты датчика разгрузки *BP*. При поднятой платформе кузова замыкается контакт *BP*, открывается транзистор *VT1* и срабатывает электромеханический счетчик рейсов *PC1*.

Анализ достоинств и недостатков рассмотренных средств измерения массы в кузове автосамосвала показывает, что основным направлением совершенствования встроенных взвешивающих устройств является разработка к ним электрического выхода. Это позволит осуществить передачу информации о весе перевезенного груза за рейс на контрольные пункты, в которых производится регистрация прохождения автосамосвалов.

3. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ БУРЕНИЯ

3.1. ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ БУРЕНИЯ

В вопросах разработки и внедрения автоматизированной системы управления особое место отводится автоматизированному управлению бурением взрывных скважин. Управление процессами бурения предусматривается во всех АСУ ТП карьеров и сохранит свое значение для горного предприятия будущего.

Автоматизация процессов бурения позволяет повысить производительность буровых станков, увеличить объемы добываемого полезного ископаемого и снизить его себестоимость.

Режим работы бурового станка характеризуется значениями технологических параметров бурения. Буровой станок работает в условиях высокой неопределенности, вызванной чередованием горных пород различной крепости (буримости). Таким образом, при ручном управлении процессами бурения невозможно обеспечить оптимальность режима бурения.

При автоматизации процесса бурения возникает весьма сложная задача — выбор принципа управления режимами бурения. Известны различные принципы управления и оптимизации режимов бурения: с использованием модели бурения; с использованием модели бурения и поиском экстремума; с измерением производных; с идентификацией горных пород; с поиском экстремума; с беспойсковой экстремальной настройкой; с управлением по параметрам вибрации и др. Рассмотрим эти принципы.

Принцип управления режимами бурения на основе исходной модели бурения [18]. Этот принцип основан на допущении, что вид модели бурения остается неизменным, а изменяются лишь ее параметры.

Исходная модель может быть получена путем статистической обработки данных, полученных в процессе экспериментов или в режиме нормальной работы бурового станка. К преимуществам принципа относятся: простота аппаратной реализации и обеспечения устойчивости управляющих систем, высокое быстродействие и использование некоторых реализованных систем. Недостатки обусловлены жесткостью алгоритма управления, отсутствием учета ряда факторов (абразивности и трещиноватости пород, нестационарности массы бурового става), необходимостью большого объема предварительных исследований. Этот принцип имеет перспективу широкого и эффективного применения на практике.

Принцип регулирования режимов бурения в функции крепости пород используют при управлении шарошечными станками. Параметры бурения — осевая нагрузка G , частота вращения n и скорость бурения v_m изменяются согласно уравнениям [18]:

$$G = G_0 + af; \quad (3.1)$$

$$n = n_0 + b/f; \quad (3.2)$$

$$v_m = v_0 + c/f, \quad (3.3)$$

где G_0 , n_0 , v_0 — начальные осевая нагрузка, частота вращения, скорость бурения; a , b , c — постоянные коэффициенты, зависящие от буримых пород, типа долота и т. д.; f — коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова.

На рис. 3.1,а показаны графики уравнений (3.1) — (3.3). Задача оптимизации решается косвенным методом путем выбора

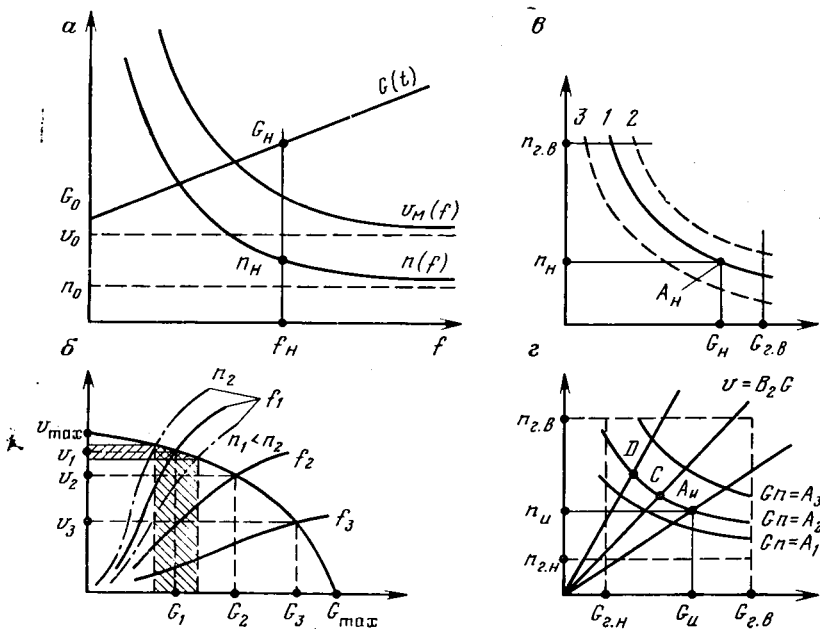


Рис. 3.1. Графики, иллюстрирующие принципы управления режимами бурения:

a — в функции крепости пород; *б* — с использованием внешней характеристики системы подачи; *в* — путем анализа на плоскости управляющих воздействий; *г* — $G\pi = \text{const}$

значений G_0 , n_0 , a , b , соответствующих минимальной себестоимости 1 м скважины.

Исходный режим бурения выбирается путем изменения первичных настроек управляющей системы в соответствии с технологической картой оптимальных режимов бурения. Например, если задана начальная крепость пород f_n , то задаются оптимальными значениями G_n и n_n начального режима бурения путем подбора параметров G_0 , n_0 . Затем настраивают параметры a и b в двух-трех различных породах путем настройки органов, влияющих на эти параметры.

Поскольку крепость породы не поддается прямому измерению, предложены модификации рассматриваемого принципа, в которых крепость оценивается по устанавливающимся осевым усилиям или скоростям подачи бурового инструмента.

Осевую нагрузку необходимо устанавливать обратно пропорционально скорости бурения, а частоту вращения бурового става — обратно пропорционально осевой нагрузке.

Связь между G и v_M практически реализуется (рис. 3.1, б) путем формирования требуемой скоростной характеристики системы подачи. Тогда каждой породе будут соответствовать равновесные осевые нагрузки и скорости подачи, а частота вра-

шения устанавливается с помощью нелинейного функционального преобразователя или с помощью простого усилительно-суммирующего звена. В одной и той же породе при различных частотах вращения, например в диапазоне $n_1—n_2$ (см. рис. 3.1, *б*), скорость бурения меняется (заштрихованная область), что ведет к изменению осевой нагрузки.

Изложенный принцип рассмотрим, применяя графический анализ на плоскости управляющих воздействий. Если система точно реализует алгоритмы (3.1)—(3.2), то траектория изображающей точки имеет вид гипербол 1, 2, 3 (рис. 3.1, *в*). Выбор конкретной траектории зависит от настроек системы в исходной породе. Например, если выбрана точка A_n , то при изменениях крепости породы изображающая точка будет описывать траекторию 1, форма которой зависит от настройки системы в различных породах. Если крепость пород или скорость бурения не изменяются, то изображающая точка остается неподвижной. После настройки системы выбор исходного и оптимального режимов бурения выполняется автоматически.

В США для управления шарошечным бурением широко применяется принцип, при котором произведение Gn постоянно. Исходная точка A_n (рис. 3.1, *г*) выбирается для конкретных пород, типа долота, глубины бурения и других показателей по критерию минимума стоимости 1 м скважины согласно рабочей программе бурения. Она может быть определена [18] как точка пересечения кривой $Gn=A$ и прямой $v=BG$, где A — постоянное число, кН·об/мин (например, 25 000, 20 000, 15 000 и т. д.); B — коэффициент, характеризующий зависимость скорости бурения от осевой нагрузки. Если порода известна, коэффициент B можно считать определенным. Тогда задача сводится к выбору кривой $Gn=A_i$, который рекомендуется делать по рабочей программе или по опыту бурения аналогичных соседних скважин. Допустим, выбрана кривая $Gn=A_2$. Если породы изменяются, то режимы бурения переходят по этой кривой в точки C , D и другие или обратно. Произведение Gn есть аналог мощности, расходуемой на бурение, поэтому данный принцип соответствует поддержанию постоянства затрат мощности, идущей на бурение, а изображающая точка описывает гиперболическую траекторию на плоскости управляющих воздействий.

Принципы управления режимами бурения на основе исходной модели и поиска. Эти принципы активно-пассивного типа используют наряду с моделью бурения элементы активного поиска экстремума двух типов: поиск методом стандартных режимов и экстремальный поиск по одному из переменных режимов бурения.

При поиске методом стандартных режимов (проб) выбирают стандартные значения технологических параметров бурения и исследуют процесс бурения на этих режимах в породах различной крепости. Методом статистического усреднения находят зависимость между крепостью и скоростью бурения и строят

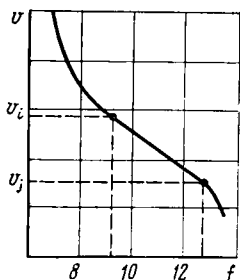


Рис. 3.2. График для определения крепости пород по скорости бурения

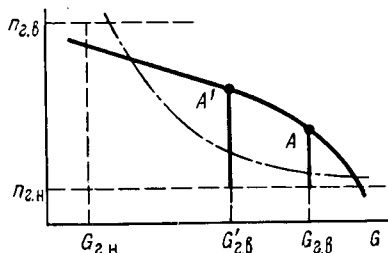


Рис. 3.3. Графики управления шарошечными станками по уровню вибрации

график (рис. 3.2), позволяющий быстро определить категорию породы по скорости бурения на стандартных режимах. После этого вручную или автоматически устанавливают оптимальные для данной породы по критерию себестоимости технологические параметры бурения.

Описываемый принцип реализуют в виде метода релейных переключений \leftarrow , программных переключений \leftarrow , функциональных задатчиков \leftarrow и вручную с помощью графиков функций $G(v_m)$, $n(v_m)$ или специальных шкал и указывающих приборов [18].

При экстремальном поиске режимов бурения используются априорная модель бурения с целью реализации некоторой оптимальной функциональной зависимости между технологическими параметрами бурения и специальный поиск частного экстремума скорости бурения, удельных энергозатрат или условного износа долота.

Принципы управления режимами бурения на основе поиска экстремума относятся к классу активных и не требуют построения исходной модели бурения, выполняя независимую оптимизацию технологических процессов. Они делятся на принципы прямой и косвенной оптимизации технологических параметров бурения.

Сущность принципов прямой оптимизации заключается в поиске естественного экстремума скорости бурения, удельных энергозатрат и других параметров в области допустимых значений технологических параметров бурения с применением известных методов многоканального экстремального поиска.

Принципы косвенной оптимизации заключаются в поисках искусственного или условного экстремума измеряемого показателя бурения, который с заданной точностью совпадает с естественным экстремумом неизменяемого показателя бурения. Последний обычно представляет собой обобщающий критерий типа себестоимости, производительности и качества.

Беспойсковые принципы экстремальной настройки режимов бурения позволяют определять экстремумы критериев оптималь-

ности без поиска на объекте. К ним относятся дифференциальные принципы настройки, применение эталонных моделей, использование корреляторов, самонастраивающихся моделей и т. д. [18, 23].

Принцип управления режимами бурения по параметрам вибрации [12] заключается в создании максимального давления на долото и в регулировании частоты вращения по уровню вибрации. Например, если уровень вибрации превышает заданный предел, то автоматически поступает команда на снижение частоты вращения. На рис. 3.3 показан график зависимости осевой нагрузки на долото от частоты вращения. Траектория изображающей точки на плоскости управляющих воздействий имеет вид прямой линии. При изменении частоты вращения изображающая точка, двигаясь по этой прямой, переводится в точку A (на границу допустимых вибраций). Если долото воспринимает максимальную осевую нагрузку $G'_{г.в.}$, то изображающая точка займет положение A' . При этом конкретный вид границы допустимых вибраций заранее не известен и зависит от крепости пород и других факторов, при изменении которых она будет перемещаться на плоскости управляющих воздействий.

Принципы программного управления режимами бурения основаны на учете переменных параметров и коррекции на этой основе выбираемых режимов. Большое значение эти принципы имеют для повышения эффективности беспоскоковых принципов управления, использующих априорную модель бурения. Возможность применения программного управления для выбора режимов бурения ограничивается трудностью предсказания (определения) чередования пород.

Принципы одноканального управления режимами бурения применяются в тех случаях, когда имеется возможность воздействовать только на одну из переменных режимов бурения. На плоскости управляющих воздействий траектория изображающей точки одноканальной системы имеет вид прямой, параллельной оси нагрузок или частот вращения (см. рис. 3.3).

3.2. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ БУРЕНИЯ

Рассмотрим наиболее распространенные отечественные, а также некоторые зарубежные системы автоматического регулирования и оптимизации процесса бурения шарошечными станками, установками ударно-вращательного и огневого бурения, построенные с использованием указанных в 3.1 принципов.

Системы управления шарошечными станками, использующие модель бурения, относятся к числу систем многосвязного регулирования и выполняют зависимую оптимизацию технологических параметров бурения на основе принципа регулирования в функции крепости пород.

вибраций состоит из датчиков вибраций *ДВЦ*, измеряющих амплитуду или ускорение вибрационных колебаний, и усилителя *У2*, посылающего сигнал на вход регулятора частоты вращения. Если параметры вибрации превышают допустимые значения, частота вращения снижается.

Защита от зашламования состоит из датчика давления воздуха *ДДВ* (подаваемого системой воздухообеспечения *СВО*), посылающего электрический сигнал через масштабный блок *МБ2* на вход системы подачи. Если давление воздуха p_v превышает допустимое значение, то скорость и усилие подачи уменьшаются, а частота вращения возрастает, что должно улучшить очистку скважины от шлама. В системе предусмотрена также автоматическая защита бурового станка от аварийных режимов. Диапазоны регулирования осевой нагрузки 0—300 кН, частоты вращения 30—250 об/мин. Скорость бурения возрастает на 20—40 %, а удельная энергоемкость снижается на 20—50 %.

Применение системы «Режим-2НМ» на станках 2СБШ-200Н позволило улучшить показатели бурения и обеспечить оперативную корректировку параметров режима в сложных условиях проходки скважины, защиту станка от вибрации и зашламования.

В результате дальнейшего совершенствования этой системы совместно с НИИОГРом, ВНИИЭлектроприводом, СКБ ИГД им. А. А. Скочинского применительно к новым буровым станкам 3СБШ-200Н была создана система «Режим-СВ» [8], основанная на применении вычислительного устройства для непрерывного определения критерия качества процесса бурения и оперативного использования вычислительного критерия для управления режимом бурения (рис. 3.5).

В состав системы входят: вычислительное устройство, собранное на трех множително-делительных блоках (*МД1*, *МД2*, *МД3*) и четырех усилителях (*У1*, *У2*, *У3*, *У4*); преобразователи напряжения *ПН1*, *ПН2* и преобразователи *ПДСБ*, *ПДН*, *ПДВ* сигналов датчиков соответственно частоты вращения n бурового инструмента, крутящего момента M , скорости бурения v (*ДСБ*), осевой нагрузки G (*ДН*), вибраций γ (*ДВ*); задатчики *ЗУ* и *ЗПР* углубления z бурового инструмента за один оборот его вращения и показателя K режима бурения; регуляторы *РСВ* и *РН* и усилители *У-РСВ*, *У-РН* частоты вращения бурового инструмента и осевой нагрузки на забой, а также датчики системы регулирования.

Сигнал, пропорциональный частоте вращения бурового инструмента n , через преобразователь подается на вход множително-делительного устройства. На второй вход *МД1* от датчика скорости бурения *ДСБ* подается сигнал, пропорциональный скорости бурения v .

На выходе устройства *МД1* вырабатывается сигнал z (линейно зависящий от текущего углубления бурового инструмента за один оборот его вращения), который поступает на вход *У1*

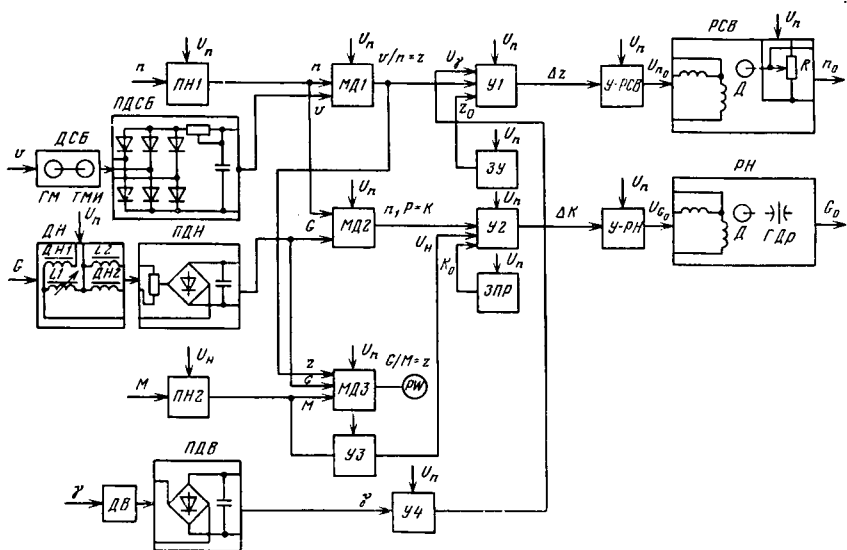


Рис. 35. Блочная структура многопрограммной адаптивной системы автоматического управления режимом бурения «Режим-СВ»

и сравнивается с задаваемым с помощью датчика значением оптимального углубления z_0 .

На третий вход $У1$ подается корректирующий сигнал γ от датчика вибрации через преобразователь и усилитель $У4$. На выходе усилителя $У1$ вырабатывается сигнал Δz , равный разности текущего значения углубления z и оптимального значения углубления бурового инструмента за один оборот его вращения, скорректированный по скорости вибрации v_T . Сигнал Δz подается на вход регулятора частоты вращения бурового инструмента n .

Сигнал, пропорциональный осевой нагрузке G , через преобразователь подается от датчиков нагрузки на вход $МД2$. На второй вход поступает сигнал, пропорциональный частоте вращения бурового инструмента. На выходе блока $МД2$ вырабатывается сигнал $nG = K$, линейно зависящий от произведения частоты вращения n на осевую нагрузку G , равный текущему значению показателя K режима бурения.

Сигнал K сравнивается на входе $У2$ с заданным оптимальным значением сигнала K_0 показателя режима бурения. На третий вход $У2$ от шунта якоря двигателя через преобразователь $У3$ подается корректирующий сигнал крутящего момента M . На выходе $У2$ вырабатывается сигнал ΔK , равный разности текущего значения показателя K и оптимального значения показателя K_0 режима бурения, скорректированный по крутящему моменту M двигателя вращателя. Сигнал ΔK подается на вход усилителя регулятора осевой нагрузки G .

Критерий эффективности режима бурения $G/M=z$ вычисляется устройством МДЗ, на входы которого подаются сигналы, пропорциональные текущим значениям крутящего момента M двигателя вращателя, осевой нагрузки G на буровой инструмент и его углубления z . Выход блока МДЗ соединен с показывающим прибором РВ.

Система работает следующим образом. Рукоятки задатчиков углубления z_0 и показателя режима бурения K_0 первоначально устанавливаются в средние положения. При этом вводятся задания U_n и U_d , соответствующие средним значениям n и G . При включении САУ автоматически устанавливаются частота вращения n двигателя вращателя и осевая нагрузка G на буровом инструменте, соответствующие установленным средним значениям $Z_{0.c}$ и $K_{0.c}$, после чего производится поиск оптимальных значений углубления Z_0 и показателя K_0 . Для этого с помощью задатчика показателя режима K_0 эта величина изменяется до максимального показания $G/M=z$ по вольтметру.

При неизменном значении показателя K_0 изменяют уставку z_0 с помощью задатчика углубления. Последовательным поиском K_0 и z_0 добиваются максимальных показаний прибора РВ, при которых K_0 и z_0 имеют оптимальные значения. После этого система автоматического управления работает автоматически без переключения и переналадок до тех пор, пока резко не изменится значение критерия эффективности бурения $G/M=z$, что контролируется прибором РВ. В этом случае необходимо повторить поиск значений уставок z_0 и K_0 . Повторение поиска этих величин требуется также при замене типа бурового инструмента.

Автоматизированный буровой станок ЗСБШ-200Н испытывался на вскрышных уступах разреза «Красногорский» производственного объединения «Кемеровуголь» по пластам, которые представлены породами с разнообразными механическими свойствами и коэффициентом крепости от 6 до 18 по шкале проф. М. М. Протодряконова. При испытаниях бурились скважины ша рошечными долотами ТП диаметром 215,9 и 244 мм с чередованием ручного и автоматического режимов управления. Во время бурения замерялись параметры процесса с записью на диаграммную ленту самопишущего прибора.

Основным преимуществом системы автоматического управления «Режим-СВ» является наличие многопрограммного вычислительного устройства для непрерывного оперативного получения критерия эффективности бурения и немедленного использования этого критерия для регулирования параметров процесса. Система управления имеет выбор необходимых критериев эффективности, один из которых, наиболее выгодный для данных условий, может выбрать оператор в любой момент работы станка. Система «Режим-СВ» позволяет осуществлять ручной выход на экстремум выбранного критерия и автоматический — с помощью экстремального регулятора. Поиск экстремума вручную или ав-

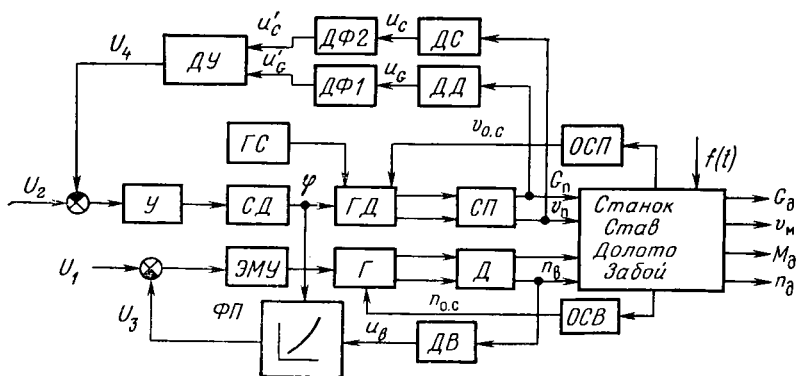


Рис. 3.6. Функциональная схема системы управления режимами бурения с измерением производных

томатически может осуществляться по нескольким стратегиям, выбираемым по выгодности той или иной стратегии в данный момент и в данных условиях. Система автоматического управления «Режим-СВ» обладает свойствами самонастройки, а ее применение обеспечивает однозначность решения при минимуме вводимых уставок.

Система управления с измерением производных разработана в ИГД АН КазССР [18]. Канал управления усилием подачи состоит (рис. 3.6) из датчиков скорости ДС и давления ДД, дифференцирующих устройств ДФ1 и ДФ2, делительного устройства ДУ, усилителя У и серводвигателя СД. В канале управления вращением имеются датчик частоты вращения ДВ; функциональный преобразователь ФП и система электромашинный усилитель — генератор — двигатель ЭМУ—Г—Д. Для поиска оптимального усилия подачи системе задается сигнал U_2 , с которым сравнивается сигнал U_4 , пропорциональный dv/dG . Если $U_4 = U_2$, то усилие подачи согласно принятой технологической карте находится в зоне оптимальности, так как производная равна заданному значению. В канале управления вращением с увеличением сигнала φ и нагрузки G возрастает сигнал U_3 , вычитаемый из уставки U_1 , что приводит к уменьшению n_b . С уменьшением G будет происходить увеличение n_b . Система является одноуровневой: стабилизация осевой нагрузки G и частоты вращения n_b отсутствует. Недостатки связаны с наличием серводвигателя, уменьшающего устойчивость и быстродействие системы, с трудностями дифференцирования малых скоростей бурения и чувствительностью дифференцирующих устройств к высокочастотным помехам. Тем не менее система позволяет выяснить область эффективного использования производных для управления объектом и коррекции систем. Промышленные испытания дали положительные результаты. Совместно с системой применяется экстремальный регулятор с запоминанием экс-

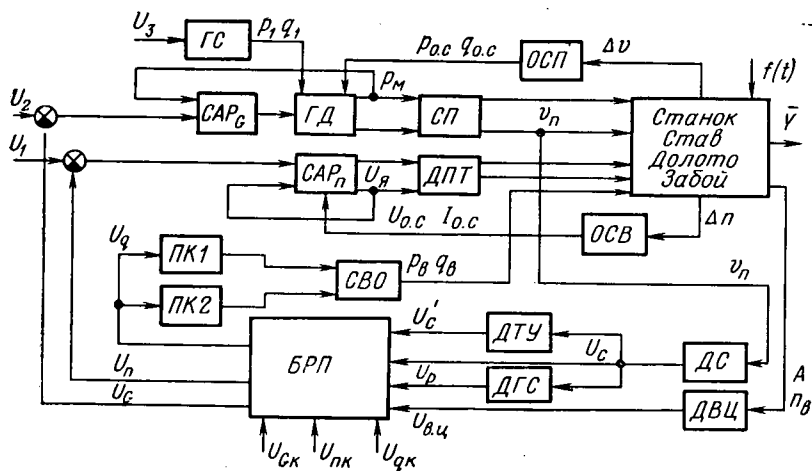


Рис. 3.7. Функциональная схема системы управления режимами бурения с идентификацией породы

тремума, управляющий количеством воды, подаваемой в скважину.

Система с идентификацией породы, разработанная Свердловским горным институтом [18], состоит из двух систем автоматического регулирования нижнего уровня нагрузки $САР_G$ и частоты вращения $САР_n$ (рис. 3.7), блока релейных переключений $БРП$, приводов компрессоров $ПК1$ и $ПК2$, системы воздухообеспечения $СВО$, датчиков ускорений $ДТУ$, глубины скважины $ДГС$, скорости бурения $ДС$ и вибраций $ДВЦ$. Сигнал U_c , пропорциональный скорости подачи при эталонных значениях технологических параметров бурения (ТПБ), соответствующих контрольным уставкам $U_{Гк}$, $U_{пк}$, $U_{qк}$, подается в $БРП$, где каждому дискретному уровню скорости соответствует определенное положение релейных элементов, осуществляющих подачу в $САР$ и $ПК$ оптимальных для буримой породы задающих воздействий U_{G0} , U_{n0} , U_{q0} . В соответствии с ними $САР$ и $ПК$ устанавливают и поддерживают оптимальные ТПБ до тех пор, пока ускорение dv/dt и сигнал U'_c не превысят определенные пределы, что свидетельствует о резком изменении условий бурения. Тогда снова проводится автоматически процедура идентификации и устанавливаются оптимальные значения ТПБ в соответствии с новым уровнем скорости бурения. Предусмотрена коррекция ТПБ по уровню вибрации и глубине скважины, использующая сигналы с датчиков $ДВЦ$ и $ДГС$. Если вибрация превышает заданный порог, то G и n снижаются. С увеличением глубины скважины корректируются давление и расход сжатого воздуха, подаваемого $СВО$. Система реализует принцип метода статической идентификации.

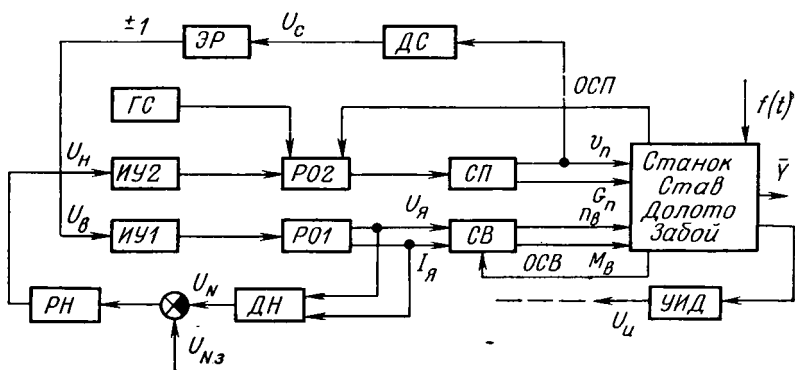


Рис. 3.8. Функциональная схема системы экстремального управления с поддержанием постоянной мощности

Система с поиском экстремума при постоянной мощности привода, разработанная Свердловским горным институтом [18], осуществляет поиск экстремума — максимума скорости бурения, минимума удельных энергозатрат или минимума износа долота при постоянной мощности привода вращателя. Она состоит из датчика скорости подачи ДС (рис. 3.8), экстремального одноканального регулятора ЭР, исполнительного устройства ИУ1, регулирующего органа РО1, датчика нагрузки ДН, регулятора нагрузки РН, исполнительного устройства ИУ2 и исполнительного органа РО2. Вместо ДС можно устанавливать датчик удельных затрат электроэнергии или датчик интенсивности условного износа долота УИД. Экстремальный регулятор изменяет задание ИУ1 и частоту вращения бурового става.

Если сигнал U_c датчика ДС увеличивается, то регулятор ЭР продолжает изменять n_b в ту же сторону, если уменьшается, то ЭР реверсирует выходной сигнал U_b . Оптимизация по удельным затратам электроэнергии или условному износу долота выполняется аналогично, но реверс U_b производится, когда измеряемый сигнал, например U_n , начинает увеличиваться. При наличии датчика УИД отыскивается минимум коэффициента относительного или условного износа долота [18]. Одноканальный регулятор ЭР в данной системе работает совместно с системой стабилизации мощности N в системе вращения СВ. Сигнал U_N сравнивается с уставкой U_{N3} и напряжение рассогласования подается в регулятор нагрузки РН, который, изменяя сигнал U_n , увеличивает или уменьшает осевую нагрузку, а через него — момент нагрузки и ток якоря и восстанавливает мощность привода N на заданном уровне.

Система прошла промышленные испытания. Вариант системы, работающий на максимум скорости бурения, в условиях Новобакальского карьера показал увеличение скорости бурения на 20 %.

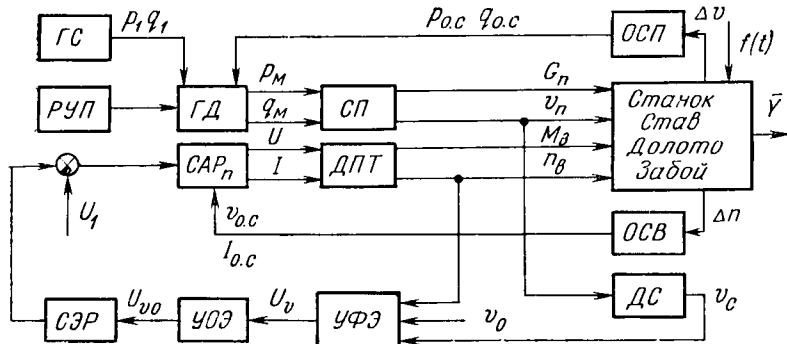


Рис. 3.9. Функциональная схема экстремального управления станком шарошечного бурения

Система экстремального управления шарошечными станками, предложенная НИИОГР и СГИ [18], содержит: устройство формирования экстремума УФЭ (рис. 3.9), устройство для обострения экстремума УОЭ и систему экстремального регулирования СЭР. Осевая нагрузка регулируется за счет «внешней характеристики» системы подачи СП. Управление частотой вращения n_b выполняется на двух уровнях: стабилизацию осуществляет система автоматического регулирования САР, а оптимизация ведется с помощью системы экстремального регулирования СЭР. Задающее воздействие U_b выбирается системой экстремального регулирования, настраивающей величину n_b на частный искусственный экстремум скорости бурения, который образуется методом формирования в устройстве УФЭ. Сигнал U_b , имеющий искусственный экстремум при заранее неизвестном значении n_b , подается в УОЭ, где возводится в степень. Получается сигнал U_{vo} , имеющий четкий фиктивный экстремум, тогда как сигнал U_c при шарошечном бурении лишен экстремума. В связи с саморегулированием усилия подачи увеличение n_b будет приводить к уменьшению G_n . Достоинство этой системы заключается в применении методов искусственного формирования экстремума, впервые использованных в САУ шарошечного станка.

Система управления режимами бурения по параметрам вибрации, разработанная Свердловским горным институтом совместно с комбинатом «Ураласбест» [18], состоит из датчика вибрации ДВЦ (рис. 3.10), преобразовательно-усилительного устройства ПУ1, электромашинного усилителя ЭМУ, датчика тока ДТ, элемента сравнения, преобразовательно-усилительного устройства ПУ2 и исполнительного устройства ИУ. Датчик вибрации ДВЦ (ВБП-3, полоса пропускания частот 3,5—100 с⁻¹) с погрешностью 2—5% измеряет виброскорость и посылает сигнал в ПУ1. С выхода ПУ1 снимается сигнал $U_{в.ц.}$, который подается на одну из обмоток управления ЭМУ. На другую встречно подается задающее воздействие U_1 .

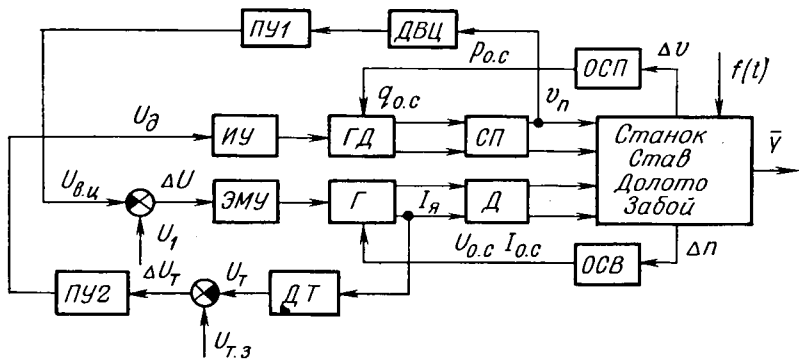


Рис. 3.10. Функциональная схема системы управления по вибрации

Если $U_{в.ц} > U_1$, то ΔU отрицательно и n_b начнет уменьшаться до выполнения условия $\Delta U \approx 0$ (в пределах нечувствительности и статической ошибки). Если $U_{в.ц} < U_1$ (вибрация меньше допустимой), то ΔU положительно и n_b возрастает. Канал управления осевой нагрузкой поддерживает заданный ток якоря. Если сигнал U_T больше уставки $U_{T.з}$, то возникает рассогласование ΔU_T . Оно подается в ПУ2 («Амплитудный анализатор»), а с его выхода на вход ИУ подается сигнал U_d . Серводвигатель ИУ обрабатывает угол поворота и перемещает гидродроссель ГД в новое положение, прикрывая сливное отверстие. При этом противодавление увеличивается и G_n уменьшается. Равновесие наступает при $\Delta U_T = 0$. Если $U_T < U_{T.з}$, то G_n будет увеличиваться до восстановления равновесия. Для частичной развязки каналов введена зона нечувствительности. Подвижные контакты образуют «вилку», ширина которой пропорциональна рассогласованию ΔU_T . Один контакт обеспечивает включение ИУ, а другой — его останов. Пока «выбирается» зазор, гидродроссель остается неподвижным, САУ уменьшает n_b , уходя от повышенной вибрации, а G_n остается неизменным. Затем начнется уменьшение G_n . Система испытана на станке 2СБШ-200 на карьере Качканарского горно-обогатительного комбината и оказалась работоспособной.

Система управления ударно-вращательным бурением [18] состоит из шаговой системы экстремального регулирования СЭР (рис. 3.11), исполнительного устройства ИУ, функционального преобразователя ФП, датчика проходки ДП и устройства выбора экстремума УВЭ. На исполнительное устройство ИУ подаются импульсы сигнала управления U_3 , полярность которого определяется направлением на экстремум. Если подан сигнал $+U_3$, который увеличивает на шаг уставку U_1 в системе вращения СВ, то n увеличивается на один шаг Δn , значение которого изменяется по мере приближения к экстремуму. Сигнал U_1 подается также на функциональный преобразователь ФП, который вырабатывает сигнал U_2 , являющийся пара-

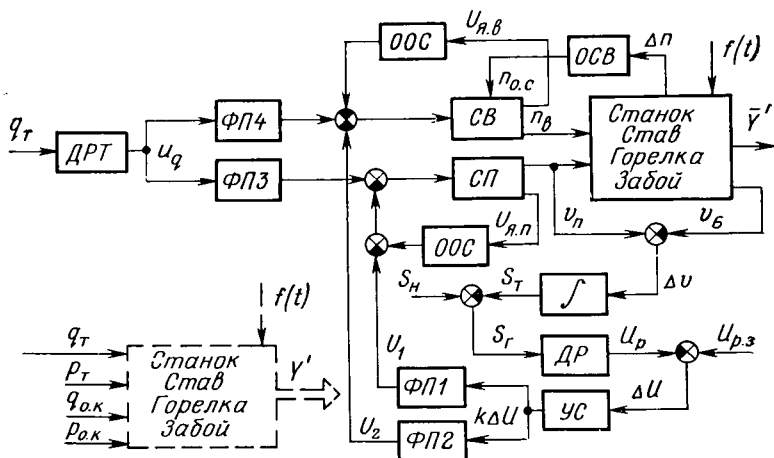


Рис. 3.12. Функциональная схема системы автоматического управления огневым бурением вращательного действия

чальное расстояние S_n . В процессе бурения скорость подачи отличается от скорости подвигания забоя v_6 . Рассогласование Δv приводит к появлению интеграла S_T и к изменению расстояния S_r , поскольку $S_r = S_n \pm S_T$. Расстояние S_r измеряется датчиком ДР, его выходной сигнал U_p сравнивается с уставкой $U_{p,з}$, приращение ΔU подается на усилитель УС, а с его выхода на ФП1 и ФП2, выходные сигналы которых U_1 и U_2 , пропорциональные ΔU , служат уставками систем подачи СП и вращения СВ. Если расстояние горелки от забоя выше заданного, то скорости подачи и вращения увеличиваются. При уменьшении S_r скорость подачи и частота вращения уменьшаются. Приводы подачи и вращения выполнены по схеме ЭМУ—Д и охвачены обратными связями ООС по напряжению якоря. В системе предусмотрена коррекция по расходу топлива, при увеличении которого v_n и n_b возрастают, а при уменьшении — снижаются. Основная проблема заключается в разработке метода измерения расстояния горелка — забой. Она решена лишь частично.

Перспективными САУ для огневого бурения следует признать автоматические оптимизаторы экстремального типа.

Автоматические оптимизаторы режима бурения. К ним относятся системы, в основе которых лежит поиск или беспоисковая настройка на экстремум оперативно измеряемого показателя скорости бурения и т. п. Наиболее трудным для автоматических оптимизаторов (АО) объектом является линейный, когда измеряемый параметр бурения имеет линейные зависимости от технологических параметров бурения (например, при шнековом бурении мягких пород). В этом случае можно рассчитывать лишь на условный экстремум и, если он дрейфует вдоль линий ограничений, целесообразно применять автоматические оптими-

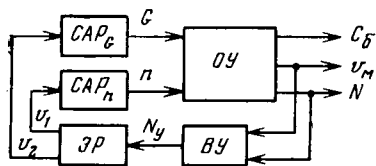


Рис. 3.13. Функциональная схема системы экстремального управления буровыми машинами

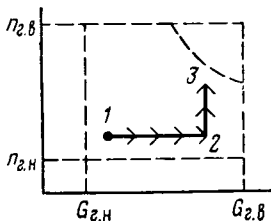


Рис. 3.14. Графики управления при использовании метода поочередного поиска оптимума режима бурения

заторы. Опыт показывает, что условный дрейфующий экстремум существует при любых видах бурения. Поэтому АО представляет собой универсальное управляющее устройство. Важная особенность АО — его свойство подтверждать наличие оптимума, поскольку при его отсутствии АО теряет устойчивость.

В качестве примера системы независимой оптимизации можно привести систему управления буровыми машинами вращательного действия. Эта система [18] состоит из вычислительного устройства ВУ (рис. 3.13), экстремального шагового регулятора ЭР и систем регулирования САР_G и САР_n, стабилизирующих уставки G и n. Измеряя мощность и скорость бурения, ВУ определяет удельные затраты электроэнергии на 1 м скважины N_y и производит поиск их экстремума поочередным методом (рис. 3.14). Пусть сначала определяется оптимальное значение G. После определения частного экстремума N_y вдоль траектории изображающей точки ЭР отключает канал G и подключает канал вращения. Поиск минимума N_y по n производится аналогично. Затем снова подключается канал G и т. д. Поиск заканчивается выходом в область полного экстремума N_y. Следовательно, АО теоретически выполняет принцип прямой оптимизации, но реализован был лишь как одноканальный, с поиском по n. Правильнее создавать многоканальные автоматические оптимизаторы.

Двухканальная система управления буровыми станками, разработанная в Свердловском горном институте [18], состоит из устройства вычисления коэффициента интенсивности износа долота, шагового экстремального регулятора, блока управления и двух исполнительных устройств. Она осуществляет поочередный двухканальный поиск оптимальных значений G и n, соответствующих минимуму относительного или условного износов долота. Система является одним из наиболее интересных предложений в области оптимизации бурения и реализует принцип прямой оптимизации.

Многоканальная система управления буровыми станками разработана в Сибирском металлургическом институте и предназначена для реализации принципа косвенной оптимизации

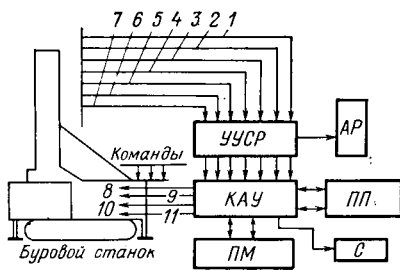


Рис. 3.15. Функциональная схема системы управления компании «Бьюсайрус-Ири»

состоит из центральной части — контура аппаратного управления КАУ (рис. 3.15), устройства УУСР усиления и следящего регулирования (серворегулирования), пульта машиниста ПМ, пульта помощника ПП, многоканального аналогового регистратора АР и звукового сигнализатора — сирены С. По семи переменным заводятся обратные связи: по току двигателя 1, давлению воздуха 2, частоте вращения 3, скорости подачи 4, осевой нагрузке 5, уровню вибрации 6 и глубине скважины 7. Измерение производится датчиками и преобразователями. Панель машиниста соединяет воедино работу оператора и системы. Контроль переменных позволяет выработать задающие и управляющие воздействия по скорости (усилию) подачи 8, частоте вращения 9, интенсивности продувки 10 и расходу воды 11. Этот набор считается базовым.

Усилие подачи устанавливается на максимальное значение из условий проходки самых крепких пород с учетом допустимой нагрузки на долото. Электрогидравлический сервозолотник регулирует поток масла гидродвигателя цепной системы подачи. Если превышает заданный предел, скорость подачи уменьшается и снижает осевую нагрузку, которая, кроме того, корректируется по состоянию продувки скважины, уровню вибрации и нагрузке на двигатель вращателя. Частота вращения долота устанавливается так, чтобы получить высокую производительность без потери работоспособности долота, или увеличить проходку на долото без потери заданной производительности. Регулирование выполняется с помощью электрогидравлического регулятора воздействием на генератор системы Г—Д и изменением режима работы двигателя в соответствии с указанными критериями. Выбор критерия требует проведения сравнительного эксперимента. При изменении пород частота вращения стремится уменьшиться (увеличиться), но сигналы обратной связи подаются на пульт машиниста для ее увеличения (снижения).

В системе предусмотрены контуры защиты: по вибрации, току нагрузки, от зашламования. Если горизонтальная составляющая вибрации превышает заданный предел, то автоматически

технологических параметров бурения. Практически был осуществлен трехканальный вариант системы.

За рубежом (в США, Японии, Швеции, Канаде) разработаны различные системы автоматического управления режимами бурения. Ниже приводится краткое описание нескольких наиболее распространенных систем управления режимами бурения.

Система управления компании «Бьюсайрус-Ири» [21, 22]

снижается частота вращения. В случае повышенной вертикальной вибрации автоматически снижаются скорость подачи и частота вращения. Через некоторый промежуток времени система пытается вернуться к прежним технологическим параметрам бурения. Если это окажется невозможным, то машина останавливается, а оператору подается сигнал. При перегрузке двигателя по току подается сигнал в систему подачи и осевая нагрузка снижается. Если будет превышен верхний предел давления воздуха (зашламование долота), то подается сигнал на сервозолотник и нагрузка подачи снижается, снижается или выключается впрыскивание воды в смесь. Если зашламование будет самоустранено, то осевая нагрузка автоматически восстанавливается, а подачу воды восстанавливает оператор, одновременно возвращая в исходное положение оповестительное устройство.

Система относится к нижнему уровню, поскольку автоматическая оптимизация не предусмотрена. По мнению специалистов компании, оптимизация параметров бурения на максимальной производительности при минимальной стоимости 1 м скважины может быть получена только при хорошем звене связи и управления между буровым станком, оператором и горным надзором. Полагают, что достичь этого можно с помощью цифровой ЭВМ, способной накапливать данные, которая может быть установлена непосредственно на буровом станке. Высокая чувствительность и быстрота реакций системы позволяют не опасаться аварийных ситуаций, снимают заботу о перегрузках и повышенном износе долота.

Буровой цикл выполняется автоматически, начиная от забуривания и кончая извлечением инструмента из скважины по достижении заданной глубины. Инструмент приподнимается для бурения новой скважины. В процессе забуривания применяются пониженные скорости подачи. Переход к бурению происходит автоматически на заданной глубине. В случае забуривания в рыхлых отложениях увеличивается количество воды в смеси, что способствует скреплению стенок скважины. Окончание бурения скважины производится автоматически с подсушиванием ее путем отключения воды. В течение цикла бурения сигнальные световые устройства извещают оператора о потенциальных неисправностях и аварийных ситуациях. В случае угрозы аварии подается сигнал и включаются устройства останова. Оператору не разрешается вскрывать систему, и в этом смысле она является для него «черным ящиком». Подготовка станка и системы к бурению в автоматическом режиме заключается в установке задаваемой глубины бурения и расхода воды в смесь и возврате оповестительного устройства в исходное положение. С применением системы буровой цикл протекает более спокойно, уменьшаются затраты на поддержание оборудования и стоимость ремонтов.

В информационном плане система обеспечивает выдачу информации на указывающие аналоговые приборы по семи кана-

лам: скорости, усилию подачи и т. д. Имеется многоканальный регистрирующий прибор, выдающий графики контролируемых параметров. Система выполнена на элементной базе современной электроники, имеет агрегатное исполнение и блочный монтаж с использованием некоторых блоков по функциональному принципу «вход — выход». Агрегатированные блоки устанавливаются дистанционно и имеют кабельную связь с объектом и между собой.

Система компании «Гарднер — Денвер» [21, 22] — аппаратная, программированного и позиционного управления — состоит из обязательного комплекта и шести дополнительных заказных блоков, выбираемых для конкретных условий. Основой системы служит главное аппаратное управляющее устройство, которое автоматически поддерживает и ограничивает осевую нагрузку на фиксированном максимуме и продублировано системой ручного управления. В стандартной компоновке системы содержится также регулятор тока якоря, снижающий частоту вращения двигателя подачи при перегрузках двигателя вращателя (схема Г—Д). Если перегрузка исчезает, то регулятор восстанавливает режим подачи.

При использовании системы оператор лишь наблюдает за поведением машины и ходом бурения. После достижения заданной глубины скважины подача выключается и дается сигнал оператору. Станки этой компании снабжаются также системой контроля: датчиками скорости бурения (импульсного типа), давления в гидросистеме, скорости вращения; датчиком ходовой части, работающим при перемещении станка; самопишущими приборами, регистрирующими на ленточных диаграммах осевую нагрузку на забой, частоту вращения, скорость бурения и время передвижения. Все блоки систем размещаются в кабине машиниста.

Система компании «Марион» [21, 22] управляет усилием подачи, давлением воздуха и крутящим моментом вращателя. Считают, что другие переменные не оказывают существенного влияния на «жизнь» долота и их автоматизация лишь увеличила бы стоимость и эксплуатационные расходы.

Электронная система управления воздействует на маслонасосы, обеспечивая автоматическое или ручное управление скоростью и направлением вращения двигателей цепной подачи. При автоматическом режиме, если хотя бы одно ограничение по давлению в системе подачи, давлению воздуха и току привода превышено, то операторское управление автоматически отключается и передается целиком системе управления. Изменяя скорость подачи, система ликвидирует нарушения, чтобы ни один из трех технологических параметров бурения не выходил за установленные пределы. Уставки вводит оператор с помощью циферблатных задатчиков исходя из оценки буримости пород, работоспособности долота, желаемой производительности бурения. Опытный оператор может изменять уставки в процессе бу-

рения, приспособлявая систему к изменяющимся условиям для достижения более высокого результата.

Защита по давлению воздуха работает следующим образом. Допустим, на долоте образуется грязевой воротник и давление воздуха достигает верхнего предела. Сигнал с датчика давления воздуха преобразуется в команду, которая воздействует на систему подачи, замедляя ее до полной остановки. Если в течение заданного интервала времени долото не очистится, то система включает подъем долота из забоя до восстановления нормального давления или до упора в конечный выключатель. Тогда станок отключится от сети и потребуются вмешательство оператора.

3.3. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ БУРЕНИЯ

В настоящее время, несмотря на достигнутые некоторые успехи в автоматизации процесса бурения, многие вопросы все еще остаются нерешенными. Например, выбор этапов, уровней и подсистем автоматизации; экономические обоснования и оценка целесообразности разработки определенных типов систем; задача развития элементной базы; синтез и анализ систем и т. п. К нерешенным проблемам относится также создание единой научно обоснованной теории развития систем и методов управления буровыми станками.

Исходя из анализа результатов использования существующих систем автоматического регулирования и управления режимами бурения и учитывая аспекты дальнейшего развития буровой техники, можно выделить следующие основные требования, предъявляемые к системам автоматизации буровых процессов. Система должна:

- поддерживать технологические параметры бурения неизменными при постоянных задающих воздействиях (задача стабилизации) и изменять задающие или управляющие воздействия согласно заданному критерию (задача оптимизации технологических параметров бурения);

- допускать оптимизацию технологических параметров бурения по нескольким критериям;

- выполнять функции защиты от чрезмерного возрастания крутящего момента, резкого изменения скорости бурения, повышенной вибрации, значительных нарушений режима очистки забоя; иметь блочный и агрегатный принцип построения для возможности изменения структуры;

- предусматривать быструю замену отказавших блоков;

- строиться в основном на микроэлектронной базе, не содержать скользящих контактов и подвижных частей;

- предусматривать устройства связи с системами высокого иерархического уровня (УВМ и АСУП);

иметь блоки программного управления и цифровые регуляторы для учета нестационарной массы става, износа долота и т. п. и автоматизации большинства логических операций.

Таким образом, вопросы автоматизации и оптимизации работы буровых станков являются одной из наиболее важных научно-технических проблем. Решение этой проблемы, по нашему мнению, должно идти по пути дальнейшего развития средств оптимизации буровых процессов.

На ближайшее будущее [18] можно ожидать следующие направления развития оптимизации: адаптивное управление с изменяемой априорной моделью бурения, адаптивной поднастройкой параметров функциональных преобразователей на основе текущей информации и управление с применением адаптивных моделей бурения, полученных в основном непосредственно в процессе бурения. В связи с этим возможны следующие этапы развития систем автоматизированного управления буровыми процессами.

1. Внедрение серийных пропорциональных, пропорционально-интегральных и пропорционально-интегрально-дифференциальных регуляторов для выполнения задач поддержания заданных режимов бурения. Разработка и широкое внедрение блоков защиты по моменту, скорости подачи, от зашламования и т. д. Разработка и внедрение блоков программного управления проведением скважины. Включение локальных систем в АСУ ТП карьеров и рудников (через операторов).

2. Разработка и внедрение систем с идентификацией свойств звена долото — забой на основе эталонного режима и априорной модели, систем с экстремальной настройкой технологических параметров бурения по минимуму условного и относительного износа долота, автоматических многоканальных оптимизаторов с независимой прямой и косвенной оптимизацией на основе текущей модели бурения. Разработка принципов автоматической связи локальных систем с АСУ ТП карьеров.

3. Разработка и внедрение систем управления, основанных на применении УВМ, микро-ЭВМ, алгоритмов адаптации локальных систем с помощью коррекции от УВМ в многоуровневых системах. Разработка систем прямого числового управления от УВМ. Реализация систем с самонастраивающимися эталонными моделями, с идентификатором и обучением модели бурения. Разработка принципиально новых алгоритмов управления, учитывающих возможности ЭВМ. Создание интегрированных АСУ ТП и интегрированных АСУ карьеров, включающих управление буровзрывными работами как подсистему.

Создание локальных оптимизаторов должно стать составной частью разработки комплексов технических средств управления, в том числе буровыми станками. В составе таких комплексов необходимо предусмотреть блоки с числовым программным управлением (ЧПУ), возложив на них основные задачи программно-позиционного управления логическими вспомогательными

операциями. Оптимизатор на базе микро-ЭВМ и блоков с ЧПУ позволит решить практически все основные задачи управления и оптимизации режимов бурения.

4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЕМ И КОМПЛЕКСАМИ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

4.1. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОДНОКОВШОВЫМИ ЭКСКАВАТОРАМИ

Одноковшовый экскаватор является универсальной машиной, способной выполнять работы в сложных горно-геологических условиях. На карьерах применяются в основном прямая лопата и драглайн. Последовательность выполнения операций, органы и приемы управления, методы и средства контроля производственной ситуации для обеих машин близки, поэтому основные принципы автоматизации управления ими имеют незначительные отличия.

Автоматизация управления рабочим процессом одноковшового экскаватора связана с принципиальными и техническими трудностями, поскольку рабочий процесс экскаватора характеризуется большой неопределенностью производственной ситуации. Известно, что наиболее эффективна и легче осуществима автоматизация процессов с высокой повторяемостью производственной ситуации. Поэтому достоинства одноковшового экскаватора (универсальность и приспособляемость к изменению условий работы) в отношении его автоматизации представляются как недостатки. Ведь система управления, которой оборудуется экскаватор, должна обладать такой же приспособляемостью к изменению производственной ситуации, как и сама машина. Высокая адаптация машиниста экскаватора, как звена управляющей системы, объясняется прежде всего широкими адаптационными возможностями человека.

Анализ управления одноковшовым экскаватором показывает, что логика управления им очень сложна, количество используемой информации велико, а технические средства получения этой информации (например, аналог зрительного анализатора) в настоящее время отсутствуют. Поэтому полное отстранение человека от управления современным одноковшовым экскаватором неосуществимо. Следовательно, автоматизация одноковшового экскаватора должна быть направлена не на отстранение человека от управления, а на улучшение функционирования системы управления, включающей человека, расширение ее функциональных возможностей и улучшение качественных показателей. Необходимо создавать комбинированные системы управления, сочетающие достоинства человека-оператора и автоматических устройств [2].

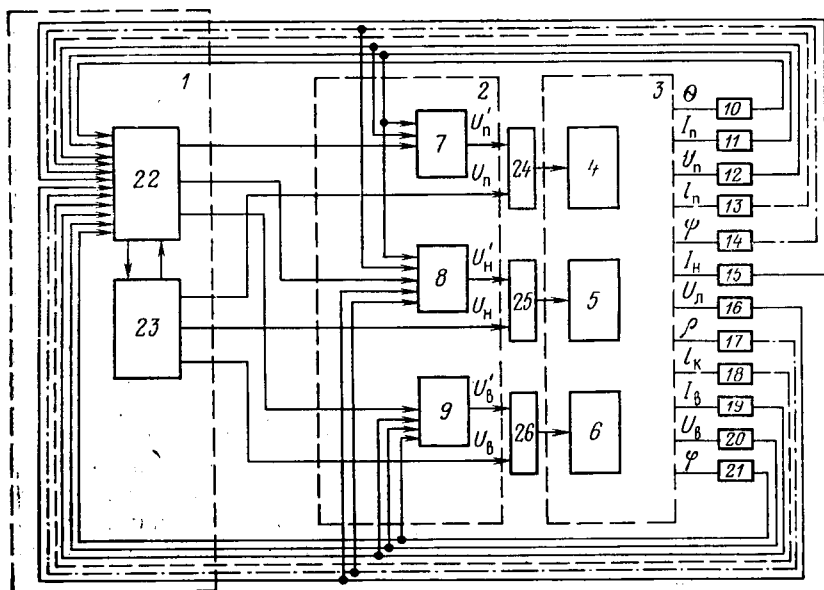


Рис. 4.1. Упрощенная схема двухступенчатой системы управления экскаватором:

1 — верхний уровень управления; 2 — нижний уровень управления; 3 — объект управления; 4—6 — приводы подъема, напора (тяги) и поворота экскаватора включая усилительно-преобразовательные части систем управления; 7—9 — системы управления приводами подъема, напора (тяги), поворота экскаватора; 10—21 — измерители параметров объекта с фильтрами и устройствами масштабирования; 22 — управляющая вычислительная машина с устройством индикации контролируемых параметров; 23 — машинист экскаватора; 24—26 — ключи выбора режимов; U'_n , U_n , U'_b , U_b , U'_ψ , U_ψ , U'_ρ — напряжения, пропорциональные заданию скорости вращения приводов подъема, напора (тяги), поворота

Такие системы основаны на иерархическом принципе с двумя уровнями управления. На верхнем уровне управления машинист осуществляет формирование и контроль выполнения программы работы электроприводов экскаватора, а также непосредственное управление основными приводами на отдельных участках рабочего процесса. Нижний уровень включает локальные системы управления основными приводами экскаватора, которые работают по заданиям и программам верхнего уровня на тех участках рабочего процесса, где требуется выполнение достаточно точных и быстрых управляющих воздействий и где все разнообразие производственных ситуаций может быть учтено программой работы, задаваемой верхним уровнем.

Упрощенная структурная схема двухступенчатой системы управления экскаватором показана на рис. 4.1. Штриховые линии относятся только к драглайнам, штрихпунктирные — только к прямым лопатам, сплошные — общие для обоих типов экскаваторов.

На верхнем уровне управления 1 формируются задающие воздействия и программы движения всех механизмов объекта управления 3 при выполнении отдельных операций, поступающие на входы автоматических систем управления электроприводами, задается порядок работы этих систем, контролируется отработка заданий и корректируются путем прямых управляющих воздействий на приводы механизмов выходные переменные процесса. При выполнении операций копания на верхнем уровне с помощью управляющей вычислительной машины 22 определяются и передаются на входы систем управления приводами подъема и напора (тяги) программы движения этих механизмов во всех фазах копания, начальные и конечные координаты фаз копания и др. При выполнении процесса транспортирования определяются лимитирующая операция, программа движения всех механизмов, обеспечивающая максимальное быстродействие по лимитирующей операции, координаты начала торможения и др. Так как некоторые операции экскаватора характеризуются большой повторяемостью, то программа движений механизмов в этих операциях может осуществляться путем прогнозирования. Так, например, при транспортировании программа движения механизмов может быть составлена на основе записи этих движений в предыдущих циклах (в простейшем случае — в последнем цикле). Поскольку в каждом цикле начальная и конечная точки движения ковша смещены, то, если смещение лежит в некоторой наперед заданной области, программа может предусматривать или начальный выход на предыдущую траекторию, или экстраполировать достаточно близкую к ней новую траекторию.

Контроль выполнения программы и корректировка траекторий движения всех механизмов, особенно в начальных и конечных стадиях, принадлежат машинисту 23 и останутся за ним при любом уровне автоматизации современного экскаватора. Такая корректировка должна производиться машинистом путем прямого воздействия на командоаппараты управления экскаватором. Машинист должен осуществлять также выбор алгоритмов и программ управления, оперативный ввод рабочей информации. Условия, способы и технические средства взаимодействия машиниста экскаватора и машинной части системы управления относятся к важнейшим вопросам создания автоматизированной системы управления экскаватором, которые еще необходимо решить.

Нижний уровень управления 2 содержит части систем управления основными приводами экскаватора 7—9, формирующие сигналы управления, пропорциональные требуемой скорости вращения приводов на основе программы верхнего уровня и информации о состоянии объекта. Такое выделение части системы управления электроприводом является условным (в состав звеньев 4—6 также входят элементы системы управления 10—21) и принято для того, чтобы отразить возможность непосредственной корректировки скорости каждого привода машинистом

экскаватора. Ключи выбора режимов 24—26 переключаются машинистом.

Системы управления основными электроприводами экскаватора должны обеспечивать выполнение этими приводами заданной программы движения. К качеству регулирования электропривода предъявляются следующие основные требования: частота вращения двигателя не должна уменьшаться с ростом нагрузки; момент привода и ток цепи при перегрузках не должны превышать заданных значений; момент двигателя должен изменяться плавно; входные управляющие сигналы должны обеспечивать высокую точность работы.

В системе автоматического управления процессом копания экскаватора ЭКГ-8 предусматривается: регулирование толщины стружки в зависимости от нагрузки привода подъема, коррекция по скорости напора в функции угла наклона рукоятки и коррекция скорости подъема в зависимости от нагрузки привода подъема. Необходимость такой коррекции обусловлена тем, что в забоях с неоднородным грунтом при встрече ковша с неэкскавируемым препятствием двигатель напора реверсируется и при этом значительно уменьшается толщина стружки или ковш полностью выходит из забоя. Подъем в этот момент происходит со скоростью, близкой к максимальной. После обхода препятствия, пока привод напора развивает полную скорость вперед, привод подъема, двигаясь с максимальной скоростью, проходит часть траектории, удаляя ковш от забоя. Достигнув полной скорости вперед, привод напора не успевает вторично эффективно заглубить ковш. Это вызывает необходимость повторного копания для заполнения ковша и приводит к существенному увеличению длительности операции копания. В пологих и относительно удаленных от экскаватора забоях скорость привода напора оказывается недостаточной для поддержания необходимой толщины стружки. Для устранения этого недостатка системой формируется статическая характеристика привода подъема, описываемая следующими уравнениями:

до первичного заглубления ковша

$$U_n = \begin{cases} U_0 & \text{при } 0 \leq I_n \leq I_{отс}; \\ U_0 - kI_n & \text{при } I_{0.c} < I_n \leq I_{ст}; \end{cases} \quad (4.1)$$

после вторичного заглубления ковша

$$U_n = \begin{cases} U_1 & \text{при } 0 \leq I_n \leq 0,85 I_{отс}; \\ U_0 & \text{при } 0,85 I_{отс} < I_n \leq I_{отс}; \\ U_0 - kI_n & \text{при } I_{отс} < I_n \leq I_{ст}. \end{cases} \quad (4.2)$$

где U_0 , U_1 — значения напряжения привода подъема, выбранные при формировании его статической характеристики; I_n — ток якоря привода подъема; $I_{отс}$ — ток отсечки; $I_{ст}$ — стопорный ток якоря привода подъема; U_n — напряжение генератора подъема; k — коэффициент пропорциональности.

По данным испытаний, применение системы стабилизации нагрузки подъемного двигателя позволяет снизить длительность процесса копания на 10—30 %. Автоматическая стабилизация нагрузки подъемного двигателя путем регулирования толщины стружки при достаточно быстродействующем и устойчивом регулировании позволяет повысить степень заполнения механической характеристики двигателя подъема, практически устранить стопорение ковша, снизить напряженность труда машиниста.

В Киевском институте автоматики разработана система автоматического управления поворотом ковша для экскаватора ЭКГ-4У (ЭВГ-4И) с поворотным выемочным органом, изготовленным Ижорским машиностроительным заводом [2], которая представляет собой замкнутую систему управления по отклонению с трехпозиционным релейным элементом, управляющим приводом поворота ковша. В процессе копания на релейный элемент поступает сигнал рассогласования, который включает привод поворота ковша в направлении уменьшения сигнала рассогласования до значения, обусловленного зоной нечувствительности релейного элемента. Тот же релейный элемент управляет приводом поворота ковша, обеспечивая его установку в положение выгрузки при повороте экскаватора на выгрузку и начальную установку ковша для копания при повороте в забой.

Выбор режимов работы системы и переключение соответствующих цепей осуществляются с помощью релейной логической схемы на основе анализа работы приводов экскаватора. Конструктивно система состоит из задающего устройства, шкафа управления и датчиков угла поворота ковша и рукояти в виде сельсинов, роторы которых кинематически связаны с осями поворота ковша и рукояти.

Система была установлена на четырех экскаваторах ЭВГ-4И с поворотным выемочным органом и прошла опытную эксплуатацию на нескольких разрезах Кузбасса. Опытная эксплуатация показала, что применение выемочного органа с поворотным ковшом и системы автоматического управления приводит к уменьшению потерь угля при селективной выемке маломощных пластов и снижению его зольности. Такие показатели достигнуты в результате отдельного извлечения породы и угля, лучшего оконтуривания всячего бока пласта при разработке его с торца, более тщательной зачистки откоса борта угольного уступа и верхней рабочей площадки от породы.

Система автоматического управления процессом копания драглайна [2] состоит из двух подсистем стабилизации — натяжения подъемного каната и нагрузки привода тяги (рис. 4.2). При нагрузке на привод тяги, меньшей определенного значения, работает только первая подсистема (контур 2, 7, 5, 3), которая поддерживает натяжение подъемного каната, достаточное для выбора слабины, но не препятствующее заглублению ковша в забой. Подсистема стабилизации натяжения подъемного каната формирует управляющее воздействие на привод подъема 2 с

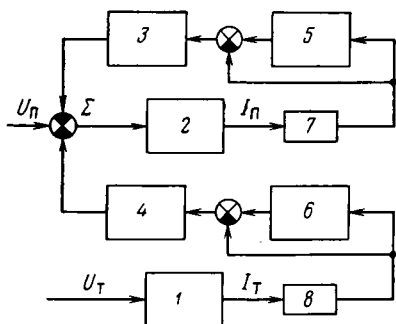


Рис. 4.2. Упрощенная структурная схема системы автоматического управления процессом копания драглайном:

1, 2 — приводы тяги и подъема с усиленно-преобразовательной частью системы управления; 3, 4 — усилители; 5, 6 — дифференцирующие устройства; 7, 8 — измерители тока

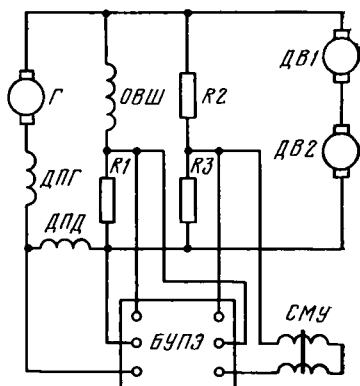


Рис. 4.3. Схема включения управляемого ключа в систему управления приводом поворота экскаватора

помощью усилителя 3, характеристика которого при нулевом входном сигнале сдвинута в зону насыщения. При возрастании нагрузки на привод тяги вступает в работу подсистема стабилизации нагрузки привода тяги, что обеспечивает уменьшение толщины стружки, снимаемой ковшем. Для формирования задержанного сигнала по току привода тяги используется зона нечувствительности усилителя 4. Введение в закон управления сигнала, пропорционального производной от тока якорной цепи двигателя тяги, обеспечивает необходимую коррекцию динамических характеристик системы.

В процессе транспортирования необходимо управлять всеми основными электроприводами экскаватора. На современных крупных экскаваторах привод механизма поворота экскаватора выполняется многодвигательным по системе Г—Д с экскаваторной механической характеристикой. Основной нагрузкой привода является динамическая нагрузка, обусловленная большими маховыми массами поворотной платформы, превышающими маховые массы двигателей в 5—10 раз у механических лопат и в 15—20 раз у драглайнов. Существенное значение в формировании динамических нагрузок экскаватора играют кинематические зазоры в механизме привода поворота. В период существования зазоров ротор двигателя и связанные с ними маховые массы приобретают большую скорость и, следовательно, большую кинетическую энергию. После замыкания зазора кинетическая энергия маховых масс переходит в потенциальную энергию упругих звеньев, вызывая в них деформации, в несколько раз превышающие деформации, которые возникали бы при статическом

действии момента двигателя. При этом в приводе и в оборудовании экскаваторов возникают большие усилия. Поэтому при построении системы управления поворотом экскаватора должны быть предусмотрены меры для снижения ударных нагрузок при выборе зазоров. В отличие от драглайнов, у механических лопат большое значение в динамике имеет, кроме зазоров в кинематической цепи привода поворота, люфт в седловом подшипнике рукояти [2].

Наиболее эффективно устройство для снижения нагрузок, основанное на принципе включения и отключения гибкой обратной связи по сигналам, соответствующим началу выбора зазоров в механизме поворота. Информацию о моменте замыкания зазоров можно получить, контролируя отношение вращающего момента электродвигателя к его ускорению.

Вращающийся момент пропорционален току якорной цепи, поэтому сигнал, соответствующий моменту, снимается с добавочных полюсов двигателя ДПД (рис. 4.3). Сигнал, соответствующий ускорению двигателя, снимается с выхода динамического моста, образованного обмоткой параллельного возбуждения *ОВШ* генератора и резисторами *R1—R3*. Эти сигналы подаются на входы блока *БУПЭ*, содержащего элемент сравнения и ключ на транзисторе.

Устройство работает следующим образом. До момента замыкания зазоров в рабочем оборудовании сигнал с выхода динамического моста преобладает над сигналом с обмотки дополнительных полюсов. Состояние элемента сравнения в этом случае вызывает замыкание ключа, и сигнал гибкой обратной связи подается на одну из обмоток силового магнитного усилителя *СМУ*, что приводит к уменьшению ускорения электропривода. При замыкании зазоров в рабочем оборудовании резко увеличивается приведенный момент инерции электропривода вследствие присоединения масс рукояти и ковша. При этом скачком уменьшается сигнал с выхода динамического моста и будет преобладать сигнал с обмотки дополнительных полюсов. Элемент сравнения изменит свое состояние, и его выходной сигнал, воздействуя на цепи управления ключа, разомкнет последний.

Цепь гибкой обратной связи размыкается и остается разомкнутой до момента образования зазора в механизме. При возникновении колебаний ковша повторное зазорообразование приводит к периодическому срабатыванию ключа в блоке *БУПЭ* и эффективному демпфированию возникших колебаний.

Один из способов демпфирования раскачивания ковша — введение в закон изменения тока якорной цепи слагаемого, пропорционального угловой скорости отклонения ковша, что можно осуществить замыканием системы управления приводом поворота экскаватора обратной связью по угловой скорости отклонения рамы или цапфы головных блоков стрелы. Напряжение, пропорциональное угловой скорости отклонения рамы или цап-

фы головных блоков, может быть получено непосредственно от датчика угловой скорости или путем дифференцирования сигнала датчика угла отклонения головных блоков.

4.2. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ РОТОРНЫМИ ЭКСКАВАТОРАМИ

Технологические особенности роторных экскаваторов и задачи автоматизации управления. Одно из основных направлений повышения производительности роторного экскаватора — автоматизация управления экскаватором.

В зависимости от размеров и формы экскавируемых массивов возможны различные режимы работы роторных экскаваторов. Например, режим валовой выемки породы и режим обработки поверхностей при селективной выемке пород из забоя и при формировании нижней площадки уступа.

При валовой выемке режущие кромки ковшей при движении ротора в забое входят в соприкосновение только с боковыми поверхностями экскавируемого тела, ограничивающими поворот роторной стрелы. Траектории движения ротора заполняют часть пространства, соответствующую экскавируемому телу, с густотой, зависящей от размеров и конструкции ротора и его ковшей. Однако положение этих траекторий относительно границ тела в значительной мере произвольно, за исключением начальных и конечных точек, которые должны быть привязаны к боковым ограничивающим поверхностям.

При обработке поверхностей необходима определенная взаимосвязь между положением обрабатываемой поверхности и положением траекторий движения ротора на всем их протяжении, обеспечивающая касание обрабатываемой поверхности режущими кромками ковшей. Очевидно, что эта взаимосвязь неоднородна, поскольку поверхность может быть обработана различными способами, при которых траектории движения центра ротора могут иметь различную форму, направление и густоту.

Таким образом, траектории движения центра ротора в пространстве достаточно задать с точностью до объема при валовой выемке и с точностью до поверхности при обработке поверхностей. В обоих случаях положение концов траектории определяется с точностью до боковых ограничивающих поверхностей. Благодаря этому каждая отдельная траектория движения ротора внутри экскавируемого массива при валовой выемке может быть обеспечена работой только одного исполнительного механизма (механизма поворота стрелы), а при обработке поверхностей — согласованной работой только двух механизмов (поворота и подъема).

Для управления роторным экскаватором при вскрышных и добычных работах необходима информация о параметрах и пространственном положении обрабатываемых и ограничивающих

поверхностей экскавируемых массивов, о положении ротора относительно этих поверхностей, о параметрах стружек.

При ручном управлении экскаватором без специальных средств контроля машинист может наблюдать положение ротора относительно свободных поверхностей, но почти не в состоянии без посторонней помощи обеспечить качественное формирование нижней площадки и внутреннего бокового откоса и тем более качественную селективную выемку. Применение автоматизированных средств контроля положения ротора в пространстве относительно граничных поверхностей экскавируемых массивов в значительной степени облегчает работу машиниста и способствует повышению качества ведения горных работ. Однако при ручном управлении информация, получаемая с помощью этих средств, используется далеко не полностью и не всегда наилучшим образом.

Оптимальное использование роторных экскаваторов учитывается рациональным проектированием карьера и выбором системы разработки. Основные технологические параметры — ширина заходки и продольный размер блока определяются из условия максимального использования геометрических параметров роторного экскаватора.

При циклическом повторении одной и той же последовательности технологических операций, характерном для роторных экскаваторов, целесообразно применять автоматизированное программное управление. Оно создает благоприятные условия для эффективного использования локальных систем автоматического регулирования и управления.

Известные устройства и системы программного управления роторными экскаваторами относятся к классу систем жесткого программного управления [2]. Все эти системы предназначены для управления роторным экскаватором в режиме валовой выемки и построены по принципу позиционного управления исполнительными приводами. При этом координаты рабочего органа задаются только на концах траекторий у боковых границ экскавируемого массива.

Устройства и системы программного управления роторными экскаваторами с недвижной стрелой. Устройство разовой подачи (наиболее простое) обеспечивает возможность кнопочного или релейного управления операциями перемещения ротора при переходе от одного реза к другому. В позиционной следящей системе с устройством дозированной подачи [16] машинист, поворачивая ротор сельсина I (рис. 4.4), устанавливает дозированную подачу

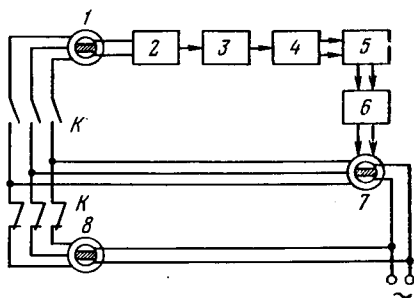


Рис. 4.4. Упрощенная схема позиционной следящей системы с устройством дозированной подачи

рабочего органа на требуемую толщину стружки. При этом электромагнитная муфта 6 отключена, а ротор сельсина-датчика перемещения 7 находится в исходном положении, согласованном с заторможенным ротором сельсина возврата 8. Для выполнения дозированной подачи машинист включает реле К и муфту 6, которая соединяет ротор сельсина-датчика 7 с контролируемым механизмом хода или подъема стрелы 5. Сельсин-задатчик 1 через фазочувствительный выпрямитель 2, усилитель 3, привод 4 и механизм 5 оказывается подключенным к датчику 7, и сигнал, зависящий от их углового рассогласования, поступает в замкнутый контур силовой следящей системы, которая обрабатывает заданное дозированное перемещение. При этом дистанционная передача на сельсинах 7 и 1 работает в трансформаторном режиме. Для возврата схемы в исходное состояние машинист отключает реле К и муфту 6. При этом ротор сельсина-датчика 7 отсоединяется от механизма 5 и под действием собственного синхронизирующего момента возвращается в исходное положение, согласованное с сельсином 8. Схема подготовлена к следующей дозированной подаче.

В системе программного управления, разработанной УкрНИИпроектом [2], предусмотрена автоматизация управления приводами поворота, подъема стрелы и хода экскаватора при обработке вскрышного уступа вертикальными стружками. Исходные данные (углов поворота и наклона стрелы, перемещения экскаватора) задаются в системе с помощью потенциометрических задатчиков, контроль действительных координат — с помощью сельсинных датчиков. Заданные и действительные координаты сравниваются аналоговым компенсационным методом. Экскаватор перемещается на толщину стружки устройством дозированной подачи с электромагнитной муфтой, соединяющей сельсин-датчик с механизмом хода. В дальнейшем для обработки уступа горизонтальными стружками канал управления приводом подъема был дополнен аналогичным устройством дозированной подачи.

Роторные экскаваторы, выпускаемые в ГДР, комплектуются простой полуавтоматической системой программного управления приводами поворота и хода. В этой системе правый и левый углы поворота стрелы и значение наезда на толщину стружки задаются машинистом с помощью многопозиционных переключателей, находящихся на пульте управления. Фактический угол поворота стрелы контролируется многопозиционным контактным датчиком, выполненным в виде коллектора со щеткой и установленным на редукторе поворотного механизма. Пластины коллектора подключены к контактам переключателя, задающего угол поворота. При совпадении заданного и действительного углов поворота стрелы щетка контактного датчика замыкает цепь реле, которое отключает привод поворота и включает привод хода. Датчик хода экскаватора выполнен в виде кулачкового диска, воздействующего на контактный прерыватель.

Прерыватель включен в цепь питания обмотки шагового искателя, ламели которого соединены с контактами переключателя, задающего толщину стружки. При совпадении заданной толщины стружки и действительного значения наезда привод хода отключается. На этом цикл операций (поворот — наезд) заканчивается. Чтобы выполнить следующий цикл, машинист должен включить привод поворота стрелы. Для компенсации влияния серповидного реза в системе предусмотрено также программное управление скоростью поворота стрелы с использованием отдельного контактного датчика угла поворота стрелы (коллектор со щеткой), переключающего ступени сопротивлений в цепях управления приводом поворота.

В Киевском институте автоматики разработана числовая система программного управления [2], позволяющая осуществлять стыковку с цифровыми вычислительными устройствами и машинами, необходимость применения которых возникает при решении различных технологических задач. Эта система предназначена для автоматизации управления экскаватором при выемке вскрышного слоя вертикальными стружками и содержит каналы позиционного управления приводами поворота стрелы и хода, а также канал управления приводом подъема, используемый при формировании горизонтальной площадки. Программируемые координаты (углы поворота роторной стрелы, толщина стружек) задаются с помощью декадных переключателей в обычных единицах измерения (градусы, метры). Программу их легко вводить перед включением системы и корректировать во время работы экскаватора в режиме программного управления. Действительные координаты контролируются цифровыми датчиками и высвечиваются на цифровых индикаторных табло в тех же единицах измерения. Разрешающая способность системы составляет: $0,5^\circ$ по углу поворота стрелы в диапазоне $\pm 100^\circ$; 0,05 м по толщине стружки в диапазоне от 0 до 2 м; 0,1 м по длине блока в диапазоне от 0 до 100 м; 0,1 м по высоте подъема ротора в диапазоне от -10 до $+50$ м. В системе предусмотрено несколько алгоритмов управления, определяющих порядок выполнения технологических операций и различные варианты их совмещения. Для частичной компенсации серповидности реза у внутреннего бокового откоса и укорочения стружек у внешнего откоса в каждом алгоритме предусмотрена возможность чередования полных и укороченных резов. Машинист выбирает желаемый алгоритм управления с помощью переключателя. Функциональная схема системы показана на рис. 4.5. Исходная информация для позиционного управления обработкой вскрышного слоя — заданная толщина стружки t_3 , заданные чередующиеся углы поворота стрелы влево $\varphi_{л}$, $\varphi'_{л}$ и вправо $\varphi_{п}$, $\varphi'_{п}$ — хранится в запоминающем устройстве (устройстве ввода) I с ручным вводом. Вводимая с помощью декадных переключателей исходная информация преобразуется в устройстве I из десятичного кода в двоично-десятичный рефлексный код.

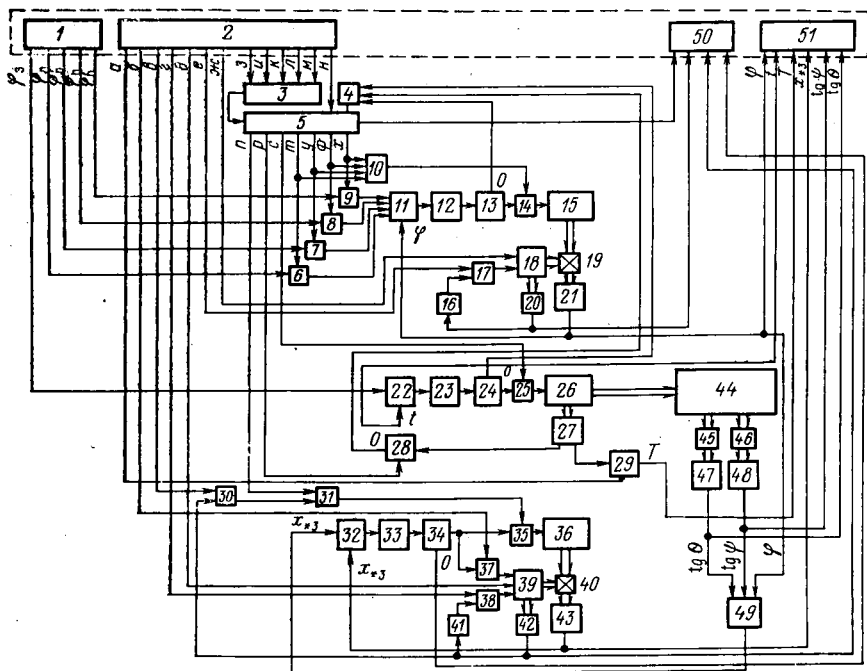


Рис. 4.5. Функциональная схема числовой системы программного управления роторным экскаватором с невыдвижной стрелой

Блок управления 2 служит для ввода в систему вспомогательных команд и команд формирования алгоритма автоматического управления обработкой слоя: *a* — установки в нулевое состояние счетчика приращений пути, пройденного экскаватором от начала обработки слоя; *b* — согласования положения датчика высоты подъема ротора с заданной высотой x_{*3} при произвольном положении ротора; *в* — начальной отработки заданной высоты подъема ротора; *г* — установки датчика высоты x_{*3} подъема ротора в исходное положение относительно механизма подъема (исходной привязки начала отсчета высоты); *д* — прокрутки датчика подъема; *е* — установки датчика угла φ поворота стрелы в исходное положение относительно механизма поворота; *ж* — прокрутки датчика поворота; *з* — выбора начальной позиции программы обработки слоя; *и* — раздельной отработки заданных координат привода хода и поворота; *к* — совместной отработки координат теми же приводами; *л* — совместной отработки заданного угла поворота стрелы и заданного закона изменения высоты подъема ротора $x_{*3}(\varphi)$ (отдельно от наезда) при формировании горизонтальной площадки; *м* — отработки одиночной позиции программы; *н* — пуска системы после выбора начальной позиции.

Команды 3—м воздействуют на блок формирования алгоритмов управления 3. Блок 3 и цепи формирования входных сигналов 4 связаны с распределителем команд обработки слоя 5, на выходе которого в момент установки распределителя в выбранную начальную позицию формируется сигнал, поступающий на табло сигнализации 50, а после пуска системы — команды автоматического управления обработкой слоя: n — обработки заданной высоты x_{*3} подъема ротора; p — установки в нулевое состояние счетчика приращений пути t , пройденного экскаватором от начала перехода на новый рез; c — обработки заданной координаты t_3 ; t , y , ϕ , x — обработки заданных углов поворота ϕ_l , ϕ'_l , ϕ_p , ϕ'_p .

В канал управления приводом поворота стрелы входят: ключи 6—9, логический элемент 10 (ИЛИ), блок сравнения 11 заданного и действительного углов поворота, усилитель 12, релейный элемент 13, на выходе которого в момент окончания обработки заданного угла формируется сигнал согласования 0, ключ 14, привод и механизм поворота стрелы 15, логические элементы 16 (НЕ) и 17 (И), сервопривод 18, механический дифференциал 19, вспомогательный датчик 20 сигнала установки датчика угла поворота в исходное положение относительно механизма поворота, датчик угла поворота стрелы 21.

В канал управления приводом хода входят: блок 22 сравнения величин t_3 и t , усилитель 23, релейный элемент 24, на выходе которого в момент окончания обработки заданного перемещения формируется сигнал согласования 0, ключ 25, привод и механизм хода 26, датчик приращений пути 27, счетчик 28 приращений пути t от начала перехода экскаватора на новый рез, на выходе которого в момент его установки в нулевое состояние формируется сигнал 0, счетчик 29 приращений пути T от начала обработки слоя.

В канал управления приводом подъема ротора входят: логические элементы 30 (И) и 31 (ИЛИ); блок сравнения 32 заданной и действительной высот подъема ротора; усилитель 33; релейный элемент 34, на выходе которого при совпадении действительной и заданной высот формируется сигнал согласования 0; ключ 35; привод и механизм подъема 36; ключ 37; логический элемент 38 (И); сервопривод 39; дифференциал 40; логический элемент 41 (НЕ); датчик 42 сигнала установки датчика высоты подъема в исходное положение относительно механизма подъема; датчик высоты подъема ротора 43.

Поперечный и продольный наклоны корпуса экскаватора 44 определяются датчиками углов наклона 47 и 48, связанными с каретками 45 и 46 маятникового устройства контроля углов наклона. Устройство 49 формирует сигнал управления приводом подъема в зависимости от углов наклона корпуса экскаватора ψ , θ и угла поворота роторной стрелы φ :

$$x_{*3} = k(\operatorname{tg} \psi \cos \varphi + \operatorname{tg} \theta \sin \varphi), \quad (4.3)$$

где k — коэффициент пропорциональности.

Тот же результат можно получить проще, измеряя угол наклона поворотной платформы в направлении роторной стрелы и вычисляя тангенс этого угла, приблизительно равный выражению в скобках в формуле (4.3). Для этого датчик угла наклона должен быть установлен на поворотной платформе.

Для контроля работы экскаватора и системы программного управления предусмотрены табло сигнализации 50 и блок 51 индикации величин φ , t , T , x_{*3} , ψ , θ .

Перед включением системы машинист в соответствии с паспортом горных работ вводит в нее требуемые значения величин t_3 , φ_l , φ'_l , φ_n , φ'_n , выбирает алгоритм управления (командами u , k или l) и в зависимости от исходного положения ротора по отношению к забою командой z выбирает начальную позицию программы (наезд, поворот влево и вправо). При валовой выемке слоя подготовительные операции на этом заканчиваются, и машинист включает режим автоматического программного управления (командой n). При формировании горизонтальной площадки следует различать два случая.

Если требуется формировать площадку на произвольной высоте, выбираемой путем визуальной установки ротора в режиме ручного управления, то машинист должен согласовать положение датчика высоты подъема по отношению к механизму подъема с заданной высотой x_{*3} (командой b , включающей сервопривод 39) и лишь после этого включить систему в режим автоматической обработки слоя (командой n).

Если же площадку необходимо формировать на нулевой высоте, фиксированной по отношению к корпусу экскаватора, то машинист должен сначала установить датчик высоты подъема ротора в исходное положение относительно механизма подъема (командой z), затем выполнить операцию начальной обработки заданной высоты (командой v) и только после этого может включить режим обработки слоя.

При отклонении экскаватора от расчетной траектории углы поворота роторной стрелы, задаваемые паспортом горных работ, могут не соответствовать реальному положению экскаватора по отношению к забою. В этом случае перед включением системы программного управления машинист должен выполнить один раз в режиме ручного управления с целью определения фактического угла поворота стрелы, который затем вводится в систему в качестве заданных. В процессе работы системы все программируемые координаты можно корректировать, не выключая системы.

К каналу управления приводом подъема может быть подключен любой задатчик высоты, в частности вычислительное устройство, определяющее заданную величину x_{*3} в зависимости от пространственного положения экскаватора и параметров формируемых горизонтальных и наклонных площадок.

Аппаратура числовой системы программного управления роторным экскаватором унифицирована и может быть использо-

вана при построении систем программного управления для экскаваторов различных типов.

Промышленная эксплуатация числовых систем программного управления показала их высокую надежность при условии надлежащей подготовки эксплуатационного и обслуживающего персонала и правильной организации технического обслуживания аппаратуры. Системы, как правило, постоянно включены, и их информационная часть (цифровая индикация координат) используется всеми машинистами. Степень использования режима автоматического управления зависит от объективных факторов (горнотехнические условия, возможности и характеристики системы управления и управляемого объекта), а также от организационных и субъективных причин.

Числовые системы программного управления внедрены на экскаваторе SchRs $\frac{1500}{6}$ 24 (ГДР) и на экскаваторах ЭРШР-1600.

В результате эксплуатации этих систем повышаются качество ведения горных работ в соответствии с заданным паспортом, производительность машин, безопасность работ (вследствие освобождения персонала от необходимости корректировки действий машиниста из призабойной зоны), улучшаются условия эксплуатации электромеханического оборудования и конструкций экскаватора, условия труда персонала, повышается культура производства.

Устройства и системы программного управления роторными экскаваторами с выдвигной стрелой. Особенность работы роторных экскаваторов с выдвигной стрелой заключается в концентричности резов, выполняемых с одной стоянки экскаватора. Поэтому длина реза и углы поворота роторной стрелы в пределах экскавируемого вскрышного блока различны для каждого реза. Вследствие этого при программировании процесса выемки блока необходимо каждый предельный угол поворота задавать отдельно. У большинства экскаваторов с выдвигной стрелой механизмы подъема и выдвижения стрелы неавтономны. Это приводит к необходимости программирования координат движения и подъема стрелы для предельных положений стрелы в каждом резе. Поскольку число резов в блоке составляет несколько десятков, то число программируемых координат при выдвигной стреле достигает нескольких сотен. Это может привести к необходимости применения программоносителей большой емкости.

Система программного управления роторным экскаватором, разработанная Киевским институтом автоматики, была испытана на Шевченковском карьере Орджоникидзевого ГОКа [2]. Она относится к системам жесткого программного управления с большим объемом вводимой информации.

Система предназначена для автоматизации управления экскаватором при выемке вскрышного блока вертикальными или горизонтальными стружками с одной стоянки экскаватора и со-

держит каналы позиционного управления приводами поворота, подъема и выдвижения стрелы. Программируемые координаты, а также последовательности выполнения операций и их совмещения задаются с помощью перфоленты. Действительные координаты контролируются цифровыми датчиками.

Основное препятствие для эффективного использования систем жесткого программного управления состоит в трудности согласования расчетных траекторий ротора, задаваемых в подвижной системе координат экскаватора, с реальным забоем из-за неточного совпадения расчетных и фактических положений экскаватора относительно забоя, а также из-за невозможности точно учесть реальную форму забоя и особенно внешнего откоса уступа, подверженного самопроизвольному разрушению.

Управление роторными экскаваторами при селективной выемке. Возможны два способа использования исходной информации для управления роторным экскаватором. Первый способ состоит в том, что все вычисления выполняются заранее и в систему управления в готовом виде выводится жесткая программа перемещения рабочего органа. Второй способ предполагает наличие в системе вычислительных средств для оперативной обработки входной информации (включая учет текущих координат экскаватора в пространстве и интерполяцию граничных поверхностей). При этом в систему вводятся координаты опорных точек поверхностей и значения интерполяционных коэффициентов. Известен опытный образец числовой системы программного управления роторным экскаватором с невыдвижной стрелой при селективной выемке ископаемых, в которой на перфоленте записывается жесткая программа перемещений ротора в пределах реза в виде последовательности координат нескольких точек траектории (углов поворота стрелы и высот подъема ротора в подвижном базисе). В каждой позиции программы записываются соотношения скоростей поворота и подъема, требуемые для попадания ротора в соседние точки. Таким образом, принцип координатного управления сочетается с простейшим вариантом контурного управления. Движение ротора по заданной траектории повторяется после каждого перемещения экскаватора на новую стружку. Так обрабатываются несколько резов, после чего в общем случае необходимо менять программу из-за увеличения расхождений между выполняемой траекторией и реальной границей массива ископаемого.

Для уменьшения погрешностей в систему введен датчик прямого контроля границы полезного ископаемого и окружающей породы. Двоичный выходной сигнал датчика как функция угла поворота стрелы при выполнении данного реза регистрируется в ячейках специального блока памяти, распределенных по рабочему диапазону углов поворота, и при обработке следующего реза используется в качестве поправки в системе автоматического регулирования высоты подъема ротора. Коррекция вводится путем поворота вала датчика высоты подъема на некоторый

угол относительно вала подъемной лебедки с помощью серво-двигателя и дифференциала.

Использование датчиков прямого контроля границ пород и ископаемых в сочетании с достаточно емкой памятью позволяет автоматизировать управление роторными экскаваторами при селективной выемке визуально неразличимых пород и полезных ископаемых без априорной информации о границах разделяемых массивов. Для получения этой информации необходимо время от времени «ощупывать» поверхность забоя датчиками, установленными на головке роторной стрелы, в режиме ручного управления экскаватором и с необходимой точностью регистрировать в памяти наличие ископаемого в забое с привязкой к неподвижному базису.

Координаты исследуемых точек забоя, измеряемые в подвижном базисе, преобразуются к неподвижному базису и фиксируются в памяти. Дальнейшая обработка полученной информации сводится к оконтуриванию массивов ископаемого и определению траекторий ротора в неподвижном базисе. При реализации этих траекторий может быть использован любой из рассмотренных выше методов управления приводами подъема и поворота роторной стрелы. В процессе селективной выемки могут быть учтены поправки, вводимые непосредственно от датчиков контроля границ ископаемого.

В опытном образце системы автоматической регистрации перемещения рабочего органа экскаватора перемещение ротора в забое регистрируется на планшете двухкоординатного регистратора, выполняющего функцию аналогового запоминающего устройства, с помощью двух импульсно-шаговых следящих систем, датчики которых установлены на механизмах поворота и подъема стрелы. Кроме основной пишущей каретки, регистрирующей перемещение ротора в забое, в координатном регистраторе имеется вспомогательная каретка, управляемая выходным сигналом датчика прямого контроля границы ископаемого. Вспомогательная каретка отмечает наличие ископаемого в точке забоя, где в данный момент находится ротор. Произведя обработку забоя горизонтальными стружками, машинист получает на планшете координатного регистратора наглядную картину расположения массивов полезного ископаемого в забое. После этого он может обрабатывать забой любым рациональным способом, обеспечивающим селективную выемку породы и ископаемого без многократных переходов от одного вида горной массы к другому. Координатный регистратор при этом используется как контрольный прибор.

Автоматическое управление процессом копания — одна из главных задач повышения эффективности работы роторных экскаваторов. К основным принципам построения автоматических систем относятся стабилизация нагрузки рабочего органа и стабилизация производительности.

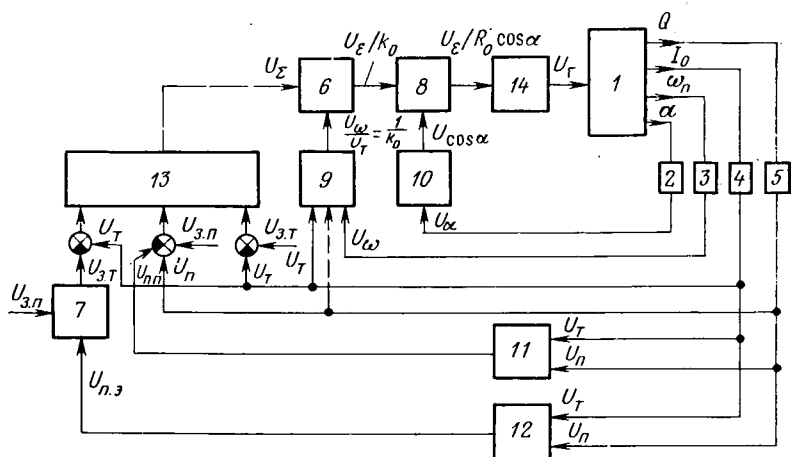


Рис. 4.6. Упрощенная структурная схема системы управления процессом копания роторным экскаватором с невидвжной стрелой:

1 — объект управления; 2–5 — измерительные устройства; 6, 7 — множительные устройства; 8, 9 — делительные устройства; 10 — косинусный преобразователь; 11, 12 — прогнозирующие устройства; 13 — устройство выбора режима управления; 14 — усилительно-преобразовательная часть системы; $U_{3,п}$: $U_{3,т}$ — напряжения уставок, пропорциональные заданным значениям соответственно производительности и тока двигателя ротора; U_E — напряжение рассогласования; $U_{п.п}$, $U_{п.э}$ — напряжения, пропорциональные прогнозируемым значениям производительности и энергоемкости процесса копания; U_{α} — напряжение, пропорциональное углу поворота роторной стрелы α ; U_T — напряжение, пропорциональное току привода ротора I_p ; U_n — напряжение, пропорциональное производительности экскаватора Q ; $U_{\cos \alpha}$ — напряжение, пропорциональное косинусу угла поворота роторной стрелы

Система управления процессом копания для роторного экскаватора с невидвжной стрелой [2] включает следующие системы (рис. 4.6):

стабилизации нагрузки рабочего органа экскаватора с элементами 1, 4, 13, 6, 8, 14 и внутренними контурами с элементами 2, 10 и 3, 4, 9, обеспечивающими связь по возмущениям. Система стабилизации производительности экскаватора может быть построена на принципе регулирования по отклонению производительности с применением прогнозирующих устройств (упредитель Смита и др.) и на принципе регулирования по косвенному показателю (току привода ротора) с корректировкой уставки косвенного показателя по производительности;

регулирования производительности по отклонению, содержащая контуры с элементами 1, 5, 4, 11, 13, 6, 8, 14 и внутренние обратные связи с элементами 2, 10 и 3, 4, 9;

регулирования производительности по косвенному показателю, содержащая контур с элементами 1, 5, 4, 12, 7, 13, 6, 8, 14 и те же внутренние обратные связи.

Объект управления в системе стабилизации нагрузки рабочего органа экскаватора представляет собой совокупность электро-механических систем приводов ротора и поворота экскаватора,

взаимодействующих через экскавируемую породу. В состав объекта управления входят устройства разгрузки и транспортирования горной массы. Характеристики совокупности указанных устройств, характер их взаимодействия с забоем, физико-механические свойства горных пород и другие параметры определяют свойства объекта управления.

Известны два метода определения динамических характеристик объекта управления: экспериментальный с использованием статистической динамики и аналитическое описание. В первом случае по записям входной и выходной величин объекта, полученным в процессе нормальной эксплуатации, определяются их корреляционная и взаимно-корреляционная функции, а затем спектральные плотности [2]. Амплитудно-фазовая частотная характеристика определяется как отношение

$$W(j\omega) = \frac{S_{xy}(\omega)}{S_x(\omega)}, \quad (4.4)$$

где S_{xy} — взаимная спектральная плотность входного и выходного сигналов; S_x — спектральная плотность входного сигнала.

Расчет корреляционных функций и спектральных плотностей производится по известным зависимостям с применением ЭВМ. Полученная в виде графика амплитудно-фазовая частотная характеристика аппроксимируется сходящимся рядом, порядок и коэффициенты которого определяются методом тригонометрической интерполяции. Передаточная функция объекта достаточно точно может быть описана выражением

$$W(p) = \frac{k(t)e^{-\tau p}}{T_1 p^3 + T_2 p^2 + T_3 p + 1}, \quad (4.5)$$

где $k(t)$ — передаточный коэффициент объекта; τ — время чисто го запаздывания; T_1, T_2, T_3 — постоянные времени.

Значения параметров выражения (4.5) зависят от типа экскаватора, его конструктивных особенностей и для каждой машины должны определяться экспериментально.

Как показали результаты промышленных испытаний регуляторов, экспериментальное определение динамических характеристик не раскрывает многих свойств и особенностей объекта. Поэтому аналитическому описанию динамических характеристик объекта управления посвящено большое число работ [2, 17 и др.].

В работе [2] на основе упрощающих предположений движение поворотной системы экскаватора представлено как движение двухмассовой электромеханической системы с упругой связью. Дифференциальные уравнения движения имеют следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} J_1 \varphi_1'' + c(\varphi_1 - \varphi_2) &= K_M I_e - M_{тр}; \\ J_2 \varphi_2'' - c(\varphi_1 - \varphi_2) &= l F_6; \\ K_e \varphi_1' + L_2 I_2 + R_2 I_2 &= E_r, \end{aligned} \right\} \quad (4.6)$$

где φ_1, φ_2 — углы поворота платформы и ротора; c — эквива-

лентная жесткость канатного подвеса в горизонтальной плоскости; l — проекция на горизонтальную плоскость расстояния от оси поворота до точки приложения бокового усилия F_6 ; $M_{тр}$ — момент сил трения; R_2, L_2, I_2 — соответственно сопротивление, индуктивность и ток якорной цепи двигателей поворота; E_r — э. д. с. генератора поворота; I_e, K_e, K_m — коэффициенты, характеризующие привод поворота; J_1 — момент инерции поворотной платформы с надстройкой и привода, приведенный к центральной оси экскаватора; J_2 — момент инерции стрелы и ротора.

Боковое усилие F_6 на ротор состоит из силы $f_1(t)$, характеризующей внешнее воздействие забоя на ротор, и силы $f_2(\varphi'_2)$, являющейся внутренним силовым фактором и определяющей обратную связь в системе забой — ротор. Физические явления, лежащие в основе формирования силы f_2 , изучены недостаточно. В математическом плане $f_2(\varphi'_2)$ представляет нелинейную функцию, зависящую от параметров стружки, конструкции ротора, скорости ротора и других факторов.

Взаимосвязь между линейной скоростью поворота режущих кромок ковшей ротора (в горизонтальной плоскости) и шириной b формируемой стружки имеет следующий вид [2]:

$$b = l \int_{t-\tau}^t \varphi'_2 dt, \quad (4.7)$$

где $\tau = \frac{2\pi}{\omega_p z}$ — время поворота ротора на угол, равный радиальному углу между двумя соседними рабочими ковшами; ω_p — угловая скорость ротора; z — число ковшей ротора.

Уравнение (4.7) выражает известный эффект запаздывания при формировании стружки; стружка формируется в течение времени чередования ковшей, и ширина ее в данный момент времени зависит от значения угловой скорости поворота экскаватора на всем интервале времени.

Зависимости весовой Q_b и объемной Q_o производительности экскаватора от ширины стружки b

$$Q_b = f(b); \quad (4.8)$$

$$Q_o = f(b) \quad (4.9)$$

и нагрузки ротора P_p от ширины стружки

$$P_p = f(b) \quad (4.10)$$

носят сложный характер, который определяется физико-механическими свойствами экскавируемых пород, состоянием забоя, особенностями взаимодействия рабочего органа экскаватора с забоем.

Наблюдается нестабильность выходных показателей процесса экскавации, обусловленная как случайными факторами (твердость, трещиноватость и другие свойства пород, толщина и наклон пластов, высота срезаемого слоя), так и детерминиро-

ванными (переменное число ковшей в массиве, радиальные и торцовые смещения ковшей и др.). Следовательно, $Q_o(t)$, $Q_b(t)$ и $P_p(t)$ — нестационарные случайные функции, их составляющие имеют различный временной и спектральный характер.

Экспериментальными исследованиями [2] установлено, что усредненные показатели процесса в режимах $b = \text{const}$ представляют собой медленно меняющиеся функции времени, причем $P_p(t)$ может быть аппроксимирована многочленом третьей степени, а $Q_b(t)$, $Q_o(t)$ — линейными функциями. При этом графики $P = f(t)$, $Q = f(t)$ мало различаются между собой для серии нескольких резов одного направления. В ряде работ зависимости (4.8) — (4.10) представлены в виде

$$Q_b = 3600 k_b(t) b; \quad (4.11)$$

$$Q_o = 3600 k_o(t) b; \quad (4.12)$$

$$P_p = k_p(t) b, \quad (4.13)$$

где $k_b(t)$; $k_o(t)$, $k_p(t)$ — коэффициенты, имеющие размерности соответственно $t/(m \cdot c)$, m^2/c , кВт/м.

Коэффициенты $k_b(t)$, $k_o(t)$, $k_p(t)$ являются нестационарными функциями времени и имеют на протяжении одного реза медленно меняющуюся составляющую и периодические составляющие, обусловленные характером взаимодействия рабочего органа с массивом (переменное число ковшей в массиве, дебаланс ротора, пространственные колебания роторной стрелы и др.). От реза к резу значения этих коэффициентов могут существенно изменяться вследствие изменения установочных параметров стружки и физико-механических свойств экскавируемого материала.

Промышленное применение систем автоматического управления роторными экскаваторами сравнительно невелико. Система регулирования процесса экскавации роторного экскаватора Sch Rs-1600 с невыдвижной стрелой применяется на Орджоникидзевском ГОКе.

Действие системы стабилизации нагрузки привода ротора основано на принципе измерения отклонения регулируемой величины от заданного значения и преобразования сигнала рассогласования с помощью интегрирующего устройства в регулирующее воздействие, устраняющее это отклонение.

На основании данных, полученных при эксплуатации системы, установлено, что ее применение повышает производительность роторного комплекса на 5—7 %, обеспечивает большую ритмичность его работы и улучшает условия труда обслуживающего персонала.

В работе [2] описана схема системы регулирования производительности экскаватора по косвенному показателю — току двигателя ротора. Задание нагрузки ротора устанавливается периодически по отклонению фактической производительности от заданной с помощью корректирующего устройства, построенного на электромеханических элементах.

В Киевском институте автоматики создана и испытана система программного управления роторным экскаватором ЭРГ-1600 с использованием цифрового способа задания программы и цифровых следящих систем для управления приводами поворота, напора и подъема роторной стрелы [13].

Система реализует жесткую программу управления, представляющую собой предписанную последовательность операций с указанием заданных координат опорных точек траектории движения ротора. Координаты опорных точек рассчитывают по технологическим параметрам забоя, устанавливаемым паспортом ведения горных работ. Для компенсации влияния изменения технологических параметров забоя (вследствие осыпи, обвалов, смещений экскаватора и др.) на траекторию ротора в системе предусмотрена возможность введения коррекции траектории. Это достигается вводом независимых поправок в программу по отдельным координатам посредством смещения начала их отсчета.

Система программного управления обеспечивает автоматическое выполнение всей последовательности операций технологического цикла при выполнении вскрышных работ в пределах одного блока. Подготовительные операции (переезд экскаватора после окончания выемки вскрышного блока и вывод роторного колеса в исходное положение для начала отработки следующего блока) осуществляются в режиме ручного управления.

Система работает в двух режимах, задаваемых блоком переключателей *БП* (рис. 4.7): режим отработки одиночной позиции и режим автоматической отработки вскрышного блока с автоматической подачей перфоленты. Команды на включение сервоприводов (*а, в, д*) и на включение приводов подъема, напора и поворота стрелы (*б, г, е*) задаются блоком переключателей.

Принцип действия системы программного управления заключается в следующем. После переезда экскаватора на расстояние, равное длине вскрышного блока, перед началом отработки забоя в автоматическом режиме расчетные установочные координаты опорных точек траектории ротора приводятся в соответствие с фактическими параметрами забоя. Для этого в режиме ручного управления экскаватором режущие кромки ковшей ротора вводятся в соприкосновение с лобовым откосом забоя и ротор устанавливается у границы забоя со стороны выработанного пространства. В считывающее устройство *СУ* с программоносителя (перфоленты) вводятся позиции программы с расчетными значениями установочных координат механизмов подъема, напора и поворота стрелы, а также с соответствующими командами на отработку этих координат. Запись в программе установочных координат предшествует записи основной операции по отработке первого реза на каждом подступе. В блоке переключателей задается режим отработки одиночной позиции программы и форми-

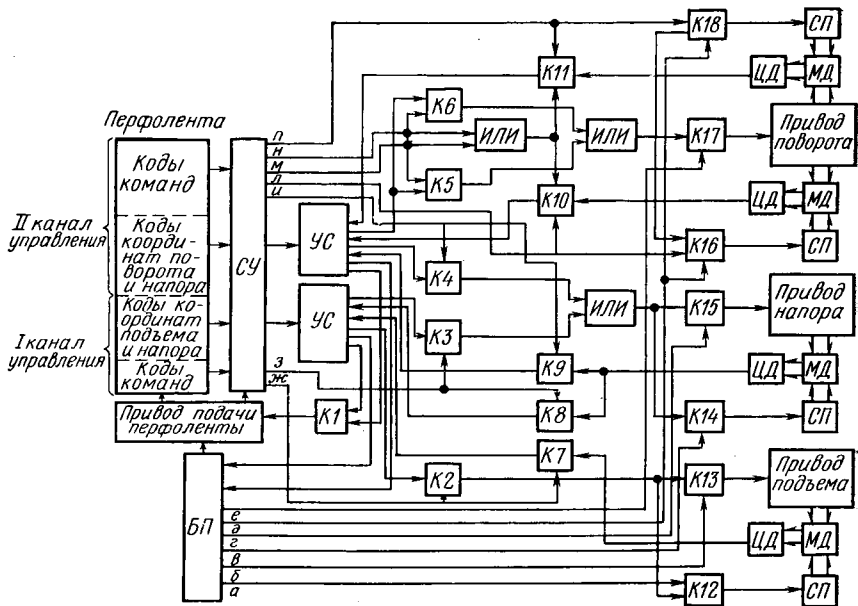


Рис. 4.7. Структурная схема системы программного управления роторного экскаватора с цифровыми следящими системами

руются команды на включение сервоприводов *СП* в соответствии с заданными координатами и командами. Сервоприводы предназначены для начального согласования положений датчиков координат *ЦД* с действительным положением ротора. Поскольку порядок работы элементов системы при согласовании любой из трех координат с фактическими параметрами забоя одинаков, рассмотрим этот процесс для одной координаты, например механизма поворота. В блоке переключателей задаются режим отработки одиночной позиции программы и команда *д* на включение сервопривода.

По командам *м* и *н* открывается ключ *К11*. Кодовый сигнал с датчика *ЦД* поступает на вход устройства сравнения *УС*, где он сравнивается с кодовым сигналом, считанным устройством с программноносителя. При несовпадении заданных и действительных координат в устройстве сравнения определяется знак рассогласования кодовых сигналов. Трехпозиционный релейный выход устройства сравнения включает сигнальную лампу на нем и открывает ключи *К6* и *К5*. В зависимости от знаков разностей кодовых сигналов включается сервопривод *СП* в направлении, необходимом для отработки рассогласования заданных и действительных координат. Сервопривод *СП* через механический дифференциал *МД* поворачивает датчик *ЦД* до совпадения кодовых сигналов, при этом сигнальная лампа на устрой-

ве сравнения гаснет. Этим завершается операция по согласованию расчетной координаты с фактическими параметрами забоя.

Для отработки забоя в автоматическом режиме в блоке переключателей задаются команды *б*, *г* и *е* на включение привода подъема, напора и поворота стрелы и включается система. По командам, задаваемым считываемой позицией программы, к каналам программного управления с помощью ключей *К2—К6*, *К13*, *К15*, *К17* подключаются два или один исполнительный привод. В устройствах сравнения определяются знаки разностей заданных и действительных координат. В зависимости от знаков этих разностей исполнительные приводы включаются в нужных направлениях. Способ воздействия на исполнительные приводы — также релейный трехпозиционный.

После отработки заданных координат в режиме отработки одиночной позиции программы система останавливается. В режиме автоматической отработки вскрышного блока после отработки каждой позиции программы сигналы соответствия, поступающие с устройств сравнения на вход устройства через ключ *К1*, включают привод механизма подачи перфоленты. Механизм подачи переместит ленту на один шаг и тем самым введет в считывающее устройство кодовую запись очередной позиции программы. После отработки последней позиции программы в считывающее устройство попадает неперфорированный участок перфоленты, и работа системы прекращается.

Схема и конструкция цифрового датчика координат — преобразователя координаты в двоичный код определяются выбранным способом двоичного кодирования, числом разрядов и др.

В данной системе принят двоично-десятичный код с отдельным представлением десятичных разрядов двоичными тетрадами. Наиболее перспективным является применение бесконтактных цифровых преобразователей угловых координат. Для преобразования угла поворота входного вала в код применяют кодирующие диски, с помощью которых набирается определенная кодовая комбинация.

В преобразователях применены активные считывающие элементы, представляющие собой упрощенные транзисторные блокинг-генераторы с разомкнутым магнитоприводом в цепи обратной связи (рис. 4.8). Магнитопривод выполнен в виде двух ферритовых полуколец. Кодирующая маска преобразователя представляет собой набор зубчатых дисков из электропроводящего материала. При вращении преобразователя зубцы кодирующего диска проходят через воздушный зазор между ферритовыми полукольцами. В зубцах наводятся вихревые токи, поглощающие энергию магнитного поля коллекторной обмотки. В результате индуктивная связь коллекторной и базовой обмоток резко уменьшается и происходит срыв колебаний блокинг-генератора. При выходе зубца из зазора колебания возникают вновь. В качестве выходного сигнала используется напряжение, сглаженное конденсатором, так что стабильность и частота ко-

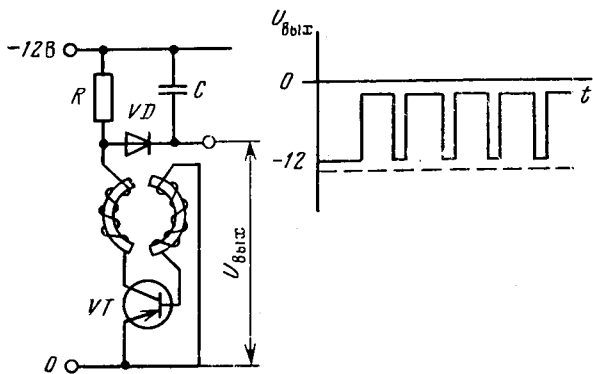


Рис. 4.8. Схема считывающего элемента цифрового преобразователя

лебаний не имеют значения. Перепад потенциала на выходе считывающего элемента близок к напряжению питания, в связи с чем отношение амплитуд полезного сигнала к шуму достаточно велико.

Устройства сравнения кодов действительных и заданных величин в системах позиционного и программного управления служат для выявления рассогласования, а также для определения его знака.

При любом способе кодирования сравниваемых величин устройства сравнения могут быть построены как комбинационные переключаящие схемы потенциального типа. Эти схемы могут быть выполнены, например, в виде диодных матриц. Однако матричные устройства сравнения имеют недостаток — резкое возрастание числа диодов при увеличении числа разрядов. Более целесообразно применять потенциально-импульсные устройства, работающие по принципу периодического опроса и последовательного поразрядного сравнения кодов. Метод сравнения, используемый в этих устройствах, основан на следующем.

Процедуру сравнения практически наиболее удобно производить последовательно, начиная с самого младшего разряда. Результат сравнения в каждом разряде фиксируется запоминающими элементами, причем при совпадении нулей сохраняется предыдущий результат, при несовпадении предыдущий результат заменяется новым, а при совпадении единич предыдущий результат инвертируется. Сравнение кодов следует производить периодически с частотой, существенно превышающей частоту изменения кодов сравниваемых переменных величин. Окончательный результат в конце каждого цикла сравнения фиксируется на выходе устройства до окончания следующего цикла.

В устройстве сравнения десятиразрядных циклических кодов (рис. 4.9) сравниваемые циклические коды в виде набросов высоких и низких потенциалов параллельно поступают на входы $a_1—a_{10}$ и $b_1—b_{10}$. Трехпозиционный результат сравнения фор-

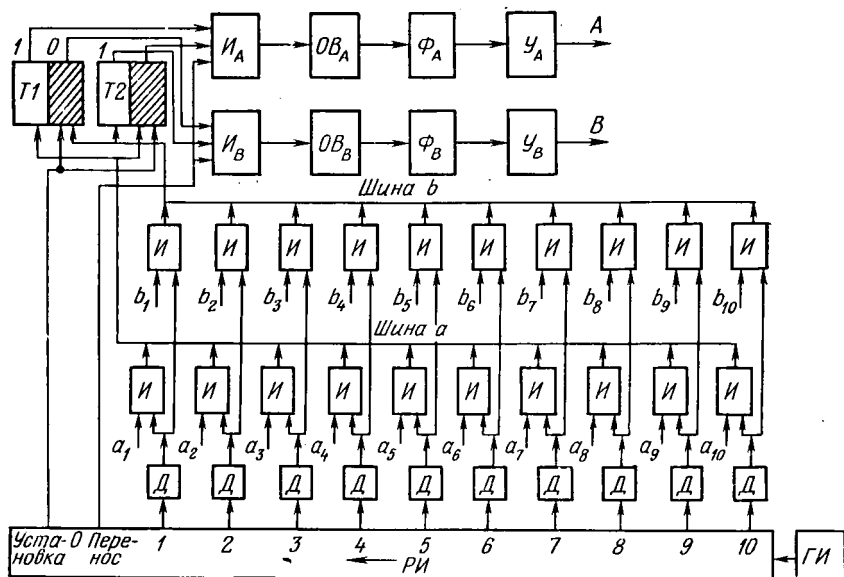


Рис. 4.9. Структурная схема устройства сравнения кодов

мируется на выходах A и B . Прямоугольные импульсы с выходов 1—10 распределителя $РИ$ поступают на входы дифференцирующих цепей $Д$. Дифференцированные импульсы проходят только через те клапаны схем совпадения $И$, которые открыты потенциалам сравниваемых кодовых наборов.

На шинах a и b образуются последовательные коды сравниваемых величин в виде серий импульсов, идущих младшими разрядами вперед. Если в том или ином такте цикла сравнения импульс появляется только на шине a , то триггер $T1$ устанавливается в состояние «1», а триггер $T2$ — в состояние «0». Если импульс появляется только на шине b , то триггеры $T1$ и $T2$ устанавливаются соответственно в состояние «0» и «1». Если импульсы появляются одновременно на обеих шинах, то оба триггера опрокидываются.

После окончания опроса всех разрядов распределитель посылает импульс переноса на входы клапанов $И_A$ и $И_B$. В зависимости от состояния триггеров $T1$ и $T2$ этот импульс может проникнуть через один из клапанов на вход одновибратора $ОВ_A$ или $ОВ_B$. Одновибратор $ОВ_A$ возбуждается только в том случае, когда в конце цикла сравнения триггер $T1$ оказался в состоянии «1», а триггер $T2$ — в состоянии «0». Аналогично $ОВ_B$ возбуждается только при условии, что $T1$ оказался в состоянии «0», а $T2$ — в состоянии «1». Возбуждаемый одновибратор генерирует импульсы с частотой повторения циклов сравнения. Длительность импульсов на выходе одновибратора принимается несколько меньшей периода пов-

торения циклов. Сглаженный фильтрами Φ_A и Φ_B сигнал подается на вход усилителя $У_A$ или $У_B$. Усилители работают в режиме переключения и могут управлять выходными реле. Выход A устройства сравнения возбуждается тогда, когда кодовый набор $(a_1, a_2, \dots, a_{10})$, подаваемый на входы $a_1—a_{10}$, больше набора $(b_1, b_2, \dots, b_{10})$, подаваемого на входы $b_1—b_{10}$. Выход B возбуждается, если, наоборот $(a_1, a_2, \dots, a_{10}) < (b_1, b_2, \dots, b_{10})$. При равенстве кодовых наборов не возбуждается ни один из выходов. После импульса переноса распределитель посылает импульс нуля, устанавливающий триггеры в исходное нулевое состояние.

В качестве генератора импульса $ГИ$ используется простейший мультивибратор, в качестве распределителя импульсов — разомкнутая схема на элементах задержки или одновибраторах, возбуждаемых от внешнего генератора импульсов.

Описанная система программного управления прошла промышленные испытания на роторном экскаваторе ЭРГ-1600 в условиях Шевченковского карьера комбината Орджоникидзе-марганец, показав свою работоспособность.

В институте УкрНИИпроект разработаны и испытаны системы программного управления «Откос-1» и «Откос-2» для роторных экскаваторов ЭРГ-400/1000 с невыдвижной стрелой, в которых использован принцип программно-позиционного управления по приращениям координат. В этом случае нет необходимости задания и контроля координат положения ротора с отсчетом от фиксированного начала. Управление осуществляется только по приращениям координат без контроля их абсолютных значений [13].

Устройство системы программного управления «Откос-1» содержит два автономных канала управления: канал привода лебедки подъема роторной стрелы, прекращающий ее движение при достижении роторной стрелой заданного значения разового опускания, и канал привода поворота роторной стрелы, обеспечивающий ее поворот на заданный угол вправо или влево от продольной оси экскаватора. Схемой устройства не предусматривается совмещение операций опускания и поворота роторной стрелы. Управление перемещением экскаватора назад, после отработки группы стружек, осуществляется машинистом вручную.

Канал управления приводом лебедки подъема (рис. 4.10) предназначен для формирования управляющих импульсов при достижении стрелой заданного значения разового опускания и для формирования сигнала об окончании работы на блоке при работе горизонтальными стружками. Для этого предусмотрены два параллельно действующих канала для отработки малых и больших перемещений. В каждом из них имеются датчик угловых перемещений $ДУП$, задатчик Z и нуль-орган $H—O$ для сравнения входных и выходных сигналов. В качестве датчиков угловых перемещений использованы бесконтактные сельсины. Для

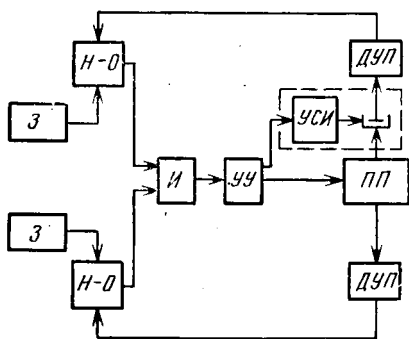


Рис. 4.10. Структурная схема канала управления приводом в системе программного управления непрерывными следящими системами

импульсов при достижении роторной стрелой заданного угла поворота вправо или влево от продольной оси экскаватора. При этом устройство автоматически обеспечивает требуемый угол откоса уступа, который согласно правилам безопасности не должен превышать 65° . Заданный угол откоса уступа обеспечивается уменьшением предельного угла поворота роторной стрелы в сторону уступа по мере обработки блока в направлении сверху вниз.

В Киевском институте автоматики разработана автоматизированная система управления процессом экскавации роторного экскаватора, базирующаяся на следующих основных принципах: а) комбинированный способ управления (регулирование по отклонению стабилизируемого параметра в замкнутом контуре и компенсация детерминированного возмущения, связанного с серповидностью резания по разомкнутому контуру); б) непрерывная коррекция сигнала задания по замкнутому контуру от величины отклонения соответствующих во времени усредненных на скользящем интервале, равном периоду оборота ротора, значений нагрузки привода ротора и производительности, что обеспечивает переход от усредненного значения косвенного параметра (нагрузки привода ротора) к усредненному значению регулируемого параметра (производительности); в) изменение коэффициента усиления системы в соответствии с изменением коэффициента передачи объекта управления; г) воздействие по производной от сигнала нагрузки при превышении некоторого порогового значения, связанного с резкими ступенчатыми возмущениями; д) обеспечение адаптивности управления к изменяющимся условиям работы комплекса путем выбора алгоритма управления машинистом, ввода и изменения им задания производительности и других начальных условий, своевременного перехода от ручного или программного управления к режиму ста-

суммирования сигналов, поступающих от канала больших и малых перемещений, применено логическое суммирующее устройство И. Управляющее устройство УУ осуществляет включение и выключение привода подъема ПП. Так как система построена по принципу позиционного управления, т. е. каждое очередное перемещение отсчитывается от предыдущего как от нового начала координат, в ней предусмотрено устройство сброса информации УСИ.

Устройство управления приводом поворота предназначено для формирования управляющих

билизации производительности в начале резания и обратного перехода в конце резания [2].

В качестве источников входной информации используются задатчик 1 (рис. 4.11) и датчик производительности 2, а также датчики: нагрузки привода ротора 3, угла поворота роторной стрелы 4, скорости привода ротора 5, скорости конвейера роторной стрелы 6.

Формирование сигнала для компенсации основного детерминированного возмущения осуществляется путем преобразования сигнала датчика 4 угла поворота φ роторной стрелы относительно оси перемещения экскаватора в блоке формирования функций 7 в сигнал $1/\cos \varphi$. В систему входит элемент сравнения 8. Сигнал в блоке 9 умножается на выходной сигнал блока формирования управляющего воздействия 10, в результате чего управляющее воздействие изменяется обратно пропорционально косинусу угла поворота стрелы, чем компенсируется изменение толщины стружки при повороте стрелы. В элементе сглаживания загрузки 11 осуществляется подавление колебаний амплитуд сигнала от датчика нагрузки привода ротора.

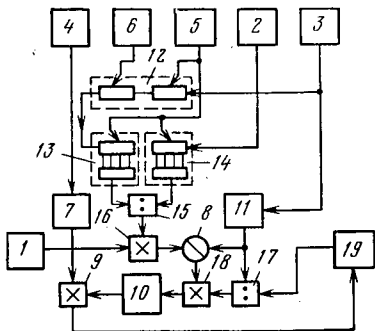


Рис. 4.11. Структура автоматизированной системы управления процессом экскавации

Непрерывная коррекция сигнала задания производится следующим образом. На основной вход блока 12 задержки сигнала нагрузки привода ротора поступает сигнал $i(t)$ от датчика 3. На управляющие входы блока 12 подаются сигналы от датчиков скорости привода 5 и скорости конвейера роторной стрелы 6. В результате этого в блоке 12 происходит задержка сигнала $i(t)$ на время запаздывания в канале измерения производительности, которое состоит из трех составляющих: времени подъема горной массы в ковшах ротора до разгрузки (пропорционального скорости ротора), времени разгрузки от ковшей до конвейерной роторной стрелы (постоянного для данного экскаватора) и времени перемещения горной массы по конвейеру роторной стрелы до места установки датчика производительности (пропорционального скорости конвейера).

Выходной сигнал блока задержки $i(t-\tau)$ поступает на основной вход блока скользящего интегрирования нагрузки 13, в то же время на основной вход блока скользящего интегрирования производительности 14 поступает сигнал $q(t)$ от датчика производительности 2, т. е. выходные сигналы блоков 13 и 14 соответствуют одному и тому же моменту времени. Преобразование сигналов осуществляется в соответствии с выражениями:

для блока 13

$$I_{\text{инт}}(t - \tau) = \frac{1}{T_P(t)} \int_{t-T_P(t)}^t i(t - \tau) dt; \quad (4.14)$$

для блока 14

$$Q_{\text{инт}}(t) = \frac{1}{T_P(t)} \int_{t-T_P(t)}^t q(t) dt. \quad (4.15)$$

В блоке деления 15 выходной сигнал блока 13 делится на выходной сигнал блока 14. Выходной сигнал блока 15, соответствующий отношению $\frac{I_{\text{инт}}(t - \tau)}{Q_{\text{инт}}(t)}$, подается на блок умножения 16, где производится умножение его на сигнал задания производительности, поступающий от задатчика 1. В результате входной сигнал задания элемента сравнения 8 соответствует величине

$$I_3 = Q_3 I_{\text{инт}} / Q_{\text{инт}}. \quad (4.16)$$

Таким образом, задание производительности переводится в соответствующее ему задание по току, которое подается на блок 9 формирования управляющего воздействия.

Для улучшения динамических свойств системы при изменении коэффициента передачи объекта управления необходимо соответствующим образом изменить коэффициент усиления системы. С этой целью в предлагаемой системе предусмотрен блок деления 17, в котором определяется величина $c(t)$, обратная коэффициенту передачи объекта управления, в соответствии с выражением

$$c(t) = U_v / U_1, \quad (4.17)$$

где U_v — сигнал, пропорциональный скорости привода поворота, В; U_1 — сигнал на выходе элемента сглаживания нагрузки, В.

В блоке умножения 18 выходной сигнал элемента сравнения 8 умножается на полученную величину $c(t)$ и подается на блок 9 формирования управляющего воздействия. Выходной сигнал последнего, скорректированный в блоке умножения 10 по значению $1/\cos \varphi$, подается на привод 19 поворота роторной стрелы.

Система обеспечивает: переход с ручного управления на автоматическое и обратно; ввод и изменение машинистом задания производительности; выбор машинистом режима автоматического управления при изменении условий работы комплекса; контроль машинистом значения стабилизируемого параметра и работоспособности системы, а также контроль обслуживающим персоналом работоспособности отдельных узлов и блоков системы.

Система построена по модульному принципу и допускает возможность модернизации и дальнейшего развития (например,

при управлении процессом экскавации вертикально и наклонно залегающих пород). Система прошла экспериментальные исследования в промышленных условиях на действующем вскрышном роторном экскаваторе ЭРШР-1600 Верхнеднепровского ГМК. Применение системы позволяет повысить производительность комплекса на 4—6 %.

Системы автоматического управления процессом копания широко распространены за рубежом.

В ГДР с 1966 г. устанавливаются системы автоматического регулирования нагрузки рабочего органа на роторных экскаваторах SRs-1200, SRs-2400 с невыдвижной стрелой и экскаваторах SchRs-800, SchRs-1200 с выдвижной стрелой. В устройстве сравнения фактическое значение тока привода рабочего органа сравнивается с заданным, сигнал ошибки через промежуточный преобразователь и выпрямитель подается на регулятор скорости привода поворота.

Аналогичные по принципу регулирования системы разработаны в НРБ (институт НИПКИЭП) и ЧССР (Уничовский машиностроительный завод).

Польскими специалистами разработано устройство для автоматического непрерывного регулирования производительности роторных экскаваторов. Устройство было установлено на экскаваторе SchRs-1200 в 1969 г. и успешно прошло испытания, показав высокую эффективность.

В тех случаях, когда несколько экскаваторов работают на один сборный конвейер, требуется, чтобы каждый из них поддерживал заданную диспетчером комплекса производительность. Для этого в ГДР было разработано устройство, предназначенное для согласования производительности двух экскаваторов, работающих на один конвейер. Вычислительный блок анализирует поступающую информацию о производительности каждого экскаватора, измеряемой с помощью изотопных излучателей, расположенных над конвейером, и о его положении относительно сборного конвейера. На основе этой информации определяется производительность, задаваемая каждому из экскаваторов. Во всех случаях применения систем автоматического управления процессом экскавации отмечается их эффективность, проявляющаяся в повышении производительности экскаватора на 10—30 %, уменьшении размаха колебаний мощности и производительности от их среднего значения на 25—40 %, снижении нагрузок узлов и конструкций экскаваторов, облегчении работы машиниста.

4.3. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОНВЕЙЕРАМИ

Конвейерный транспорт обеспечивает сокращение протяженности транспортных коммуникаций, что приводит к снижению объема горно-капитальных работ и сокращению сроков строительства. Достоинство его — непрерывность технологического

процесса и высокая производительность. В настоящее время на карьерах применяются ленточные конвейеры производительностью до 10 тыс. м³/ч и протяженностью 10—15 км. Указанные особенности конвейерного транспорта, а также необходимость обеспечения синхронности работы последовательно устанавливаемых конвейерных ставов, связанных между собой узлами перегрузки, выдвигают проблему дистанционного управления конвейерными линиями и автоматизации конвейеров на первый план.

Основные задачи автоматизации конвейеров:

1) плавный пуск и торможение конвейеров, исключающие пробуксовку и чрезмерные динамические нагрузки конвейерных лент;

2) автоматическое поддержание натяжения ленты, исключающее пробуксовку конвейерной ленты при изменении загрузки конвейера и условий его работы;

3) дистанционный контроль и централизованное управление конвейерными линиями, позволяющие существенно уменьшить количество обслуживающего персонала.

Автоматический пуск конвейерной линии должен обеспечить уменьшение время пуска при выполнении ограничений на пробуксовку, а также надежность и простоту обслуживания. Карьерная конвейерная линия состоит из нескольких конвейеров, расположенных друг за другом. Конвейеры могут иметь одинаковые законы изменения скорости (равное время пуска) или различные законы изменения скорости. Во втором случае время пуска конвейеров представляет собой последовательность, увеличивающуюся или уменьшающуюся от конвейера к конвейеру в направлении, обратном грузопотоку. Одновременный пуск всех груженых конвейеров возможен на участках с равным или увеличивающимся временем пуска. Если время пуска уменьшается от конвейера к конвейеру, то необходима выдержка времени между включением смежных конвейеров, равная разности продолжительности их пуска, что обеспечивает одновременное окончание разгона всех конвейеров. Теоретически время пуска конвейерной линии при такой системе управления равно [13]

$$T = t_1 + \sum_{i=2}^n \Delta t_i, \quad (4.18)$$

где t_1 — время пуска первого по направлению грузопотока конвейера; Δt_i — выдержка времени, равная разности времени пуска смежных конвейеров, когда у последующего по грузопотоку конвейера время пуска больше, чем у предыдущего; n — число конвейеров в линии.

Известные пусковые устройства делятся на ступенчатые и бесступенчатые. К первым относятся системы контакторного управления роторными реостатами и системы с плоским контроллером или масляным реостатом. К бесступенчатым устрой-

ствам относятся жидкостные реостаты с сервоприводом и индукционные реостаты. Ступенчатое пусковое устройство мощного конвейера обычно имеет до 20 ступеней, что реализуется плоскими контроллерами. Из-за конструктивных и эксплуатационных недостатков последние не обеспечивают нормальную эксплуатацию конвейера. Контактные пусковые устройства обладают большим весом, высокой стоимостью, сложной системой управления пуском, что снижает надежность ее работы. Поэтому наиболее перспективными являются бесконтактные пусковые устройства.

В Гипроуглеавтоматизации разработано пусковое устройство с неуправляемым дросселем, который включается в роторную цепь асинхронного двигателя. Дроссельное пусковое устройство обеспечивает плавность пуска, резкое сокращение и удешевление пусковой аппаратуры, упрощение схемы пуска и повышение надежности всего привода.

В ПНР институтом «Польтегер» совместно с заводом «Бэльос» создано устройство для пуска асинхронного двигателя с фазным ротором при помощи дроссельно-реостатных контуров с замыкающим контактором [2]. Индукционный реостат представляет собой трехстержневой массивный магнитопровод с обмотками, размещенными на стальных трубах. Необходимая форма механической характеристики обеспечивается путем подбора соответствующей толщины стенок и площади труб.

Выпускаемые в настоящее время промышленностью устройства для контроля скорости движения ленты конвейера обладают рядом недостатков, к основным из которых относятся отсутствие контроля проскальзывания ленты в начальный период пуска и то, что выдача команды на разрешение пуска смежного (подающего) конвейера и контроль скорости движения ленты основного конвейера осуществляются на одном и том же пороге скорости.

Донецким машиностроительным заводом им. Ленинского комсомола Украины разработано устройство для контроля скорости движения ленты конвейера, позволяющее устранить указанные недостатки [19]. Датчик скорости BV (рис. 4.12) кинематически связан с лентой основного конвейера K . В цепь BV через резистор R , выпрямительные элементы $VD1$ и $VD2$, переключающие контакты $KT.1$ и $KT.2$ реле времени KT включена катушка I электроизмерительного контактного прибора A типа $M-333K$. Отсчет на нем ведется от нуля, расположенного посередине шкалы. Прибор снабжен индуктивными элементами задания промежуточной скорости $L1$ (левый элемент) и установившейся скорости $L2$ (правый элемент), а также выходными реле $K1N$ и $K2N$. Стрелка C прибора механически связана с флажком Φ , который при перемещении взаимодействует с элементами задания $L1$ и $L2$, вызывая срабатывание реле $K1N$ или $K2N$.

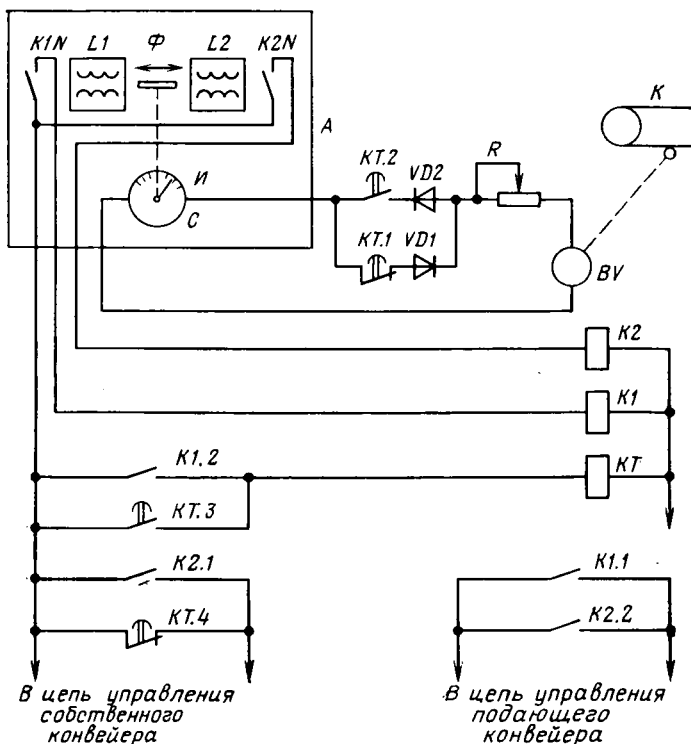


Рис. 4.12. Принципиальная схема устройства для контроля скорости ленты конвейера

Устройство работает следующим образом. При включении и разгоне основного (собственного) конвейера K напряжение от датчика скорости BV через выпрямительный элемент $VD1$ и размыкающий контакт $KT1$ поступает на катушку I прибора A . При этом его стрелка отклоняется влево. По достижении конвейерной лентой заданной промежуточной скорости положение стрелки и флажка совпадает с положением элемента задания $L1$; включается реле KIN и замыкает свой контакт в цепи реле $K1$, которое, включаясь, замыкает контакт в цепи управления подающего конвейера. В результате подается команда на его пуск. Следовательно, пуск подающего конвейера осуществляется раньше, чем конвейерная лента основного конвейера K достигнет номинальной скорости.

Контакт $K1.2$ реле $K1$ включает реле времени KT , настроенное на время срабатывания, равное времени работы основного конвейера, начиная от момента включения подающего конвейера до момента достижения установившейся скорости движения ленты основного конвейера. При разгоне конвейера от промежуточной до установившейся скорости движения ленты стрелка при-

бора продолжает отклоняться дальше влево за элемент задания $L1$ до положения, соответствующего установившейся (номинальной) скорости основного конвейера. Угол отклонения стрелки от нулевого значения его в этом случае равен углу установки элемента задания $L2$, но противоположен по знаку. При этом реле времени KT срабатывает, размыкая контакт $KT.1$ в цепи выпрямительного элемента $VD1$ и замыкая контакт $KT.2$ в цепи выпрямительного элемента $VD2$. В результате этого ток в цепи катушки I прибора меняет направление, стрелка его отклоняется на такой же угол в противоположную сторону, размыкая контакт $K1N$ в цепи реле $K1$. Последнее обесточивается и размыкает контакты $K1.1$ и $K1.2$. В результате взаимодействия флажка с элементом задания $L2$ замыкается контакт $K2N$ в цепи реле $K2$, которое включается и замыкает свои контакты $K2.1$ в цепи управления основного конвейера и $K2.2$ в цепи управления подающего конвейера. Одновременно при срабатывании реле времени KT размыкается с выдержкой времени его контакт $KT.4$, тем самым расшунтируется контакт $K2.1$. При этом схема управления скорости движения ленты основного конвейера переходит на контроль работы при установившейся ее скорости.

После размыкания контакта $K1.2$ в цепи реле времени KT этот контакт шунтируется контактом $KT.3$, предотвращая его отключение. Во избежание ложных срабатываний при размыкании контакта $K1.1$ и замыкании контакта $K2.2$, а также при размыкании контакта $KT.4$ и замыкании контакта $K2.1$ контакты $K1.1$ и $K2.2$, а также $K2.1$ и $KT.4$ включены соответственно в схему управления подающего и основного конвейеров через элементы задержки (на схеме не показаны).

Элементы задания $L1$ и $L2$ устанавливают на значения промежуточной и установившейся скоростей движения ленты конвейера при наладке путем перемещения их вдоль шкалы прибора в соответствующие положения. Выбор промежуточной скорости производят с учетом времени разгона подающего конвейера, чтобы исключить завалы места загрузки основного конвейера.

Разработанное устройство контроля скорости движения ленты позволяет в широком диапазоне изменять время выдачи команды на пуск смежного конвейера с учетом инерционности масс последнего при сохранении качества контроля скорости движения ленты, что в конечном счете позволяет сократить время пуска конвейерной линии.

Рассмотренное устройство целиком построено на базе серийных элементов и поэтому легко может быть смонтировано в условиях эксплуатации.

Автоматическое регулирование натяжения конвейерных лент производится с целью предотвращения проскальзывания и уменьшения интенсивности износа конвейерной ленты. При ра-

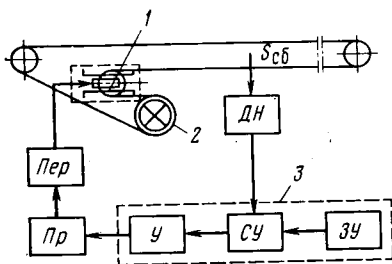


Рис. 4.13. Функциональная схема автоматического натяжного устройства конвейера:

1 — тележка с натяжным барабаном; 2 — приводной барабан; 3 — блок управления

боте конвейера нагрузка на ленту существенно меняется, что приводит к изменению натяжения набегающей ветви. Необходимость автоматического поддержания расчетного соотношения натяжений ветвей вызвана тем, что излишнее натяжение ленты отрицательно сказывается на ее долговечности, а недостаточное — приводит к пробуксовке ленты, быстрому ее износу и возможности аварийных ситуаций. Для предотвращения пробуксовки конвейера натяжение сбегающей ветви ленты автоматически должно

увеличиваться на время пуска в 1,3—1,5 раза по сравнению с периодом установившегося движения конвейера. На конвейерах в карьерах применяются различные типы и конструкции натяжных устройств с грузовым, электрическим и гидравлическим приводом. Наиболее надежны грузовые натяжные устройства. Однако к недостаткам их следует отнести большой вес и громоздкость. Натяжное устройство представляет собой систему автоматического регулирования (рис. 4.13), состоящую из привода Пр передачи Пер тележки 1 с натяжным барабаном, датчиков и блока управления 3. Натяжение $S_{сб}$ сбегающей ветви ленты, измеряемое датчиком натяжения ДН, в сравнивающем устройстве СУ сопоставляется с эталонным сигналом задающего устройства ЗУ. Усиленный усилителем У сигнал рассогласования управляет приводом, перемещающим тележку натяжного барабана до тех пор, пока натяжение в измеримой точке не достигнет заданного значения.

Более компактны электрические и гидравлические натяжные устройства. В устройствах с электроприводом каретка натяжного барабана связана с натяжной лебедкой через полиспасть. Усилие в канате полиспаста передается на тарировочную пружину, деформация которой контролируется конечными выключателями электродвигателя натяжной лебедки. Этим осуществляется трехпозиционное релейное регулирование натяжения ленты. К недостаткам устройства следует отнести его низкую точность.

В ПНР разработано устройство RTP-2 для измерения и автоматического программного регулирования натяжения конвейерной ленты. Устройство состоит из датчика усилий, блока измерения и блока программного управления. В качестве датчика усилий применен магнестрикционный преобразователь. Блок программного управления позволяет управлять двигателем по двухпозиционной схеме во время пуска конвейера и по трехпозиционной схеме при его нормальной работе. Предусмот-

рсно аварийное отключение конвейера в случаях, когда натяжение ленты выходит из зоны допустимых значений.

В ЧССР разработано гидравлическое натяжное устройство, в котором каретки натяжного барабана перемещаются двумя гидравлическими цилиндрами. Питание цилиндров производится от двух насосов с общим электроприводом. Натяжение ленты контролируется в гидросистеме электроконтактным манометром. Привод насосов включается или выключается в зависимости от давления в гидросистеме. Положение ленты в поперечном направлении контролируется с помощью реверсивного насоса. Последний может перекачивать жидкость из одного гидроцилиндра в другой в зависимости от направления бокового смещения ленты. Крайние положения конвейерной ленты контролируются конечными выключателями. Таким образом, автоматизация регулирования натяжения конвейерной ленты ограничена стабилизацией натяжения. Однако во всех рассмотренных устройствах точность стабилизации невысока.

Автоматизированные системы управления конвейерными линиями должны обеспечивать:

автоматический пуск всех конвейеров (с предупредительной сигнализацией) в последовательности, обратной направлению грузопотока, и технологическую остановку — в последовательности, совпадающей с грузопотоком;

автоматический останов всех конвейеров в аварийных ситуациях;

возможность остановки конвейерной линии с любого места вдоль линии;

контроль состояния каждого конвейера линии;

оперативную сигнализацию и связь вдоль линии.

Автоматизированные системы управления конвейерными линиями с диспетчерского пункта разделяются на мало- и многопроводные. Многопроводные системы управления применяются при длине конвейерной линии до 4 км. Во всех известных системах управления на диспетчерский пункт передается следующая основная информация: конвейер подготовлен к пуску; нормальная работа конвейера; конвейер переключен на местное управление; конвейер аварийно остановлен.

Ново-Краматорским машиностроительным и Харьковским электромеханическим заводами разработана система централизованного управления и сигнализации роторного комплекса, состоящего из роторного экскаватора, системы магистральных конвейеров и отвалообразователя. Система обеспечивает управление приводами всех ленточных конвейеров диспетчером; пуск с пульта управления как всех конвейеров линии, так и любой их группы; автоматическую подачу звукового сигнала перед пуском конвейера с отключением его после пуска всей линии; отключение из общей системы блокировки любого конвейера и включение его с места; последовательный останов приводов конвейеров с определенной выдержкой времени, необходимой

для полной разгрузки конвейеров; аварийное отключение с любого места конвейерной линии; автоматическое отключение всех конвейеров, работающих на остановившийся конвейер; автоматическое отключение конвейера при обрыве и пробуксовке ленты, отключении маслониоса, ослаблении натяжения ленты. Предусмотрена световая сигнализация диспетчеру о состоянии приводов любого конвейера. В системе применена релейно-контактная аппаратура; используются полярное уплотнение линии связи и комбинированный метод избирания.

Автоматизированные системы управления конвейерными линиями, разработанные институтами УкрНИИпроект, Гипроуглемаш, Автоматуглерудпром, выполнены с применением релейно-контактной аппаратуры.

В малопроводных телемеханических системах управления конвейерными линиями применяется время-импульсный или кодо-импульсный принцип построения.

В ПНР разработана бесконтактная время-распределительная система ТУ—ТС для централизованного управления конвейерными линиями [2]. Комплект аппаратуры (рис. 4.14) может

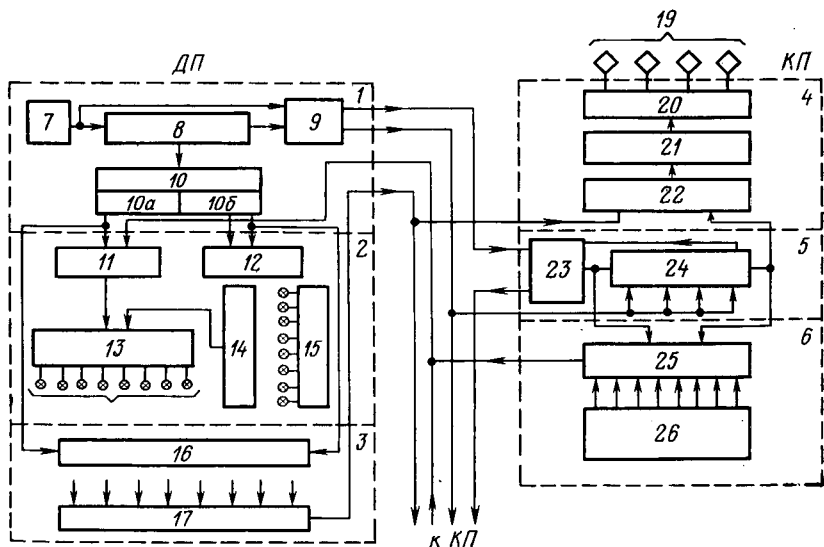


Рис. 4.14. Блок-схема телемеханической системы дистанционного управления конвейерной линией:

ДП — диспетчерский пункт; КП — контролируемый пункт; 1, 5 — блоки синхронизации; 2 — приемник известительных сигналов; 3 — передатчик управляющих сигналов; 4 — приемник управляющих сигналов; 6 — датчик известительных сигналов; 7 — генератор тактовых импульсов; 8 — счетчик импульсов; 9 — блок формирования линейных импульсов; 10 — блок разделения импульсов (10а — род информации, 10б — место информации); 11, 12 — дешифраторы; 13 — блок запоминания рода информации, поступившей от данного КП; 14 — блок вызова объекта на сигнализацию; 15 — блок запоминания номера объекта, с которого поступила информация; 16 — блок задания управляющих команд; 17 — шифратор управляющих сигналов; 18 — сигнальные устройства; 19 — объекты управления; 20 — блок усиления; 21 — блок запоминания; 22 — дешифратор управляющих сигналов; 23 — входное устройство; 24 — синхронизированный счетчик импульсов; 25 — шифратор известительных сигналов; 26 — блок формирования известительных сигналов

обслуживать до 42 контролируемых пунктов (КП). Число управляющих и известительных сигналов для каждого КП равно 20. Система осуществляет двухступенчатый выбор объекта с использованием импульсов разной длительности. Длинные импульсы служат для подключения поочередно к каналу связи контролируемых пунктов, короткие — для подключения управляемых объектов выбранного КП. Двухступенчатый выбор известительной информации позволяет иметь на мнемосхеме всего одну группу указателей состояния контролируемых объектов и указателей всех КП.

В ГДР используется кодо-импульсная телемеханическая система с временным разделением элементов сигнала. Для передачи сигналов телеуправления и телесигнализации приняты две ступени избирания: указание контролируемого пункта, состояние каждого из контролируемых объектов. На каждой ступени избирания применяются коды на одно сочетание при двух значениях импульсного признака, в качестве которого принята ширина импульса. Максимальное число команд в каждой группе избирания равно 10. В эксплуатирующемся варианте системы — семь контролируемых пунктов и 10 объектов на каждом пункте.

Анализ результатов применения автоматизированных систем управления конвейерами показывает их высокую эффективность, которая достигается за счет сокращения времени на пуск и останов конвейеров, высвобождения обслуживающего персонала, увеличения межремонтных сроков и своевременного обнаружения неисправностей.

4.4. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОТВАЛООБРАЗОВАТЕЛЯМИ

Нередко карьеры занимают значительные площади пахотных земель и других сельскохозяйственных угодий, которые не рекультивируются по окончании работ на карьерах, а плодородный слой почвы не сохраняется. Автоматизация процесса отвалообразования должна обеспечить оптимальное использование емкости отвалов и равномерное их заполнение, а также непрерывность грузопотока при отвалообразовании в результате согласования режимов работы отвального оборудования и добычных машин комплекса.

Основные показатели качества отвалообразования: коэффициент заполнения отвала, производительность отвалообразующей машины, объем работ по дополнительной планировке и соблюдение специальных требований. Они используются при определении числа точек отсыпки, углов поворота отвальной консоли, уровней отсыпки в каждой из рабочих точек, шага передвижки. Выбор рабочих параметров и алгоритмов отвалообразования должен производиться с целью обеспечения макси-

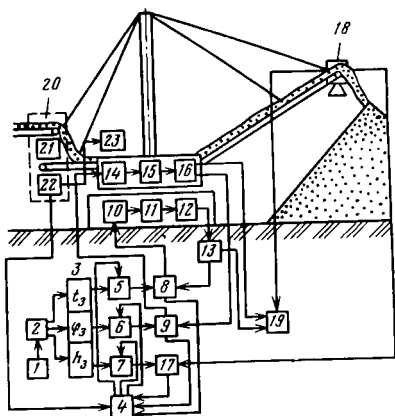


Рис. 4.15. Блок-схема системы программного управления ленточным консольным отвалообразователем

мально возможного совмещения во времени рабочих и вспомогательных операций экскавации и отвалообразования.

Характер работы консольных отвалообразователей от блока к блоку остается неизменным при возможном изменении высоты отсыпаемого отвала в различных точках. Это позволяет автоматизировать их работу на основе программирования операций отвального цикла. Система управления отвалообразователем должна быть связана с системой управления конвейерными линиями комплекса и пунктом перегрузки грунта на отвалообразователь.

Система автоматического программного управления ленточным консольным отвалообразователем [2] работает следующим образом. Перед началом отсыпки отвального блока с помощью блока ввода 1 (рис. 4.15) и преобразователя 2 в программноноситель 3 вводятся программируемые углы поворота φ_3 отвальной консоли, значения высот h_3 подсыпки отвала в каждом из положений консоли и перемещения t_3 отвалообразователя при изменении точек стояния. При включении системы по команде блока управления 4 открывается ключ 6 и из программноносителя 3 в устройство сравнения 9 поступает код начального угла поворота консоли. В устройстве сравнения 9 он сравнивается с кодом действительного угла поворота консоли, поступающим от датчика 16, определяется знак рассогласования и вырабатывается сигнал на устранение рассогласования, подаваемый в станцию 14 управления приводом поворота отвальной консоли. По сигналу управления включается привод 15 и осуществляется поворот консоли до прихода ее в запрограммированное положение.

После выполнения этой операции из устройства сравнения 9 в блок управления поступает сигнал, которым открывается ключ 7. Через ключ на вход блока сравнения 17 поступает сигнал, пропорциональный заданной высоте подсыпки в данном положении отвальной консоли. На второй вход блока 17 от датчика 18 подается сигнал, пропорциональный действительной высоте отвала. При достижении гребнем отвала заданной высотной отметки на выходе блока сравнения 17 формируется сигнал, подаваемый в блок управления 4. По этому сигналу блок 4 вырабатывает команду, открывающую ключ 6, через который в устройство сравнения 9 поступает код очередного программи-

руемого угла поворота отвальной консоли. Обработка этого угла и отсыпка из него отвала до заданного уровня производятся аналогично описанным выше операциям.

После завершения отсыпки в последнем (для данной точки стояния отвалообразователя) положении отвальной консоли блок 4 формирует команду, открывающую ключ 5, через который в блок сравнения 8 поступает код заданного перемещения отвалообразователя в новую точку стояния. По сигналу, поступающему из блока сравнения 8, станция управления 10 включает привод хода 11.

При перемещении отвалообразователя датчик 12 вырабатывает импульсы, число которых пропорционально пути, пройденному отвалообразователем с момента начала перемещения. Сигналы датчика 12 суммируются счетчиком 13. При совпадении кода на выходе счетчика 13 с кодом требуемого перемещения, подаваемым в блок сравнения 8 через ключ 5 от программноносителя 3, исчезает сигнал на выходе устройства сравнения 8, вследствие чего привод 11 останавливается. Сигнал о выполнении заданного перемещения поступает из устройства сравнения 8 в блок управления 4. На этом отсыпка отвального блока заканчивается и далее цикл может повторяться.

В процессе отсыпки и выполнения установочных операций работает блок цифровой индикации 19, и машинист с его помощью имеет возможность контролировать положение механизмов отвалообразователя и ход процесса формирования отвала.

В управлении процессом отвалообразования участвует также состоящий из первичного датчика 21 и приемника 22 измеритель рассогласования 20, с помощью которого выдерживаются согласованные положения приемной консоли отвалообразователя и разгрузочной консоли смежной с отвалообразователем машины. Измеритель рассогласования 20 обеспечивает стабилизацию грузопотока при поворотах или перемещениях отвалообразователя (или смежной машины) путем воздействия на следящий привод 23 поворота приемной консоли отвалообразователя.

Система программного управления отсыпкой отвала впервые в отечественной практике была разработана институтом УкрНИИПроект и внедрена на Стрижевском карьере [13]. Комплекс состоит из многоковшового цепного полноповоротного экскаватора и транспортно-отвального моста, между которыми установлен связывающий поперечный мост. Экскаватор и транспортно-отвальный мост оборудованы ходовыми механизмами на железнодорожном ходу. Управление отсыпкой отвала производится поворотом моста и его консолей в плане по определенной программе путем регулирования скорости отвальной опоры. Автоматическое управление ходовыми механизмами отвальной опоры моста осуществляется синхронно-следящим

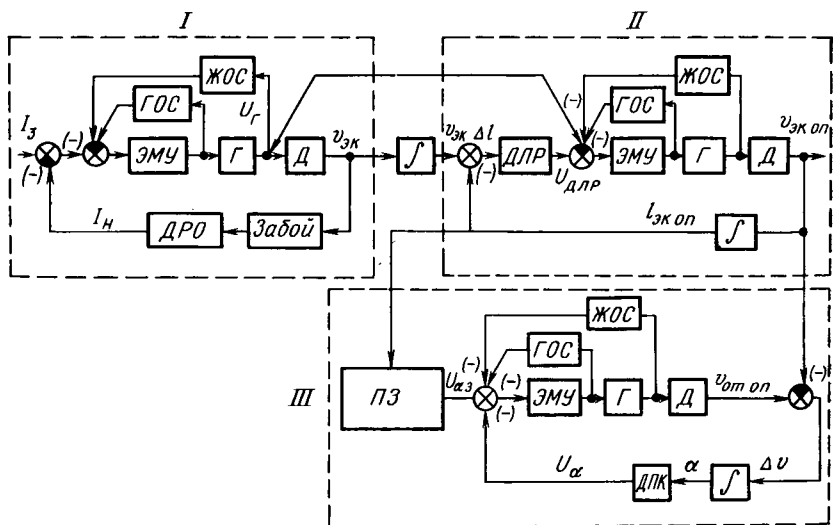


Рис. 4.16. Структурная схема системы автоматического управления комплексом

электроприводом и фотоэлектрическим программным устройством.

Автоматизированная система состоит из трех взаимосвязанных локальных систем автоматического регулирования (рис. 4.16): *I* — системы автоматического регулирования процесса копания экскаватора; *II* — синхронно следящей системы электропривода хода экскаваторной опоры моста; *III* — системы программного управления отвалообразованием.

Система автоматического регулирования процесса копания экскаватора *I*, выполненная как система стабилизации тока I_n нагрузки двигателя рабочего органа ДРО (ковшовой цепи), обеспечивает автоматическое изменение скорости хода экскаватора $v_{эк}$ в зависимости от изменения свойств забоя. Электропривод хода экскаватора выполнен по системе Г—Д с возбуждением генератора от электромашинного усилителя ЭМУ. Для формирования статических и динамических характеристик электропривода используются жесткая обратная связь ЖОС по напряжению генератора U_G и гибкая обратная связь ГОС по напряжению ЭМУ.

Синхронно-следящая система электропривода хода экскаваторной опоры *II* имеет входным сигналом напряжение U_G генератора привода хода экскаватора, пропорциональное скорости $v_{эк}$. Кроме этого сигнала, на вход системы подается корректирующий сигнал $U_{ДЛР}$ от датчика линейного рассогласования ДЛР, пропорциональный рассогласованию Δl положений экскаватора и опоры моста. Датчиком линейного рассогласования служит сельсин, ротор которого поворачивается при из-

менении расстояния между экскаватором и опорой. Движение ротору сельсина передается от вала-шестерни, расположенной на экскаваторной опоре, которая обкатывается по зубчатой рейке, закрепленной на поперечном мосту.

Система программного управления отвалообразованием III обеспечивает выполнение программы отсыпки регулированием скорости отвальной опоры $v_{от.оп.}$ Программу отсыпки задается в виде последовательности изменения угла поворота моста $\alpha (C_{эк.оп.})$ в функции пути, проходимого экскаваторной опорой. Сигнал $U_{\alpha 3}$ программного задатчика ПЗ — задающий для привода отвальной опоры — вызывает ее смещение относительно экскаваторной опоры. Другой входной сигнал на привод отвальной опоры — напряжение генератора привода экскаваторной опоры, пропорциональное скорости $v_{эк.оп.}$ Датчиком ДПК фактического положения консоли (угла α) служит сельсин, ротор которого связан с поворотным устройством на экскаваторной опоре моста.

Поворот ротора задающего сельсина осуществляется фотоэлектрическим программным устройством. Программа угла поворота моста в функции пути, проходимого экскаваторной опорой, задается в виде линии на бумажной ленте. Программонеситель приводится в движение от ходового колеса экскаваторной опоры. Фотоэлектрическое программное устройство представляет собой непрерывную следящую систему с усилителем на транзисторах. Перемещение фотоэлектрической головки преобразуется в поворот сельсина-трансформатора, питаемого другим сельсином, связанным с экскаваторной опорой моста. Напряжение с выхода сельсина-трансформатора после преобразования и усиления подается в схему управления электроприводом ходового механизма отвальной опоры.

Киевским институтом автоматики разработана система программного управления транспортно-отвальным мостом для Камышбурунского железорудного комбината. Высота отвала задается в функции положения экскаваторной опоры и угла разворота моста относительно этой опоры. Лентопротяжный механизм работает синхронно с перемещением экскаваторной опоры моста. На перфоленте в двоичном коде записываются значения программируемых углов разворота моста в функции длины ленты. Управление скоростью экскаваторной опоры производится от системы стабилизации производительности экскаватора. Недостаток системы — отсутствие обратной связи по высоте отвала.

5. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГОРНОТРАНСПОРТНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

5.1. КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ

Работа горнотранспортных комплексов оценивается следующими показателями: объемом добытой горной массы; качеством усреднения; равномерностью подвигания фронта работ; потерями, вызванными простоем оборудования. Однако управление по большому числу показателей представляет немалые трудности, поскольку сравнение различных вариантов управления процессами не может быть произведено по нескольким показателям без установления соотношения эквивалентности между ними. Известные методы решения подобных задач сводятся к свертыванию векторного показателя к скалярному. Наиболее распространены методы гибкого и жесткого предпочтения. Метод гибкого предпочтения применяется при условии, если какие-либо показатели сопоставимы между собой. В этом случае показатели сводятся к обобщенному показателю с помощью весовых коэффициентов. Метод жесткого предпочтения предусматривает введение жесткой структуры критериев. При решении многокритериальных задач применяются методы декомпозиции, т. е. разделения задачи на подзадачи, в каждой из которых имеется частный критерий управления. В этом случае множество критериев учитывается порядком и последовательностью решения подзадач, причем вырабатываемое решение подзадачи верхнего ранга выполняют функцию ограничений для следующего уровня подзадач.

Если критерии эффективности управления определены, то задача многошагового управления горнотранспортным процессом может быть сформулирована в следующем виде [2]. Пусть состояние системы описывается некоторым n -мерным вектором X , а критерий эффективности управления системой определяется m -мерным вектором.

$$Q = Q(X, Y, F, t), \quad (5.1)$$

где Y — вектор управляющих воздействий; F — вектор возмущающих воздействий; t — текущее время.

Для N -шагового процесса управление заключается в последовательном выборе управляющих воздействий на каждом шаге таким образом, чтобы оптимизировать значение целевой функции O для конечного состояния системы. При этом число возможных траекторий перехода системы из начального состояния в конечное очень велико — $M = m^N$ (m — число возможных выборов на каждом шаге), а выбор оптимального варианта исходя из значения целевой функции для конечного состояния системы практически неосуществим из-за сложности определения и явно нецелесообразен из-за вероятностного характера процесса и трудностей предсказания ситуаций. Практически на каждом

шаге выбор управления производится из конечного числа допустимых альтернатив на основании иерархической системы критериев.

Основные задачи системы управления технологическими процессами можно разделить на три группы: оперативное планирование; оперативное управление; оперативный контроль, учет и анализ процессов.

Оперативное планирование горнотранспортных процессов заключается в определении объемов добычи и погрузки горной массы экскаваторами, распределении этих объемов по пунктам разгрузки, распределении транспортных средств и др. Для оперативного управления процессами существует оперативный план, составляемый на начало смены.

При оперативном планировании горнотранспортных процессов невозможно выделить один критерий оптимальности, который позволил бы оценить результаты управления процессом и был бы достаточно удобным для получения на данном временном интервале. Поэтому каждый процесс при составлении оперативного плана разделяют на подпроцессы, обладающие локальным критерием оптимальности, например, максимумом производительности карьера, минимумом транспортных затрат и др. Изложенное соответствует декомпозиции задачи составления оптимального плана, а порядок и очередность решения подзадач определяются их приоритетом (приоритетом локальных критериев). Исходными данными для составления оперативных планов являются сменные планы поставок руды и породы, текущая и прогнозируемая ситуации на карьере и т. д. Результаты решения задачи реализуются путем ввода их в задачи управления горнотранспортным комплексом как исходной информации.

Оперативное управление горнотранспортными комплексами заключается в обеспечении наилучшего выполнения оперативного плана в соответствии с принятыми критериями эффективности.

Основные управляющие воздействия на горнотранспортный процесс заключаются в управлении движением автомобильного и железнодорожного транспорта. Работу транспорта следует организовать таким образом, чтобы обеспечить непрерывность процессов обогатительных фабрик и минимум простоев оборудования.

Задача управления железнодорожным транспортом сводится к определению адресов локомотивосоставов и регулированию их движения. Для каждого состава определяется последовательность адресов назначения на заданный период расчета и соответствующие этим адресам показатели ценности составов. Оценка качества управления осуществляется системой критериев на основе метода жесткого предпочтения. Регулирование движения локомотивосоставов производится следующим образом. По прибытии состава к очередной контрольной точке опре-

деляется такой вариант маршрута, который обеспечивает минимальное опоздание в пункт назначения. Одновременно с этим определяется возможное время отправления состава.

Управление экскаваторно-автомобильным комплексом заключается в распределении автосамосвалов между экскаваторами по закрытому или открытому циклу. При организации работы автотранспорта по закрытому циклу автосамосвалы закрепляются на всю смену за определенным экскаватором. При открытом цикле автосамосвалы совершают рейсы по заданному адресу, определяемому на основе информации о состоянии экскаваторов (в соответствии с принятым критерием эффективности управления).

Управление горнотранспортными комплексами непрерывного действия заключается в выработке решений о запуске и останове комплекса по результатам оперативного анализа производственной ситуации; в дистанционном и телемеханическом управлении — пуском конвейерных линий и пр.

Оперативный контроль, учет и анализ процессов необходимы для своевременного обнаружения отклонений от плана, предупреждения и ликвидации возникающих нарушений.

5.2. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Для создания систем управления необходимо предварительно провести обследование объекта и определить критерии управления. Поэтому проблемы информационного обеспечения являются одним из главных вопросов при разработке АСУ.

Проблемы информационного обеспечения могут быть разделены на вопросы внешнего информационного обеспечения, связанные с подготовкой данных и оперированием с ними вычислительного управляющего комплекса, и внутреннего информационного обеспечения, к которым относится обработка данных вычислительными средствами.

Информационное обеспечение систем управления должно отвечать следующим требованиям: полнота и достоверность информации; необходимая и достаточная точность, надежность; своевременность и регулярность поступления информации. Информация об управляемом объекте должна охватывать все возможные состояния по всем управляемым параметрам. Значение параметров должно выражаться определенным числом значащих цифр, уменьшение которого недопустимо, а увеличение — излишне. Принципы и технические средства сбора, передачи и обработки информации должны обеспечивать уверенность в точности сведений об объекте.

Временные и количественные характеристики информации, взаимосвязь источников информации и ее видов могут быть отражены в информационной модели системы. Последняя составляется обычно в виде схемы, которая дополняется различными аналитическими таблицами, постановками задач и т. п. Такая

информационная модель позволяет оценить все стороны информационного обеспечения системы, т. е. осуществить выбор средств формирования, систем передачи и устройств обмена информацией со средствами вычислительной техники; выбрать методы сбора, кодирования, декодирования, распределения, ввода и вывода информации. Все параметры и показатели, передаваемые информационными сообщениями, могут быть отнесены к одному из следующих информационных массивов: массиву условно-постоянной информации; массиву переменной информации; выходному массиву; внутреннему массиву.

Совокупность перечисленных информационных массивов образует информационную базу системы, на основе которой производится формирование и организация машинных массивов, необходимых для решения отдельных задач.

Массив условно-постоянной информации образуют параметры, характеризующие плановые задания, ограничения (по объемам добычи, характеристикам качеств и др.), уставки (условия заезда под погрузку или разгрузку, характеристики путевых схем), заданный состав и порядок взаимодействия оборудования и др. Ввод их в систему производится различными способами и устройствами. Наиболее целесообразен централизованный ввод в определенное время.

Массив переменной информации образуют показатели, определяющие количественные и качественные характеристики процессов, протекающих в системе (производительность горного и транспортного оборудования, качество и количество подготовленной к погрузке горной массы и др.), состояние отдельных элементов (автосамосвалов, экскаваторов и др.), время функционирования объектов и продолжительность операций. Ввод этой информации в систему производится разнообразными периферийными устройствами.

Выходной массив образуют результаты расчетов по задачам, выводимые на печать (показатели оперативных планов, часовые и сменные учетные показатели), индицируемые на мнемосхемах, диспетчерских табло и др.

Внутренний массив образуют вторичные показатели, необходимые для связи между задачами.

Оценка объемов информации в автоматизированных системах управления должна производиться с учетом резкого возрастания частоты сбора и обработки информации. Информационная структура должна предотвратить появление неконтролируемых воздействий, искажений и потерь части информации.

Систему передачи информации составляет совокупность технических средств, при помощи которых сообщения передаются от объектов к адресатам. На карьерах используются разнообразные виды сообщений (акустические, алфавитно-цифровые и цифровые, визуальные). Во всех известных системах передачи информации на карьерах радиоканал является основным видом связи. Исходя из особенностей передачи информации, радиока-

налы на карьерах создаются для работы в УКВ диапазоне (30—300 МГц). При расположении адресатов (диспетчерских пунктов) за пределами карьеров создаются комбинированные каналы вследствие малого радиуса распространения ультракоротких волн.

Для передачи информационного сообщения в автоматизированных системах управления производится их кодирование, т. е. преобразование сообщения в сигнал (или комбинацию различных сигналов) для передачи от объекта к адресату по каналу связи. Сообщения и сигналы делятся на непрерывные и дискретные. Дискретные сигналы менее подвержены влиянию помех в каналах связи, проще преобразуются для обработки на ЭВМ. Поэтому они нашли более широкое применение. Единичные элементы дискретных сообщений обладают различными физическими свойствами. К ним относятся полярный, амплитудный, временной и частотный признаки. Для усиления помехоустойчивости при кодировании сообщений часто используются одновременно несколько качественных признаков.

Кодирование производится с различной целью. Например, при необходимости обеспечения простоты и надежности аппаратурной реализации информационных устройств кодирование при непрерывном входном сигнале осуществляется аналого-кодовыми преобразователями. При наличии помех в каналах связи к методам кодирования предъявляются дополнительные требования. Кодирование должно осуществляться таким образом, чтобы сигнал после воздействия на него помехи в канале передачи сохранил возможно большее подобие сигналу, соответствующему последовательности символов на передающей стороне. Коды, обеспечивающие такую передачу сигналов, называются помехоустойчивыми, или корректирующими.

Вопросы отыскания удобных методов выбора кодовых обозначений для различных каналов связи с помехами относятся к теории кодирования. На рис. 5.1 приводится классификация кодов, принятая в работе [2].

В системах передачи дискретной информации без обратной связи (рис. 5.2) информация с объекта поступает через коммутатор в запоминающее устройство (ЗУ). Шифратор принимает информацию из ЗУ и кодирует ее для передачи. При использовании систематических кодов шифратор формирует также избыточные элементы кодовых комбинаций или выбирает из множества кодовых комбинаций подмножество комбинаций, удовлетворяющих заданным требованиям. Модулятор генерирует сигналы, предназначенные для отображения каждой цифры сообщения (например, 0 или 1). Эти сигналы поступают в передатчик для модуляции несущей частоты. На стороне приема информации производится демодуляция принятых сигналов, декодирование сообщения и его анализ на достоверность. Коммутатор приемной стороны осуществляет прием сообщений из ЗУ, обрабатывает и анализирует адреса и передает сообщения

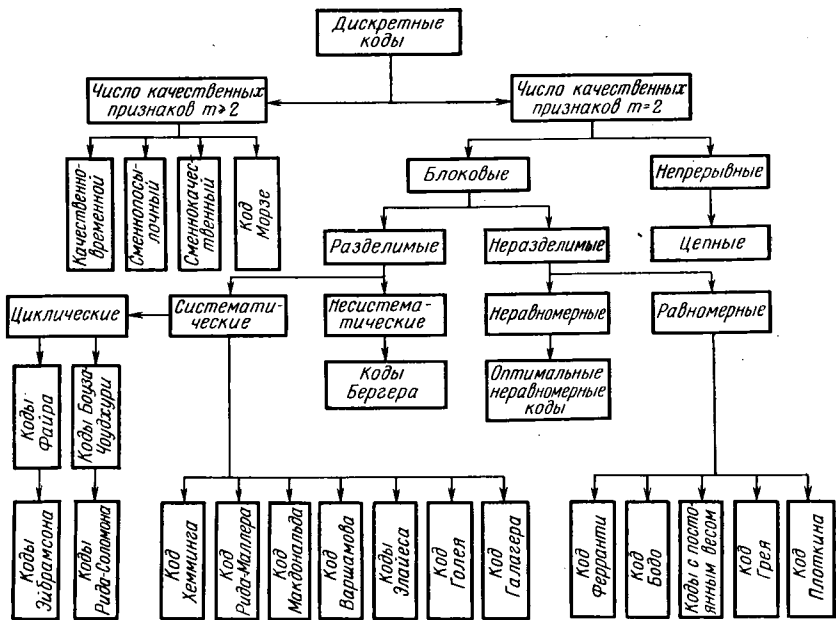


Рис. 5.1. Классификация наиболее распространенных дискретных кодов

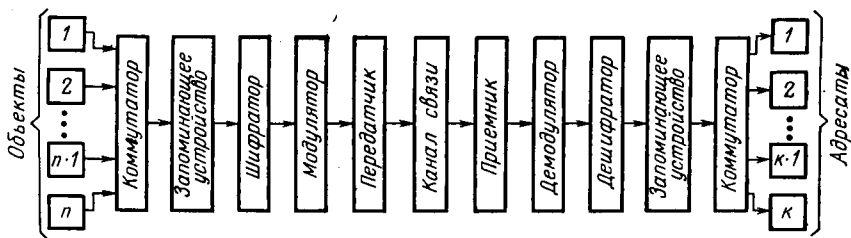


Рис. 5.2. Структурная схема системы передачи дискретной информации

на оконечные устройства. Обычно информация в системах передачи дискретной информации передается последовательным способом. В настоящее время находят все более широкое применение системы с параллельной передачей. При этом способе полоса частот канала делится на ряд подканалов путем независимой модуляции несущих с различными частотами. Параллельная передача эффективна при борьбе с амплитудными и временными искажениями и импульсными шумами.

Одной из задач разработки систем управления является организация обмена информацией между периферийными устройствами и управляющим вычислительным комплексом (УВК). Известны следующие способы организации работы устройств

обмена информацией с ЭВМ: согласованный обмен, предварительное накопление, прерывание основной программы ЭВМ, приостановка операций ЭВМ, мультиплексирование, селекция, предварительное уплотнение, полное совмещение. В УВК автоматизированных систем управления на карьерах могут быть использованы разнообразные сочетания перечисленных способов. При этом ЭВМ может работать как в режиме реального времени, так и в режиме разделения времени.

При автоматизированном управлении информационное обеспечение оперативного персонала представляет собой сложную задачу, решение которой зависит от множества факторов (типов решаемых системных задач, назначения системы и др.). В состав системы отображения информации входят алгоритмы и программы обеспечения оптимального отображения, а также люди, принимающие информацию, производящие ее оценку, выработывающие и реализующие решения.

5.3. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭКСКАВАТОРНО-ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ КОМПЛЕКСОМ

Особенности и задачи управления экскаваторно-железнодорожным комплексом. К основным особенностям работы карьерного железнодорожного транспорта относятся высокая интенсивность движения при коротких перегонах и большой разветвленности пути, изменчивость конфигураций транспортной сети. Эти условия работы карьерного транспорта создают значительные трудности при управлении экскаваторно-железнодорожным комплексом.

Современный карьерный железнодорожный транспорт еще недостаточно оснащен техническими средствами управления и памного отстает в этом от магистрального железнодорожного транспорта. В связи с этим главными направлениями автоматизации управления карьерным железнодорожным транспортом следует считать: широкое применение средств электрической централизации; дистанционное управление локомотивами в пунктах погрузки и выгрузки горной массы; автоматическое управление движением поездов; диспетчерская централизация (автоматический набор маршрута диспетчером); дистанционное управление стрелочными переводами с локомотива по радиоканалу; автоматическое взвешивание железнодорожных вагонов на ходу и передача этой информации в ЭВМ для учета работы железнодорожного транспорта и т. д.

Оперативное руководство горнотранспортным процессом при использовании автоматизированной системы управления экскаваторно-железнодорожным комплексом (рис. 5.3) осуществляется горнотранспортным диспетчером и поездными диспетчерами. Диспетчеры управляют процессом, выбирая адрес и маршрут движения локомотивосостава. Стрелки можно переводить автоматически с помощью устройств электрической централи-

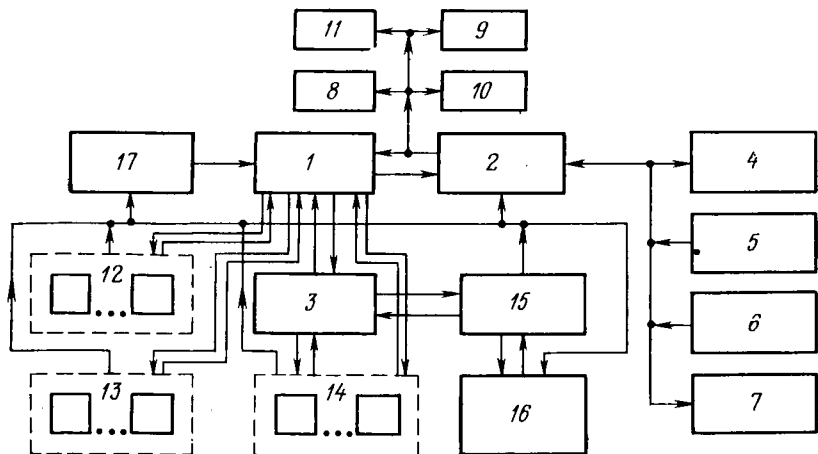


Рис. 5.3. Укрупненная функциональная схема автоматизированной системы управления экскаваторно-железнодорожным комплексом:

1 — горнотранспортный диспетчер; 2 — управляющий вычислительный комплекс; 3 — поездные диспетчеры; 4 — программа производства и технологические ограничения; 5 — критерии управления; 6 — алгоритмы управления; 7 — схема путевого развития и транспортные ограничения; 8 — контроль процесса и регистрации учетных данных; 9 — оперативный план работы комплекса; 10 — адресация составов; 11 — выработка маршрутов движения составов; 12 — пункты погрузки; 13 — пункты разгрузки; 14 — локомотивосоставы; 15 — электрическая централизация; 16 — путевое развитие; 17 — ситуационное табло

зации, для чего диспетчер выбирает желаемый вариант маршрута, пользуясь ключами управления. При этом устройства электрической централизации автоматически переводят стрелки в необходимое положение и управляют сигналами светофоров, шлагбаумами и пр. Чтобы набрать маршрут, диспетчер должен знать транспортную ситуацию на участке. Для этого используется мнемосхема, на которой изображены свободные и занятые участки пути, состояние стрелок и сигналов. Источниками информации о транспортной ситуации являются датчики местонахождения составов, рельсовые цепи. Сведения о состоянии экскаваторов передаются с помощью автоматических устройств или пультов ручного ввода, установленных на экскаваторе. Данные о состоянии забоев набираются машинистом экскаватора на пульте ручного ввода. Информация о состоянии дробильно-сортировочного комплекса обогатительной фабрики вводится в систему оператором приемного бункера с пульта ручного ввода. По речевому радиоканалу причины простоев экскаваторов и составов передаются диспетчеру, который вводит их в систему с пульта ручного ввода. С пунктов взвешивания поступают данные о весе составов.

Вся указанная информация о состоянии технологического процесса и транспортной ситуации выводится на ситуационное табло горнотранспортного диспетчера и вместе с информацией

о схеме путевого развития, другими критериями управления вводится в управляющий вычислительный комплекс (УВК).

В соответствии с заложенными в виде программ алгоритмами управления УВК вырабатывает управляющие команды, обеспечивающие наиболее выгодный режим горнотранспортного процесса. Эти команды могут передаваться оперативному персоналу или непосредственно на автоматическое устройство для реализации их электрической централизацией. В связи с недостаточной надежностью средств автоматического задания маршрутов в настоящее время управляющие команды подаются машинисту локомотива по двусторонней телемеханической или речевой радиосвязи.

Как указывалось в 5.1, управление экскаваторно-железнодорожным комплексом состоит в оперативном планировании работы комплекса на смену, оперативном управлении движением железнодорожных составов и в оперативном контроле, учете и анализе работы комплекса.

Оперативный план составляется на основе плановых показателей поставок полезного ископаемого и горно-подготовительных работ. Составление его представляет собой оптимизационную задачу. При ее решении в зависимости от условий работы экскаваторно-железнодорожного комплекса могут быть приняты различные критерии оптимальности. Математическую модель оптимизационной задачи оперативного планирования определяют выбранный критерий оптимальности и ограничения. Применяют следующие критерии.

1. Максимум суммарных объемов добычи и (или) вскрыши участка или карьера

$$F_1 = \sum_{i=1}^n \chi_{ij} \rightarrow \max, \quad (5.2)$$

где χ_{ij} — объем горной массы (в составах), доставляемой от i -го пункта погрузки в составы, т. е. от i -го экскаватора ($i=1, 2, \dots, n$) на j -й пункт разгрузки ($j=1, 2, \dots, m$); n — число экскаваторов.

2. Минимум отклонения усредненных значений качественных показателей полезного ископаемого, поставляемого на обогатительные фабрики, от планируемых значений:

$$F_2 = \sum_{j=1}^m \sum_{k=j}^p C_j^k \times \left| \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_{ij}^k \chi_{ij}}{n_j} - \alpha_{jпл}^k \right| \rightarrow \min, \quad (5.3)$$

$$F_3 = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p C_j^k \left(\frac{\sum_{l=1}^n \alpha_{ij}^k \chi_{lj}}{n_i} - \alpha_{j_{пл}}^k \right)^l \rightarrow \min, \quad (5.4)$$

где C_j^k — весовой коэффициент, учитывающий ценность k -го показателя полезного ископаемого в руде ($k=1, 2, \dots, p$) в j -м пункте разгрузки; α_{ij}^k — значение k -го показателя полезного ископаемого в руде, доставляемой от i -го экскаватора на j -й пункт разгрузки; $\alpha_{j_{пл}}^k$ — планируемое значение k -го показателя в j -м пункте разгрузки; $l=2, 3 \dots$

3. Минимум затрат на экскавацию и транспортирование горной массы

$$F_4 = \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^n S_{lj} \chi_{lj} \rightarrow \min, \quad (5.5)$$

где S_{lj} — затраты на экскавацию и транспортирование 1 т руды от l -го экскаватора к j -му пункту разгрузки.

4. Максимальная равномерность загрузки экскаваторов

$$F_5 = |\beta_{\max} - \beta_{\min}| \rightarrow \min, \quad (5.6)$$

где β_{\max} , β_{\min} — коэффициенты загрузки наиболее и наименее загруженных экскаваторов.

5. Максимальная прибыль карьера

$$F_6 = \sum_{i=1}^n q_i (C_i - S_i) \rightarrow \max, \quad (5.7)$$

где q_i — объем горной массы, погруженной i -м экскаватором за смену; C_i — цена 1 т руды, направляемой на обогатительную фабрику из i -го забоя; S_i — затраты на добычу 1 т руды из i -го забоя, слагающиеся из затрат на экскавацию, транспортирование и буровзрывные работы.

При решении задачи оперативного планирования принимаются следующие ограничения [3].

1. По объемам экскавируемой горной массы

$$q_{i \max} \geq \sum_{j=1}^m \chi_{lj} \geq q_{i \min}, \quad (5.8)$$

где $q_{i \max}$ и $q_{i \min}$ — предельные значения горной массы, которые могут быть погружены i -м экскаватором с учетом подготовленных к выемке запасов, планов ведения горных работ, качества дробления горной массы, эксплуатационной производительности экскаваторов.

Ограничения по объемам горной массы могут быть заданы общие или отдельные по вскрыше и добыче.

2. По объему поставляемой на пункты разгрузки горной массы

$$\sum_{i=1}^n \chi_{ij} = Q_{j \text{ пл}}, \quad (5.9)$$

т. е. объем горной массы, доставленной от всех пунктов погрузки в j -й пункт разгрузки, должен быть равен плановым значениям. Это ограничение может быть заменено неравенством

$$\sum_{i=1}^n \chi_{ij} \geq Q_{j \text{ пл}}. \quad (5.10)$$

3. По качественным показателям полезного ископаемого

$$\left| \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_{ij}^k \chi_{ij}}{\sum_{i=1}^n \chi_{ij}} - \alpha_{j \text{ пл}}^k \right| \leq \alpha_{j \text{ доп}}^k. \quad (5.11)$$

Это означает, что среднее за планируемый период содержание α_{ij}^k k -го показателя в j -м пункте разгрузки должно находиться в пределах допустимых значений.

4. По числу выделенных на смену транспортных средств

$$\frac{1}{T_{\text{см}}} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \chi_{ij} t_{ij} \leq N, \quad (5.12)$$

где $T_{\text{см}}$ — продолжительность смены в карьере; t_{ij} — нормативное время оборота локомотивосостава между i -м пунктом погрузки и j -м пунктом разгрузки; N — число локомотивосоставов на карьере.

5. Условие целочисленности решения

$$\chi_{ij} = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (5.13)$$

Принятые ограничения (5.8) — (5.13) совместно с одной из целевых функций критериев оптимальности описывают оптимизационную модель задачи оперативного планирования.

В связи с тем, что ограничение (5.13) — условие целочисленности решения — присуще любой задаче планирования работы экскаваторно-железнодорожного комплекса, все модели этих задач относятся к моделям полностью целочисленного программирования. Если критерий оптимальности и другие ограничения линейны, то задача планирования может решаться одним из методов целочисленного (дискретного) программирования [2]. Трудности точного решения задач целочисленного программирования возрастают с ростом размерности. Поэтому широкое распро-

странение получили приближенные методы решения этих задач, использующие неформальный анализ и корректировку решения соответствующей задачи линейного программирования.

К приближенным методам решения задачи оперативного планирования относится метод «выравнивания» [2], позволяющий найти одно из допустимых решений задачи. При этом поиск решения осуществляется так, чтобы полученное решение по возможности удовлетворяло заданным критериям.

Если постановку задачи оперативного планирования экскаваторно-железнодорожного комплекса не удастся осуществить на основе одного критерия оптимальности, то задача, как было указано выше, разделяется на подзадачи, каждая из которых решается на основе своего локального критерия. Приоритет критериев определяет последовательность решения этих подзадач.

Оперативное управление заключается главным образом в выборе решения о назначении и маршруте движения составов. Основная задача управления транспортом — составление расписания работы транспорта, представляющего собой развертку оперативного плана во времени. Расписание движения железнодорожного транспорта должно составляться на относительно короткий отрезок времени и оперативно корректироваться в соответствии с изменениями производственной ситуации.

Для оценки эффективности решения задач оперативного управления экскаваторно-железнодорожным комплексом (адресации локомотивосоставов и выбора маршрута их движения) применяются критерии [2]:

- 1) минимум простоев обогатительных фабрик или минимум суммарных потерь от их простоев;
- 2) минимум суммарных потерь от простоев экскаваторов или локомотивосоставов;
- 3) минимум текущего отклонения качественных показателей полезного ископаемого в пункте разгрузки от планируемых значений;
- 4) максимальная равномерность загрузки экскаваторов;
- 5) минимальный объем перемещений локомотивосоставов.

Если эффективность управления необходимо оценивать по нескольким критериям, то их сводят к обобщенному критерию методом гибкого предпочтения или применяют жесткую систему приоритетов.

К основным ограничениям относятся:

- 1) объем погрузки горной массы в каждом забое не должен превышать плановое задание;
- 2) в пункт погрузки подается только порожний состав;
- 3) ориентация локомотивосостава в пунктах погрузки и разгрузки должна соответствовать требуемой;
- 4) качество горной массы, подаваемой в пункты разгрузки, должно соответствовать плановому заданию;

5) один путевой элемент не может быть одновременно занят двумя различными составами.

Задача управления движением железнодорожного транспорта характеризуется большой размерностью, случайными параметрами и многошаговостью принятия решений. Поэтому для ее решения практически невозможно применить методы математического программирования.

Наиболее простой метод адресации составов — это логический метод, основанный на распознавании ситуации [2], что осуществляется путем сравнения комбинаций признаков в заранее заданном порядке. В качестве признаков, характеризующих ситуацию, могут быть приняты занятость забоя, качество горной массы, ход выполнения оперативного плана и др.

Один из возможных алгоритмов адресации состава по этому методу может быть описан следующей логической схемой:

$$\Phi_1 A_2 A_3 A_4 A_5 P_{6 \downarrow 1} Y_7, \quad (5.14)$$

в которой использованы операторы: Φ_1 — формирования зоны расположения экскаваторов; A_2 — выбора свободных забоев; A_3 — запоминания номера экскаватора с требуемым составом горной массы; A_4 — выбора забоев по признаку отставания погрузки; A_5 — выбора ближайшего забоя; $P_{6 \downarrow 1}$ — проверки условия, все ли зоны рассмотрены; Y_7 — выдачи адреса и останова.

Указанный алгоритм учитывает только текущие значения признаков ситуации. Увеличение точности выбора адреса погрузки возможно прогнозированием ситуации на основе модели, имитирующей процессы погрузки, разгрузки и перемещения составов. При моделировании ситуаций на некоторый период вперед можно оценить принимаемые решения, что позволяет выбрать наилучшие из них.

Сущность метода математического моделирования состоит в построении для исследуемого процесса соответствующего моделирующего алгоритма, имитирующего при помощи операций вычислительной машины поведение элементов сложной системы и взаимодействие между ними. Для моделирования характерно воспроизведение явлений, описываемых математической моделью, с сохранением их логической структуры и последовательности чередования во времени. Моделирование горнотранспортного процесса с помощью вычислительной машины заключается в том, что каждому состоянию моделируемой единицы оборудования, реализующей одну операцию из некоторого числа операций, составляющих процесс, соответствует определенная запись в выделенной группе ячеек оперативной памяти ЭВМ. Затем эта запись изменяется таким же образом и в такой же последовательности, как это происходит в моделируемом процессе.

Информация о состоянии экскаваторно-железнодорожного комплекса записывается в вычислительной машине в виде некоторой совокупности чисел, отображающей производственную

ситуацию в текущий момент времени. Для отображения производственной ситуации при моделировании выделяются три массива характеристик: путевой схемы; транспортных объектов; пунктов погрузки и разгрузки составов (экскаваторов, фабрик, отвалов).

Массив характеристик пунктов разгрузки и выгрузки железнодорожных составов содержит по каждому объекту номер экскаватора, вид работы (погрузка, разгрузка), показатель качества руды в забое, условие заезда под погрузку, производственное задание, момент начала погрузки (выгрузки), прогнозируемую продолжительность погрузки (выгрузки) и др.

Массив характеристик транспортных объектов содержит по каждому объекту номер состава, код типа состава, ориентацию состава, время готовности к отправлению, чистоту вагонов, планируемое время постановки состава на технический осмотр и ожидаемый момент его окончания, вес горной массы в составе, код рода груза и показатели качества руды в составе, очередной пункт назначений, планируемый момент прибытия состава в пункт назначения. Информация, характеризующая каждый транспортный объект, называется его числовым кодом.

Массив характеристик путевой схемы содержит по каждому элементу путевой схемы (перегон, тупик и т. д.) номер элемента, номер границ элемента, допустимое направление движения, время хода по элементу, признак занятости элемента, планируемый момент отключения элемента и прогнозируемую продолжительность отключения. При определении времени хода используется датчик случайных чисел и определенный из опытных данных закон распределения случайного значения времени хода.

Перемещение транспортных единиц по элементам путевой схемы может быть отображено в вычислительной машине двумя способами: «эстафетным» и «скользящего адреса».

«Эстафетный» способ заключается в том, что в массиве характеристик путевой схемы в участках памяти, отведенных для каждого элемента схемы, предусмотрены ячейки, в которые записывается числовой код транспортного объекта, если он расположен на этом элементе. Если элемент свободен, то ячейки остаются пустыми. При перемещении транспортного объекта его код переписывается из одной ячейки в другую. Этот способ моделирования характерен тем, что транспортный код объекта перемещается по массиву памяти в соответствии с реальным перемещением транспортной единицы, при этом программа имитации перемещений относительно проста. Однако при этом требуются большие массивы памяти, особенно для карьеров с развитой путевой схемой, так как большая часть ячеек в массиве (соответствующих незанятым элементам путевой схемы) в каждый момент времени остается пустой.

Способ «скользящего адреса» состоит в том, что в массиве характеристик транспортных объектов в определенной группе ячеек записывается код адреса расположения объекта в

данный момент времени. Перемещение состава отображается в модели перезаписью в коде транспортного объекта его адресной части, соответствующей его новому местоположению. Этот способ моделирования существенно уменьшает объем требуемой памяти, но усложняет программу и увеличивает время, затрачиваемое машиной на моделирование транспортного процесса.

Для выбора маршрута следования локомотивосостава необходима такая последовательность [2].

1. Определяется число свободных и освобождающихся экскаваторов, устанавливается качество горной массы. Определяется коэффициент выполнения сменного задания каждым экскаватором.

2. Среди экскаваторов, найденных в пункте 1, выявляется экскаватор с рудой требуемого сорта для определенного пункта разгрузки и наименьшим коэффициентом выполнения плана (если таких экскаваторов несколько, то выбирается тот, который дольше находится в ожидании погрузки). Определяется среднее с начала смены значение качественных показателей горной массы, доставленных в пункт разгрузки. Если оно находится в допустимых пределах, то найденный забой принимается к рассмотрению в качестве возможного адреса погрузки; в противном случае данный экскаватор исключается из рассмотрения и операция повторяется.

3. Для выбранного экскаватора находится расположенный в зоне его работы свободный состав. При нескольких свободных составах принимается тот, который больше всех простаивает в ожидании погрузки. Прогнозируется время погрузки на случай, если в забой будет послан состав. Если в зоне расположения экскаватора нет свободных составов, осуществляется возврат к пункту 2 для выбора другого экскаватора. Этот процесс повторяется до тех пор, пока не будут найдены экскаватор и свободный состав в его зоне. Если не удастся выбрать забой с требуемой горной массой и свободный состав в зоне его расположения, то анализ начинается для экскаваторов, поставляющих горную массу в другой пункт разгрузки, а затем и вскрыши, начиная с пункта 1. При выдаче адреса состав закрепляется за данным пунктом назначения и в дальнейшем в задаче адресации не рассматривается, переадресация производится в редких случаях диспетчером.

Другой метод выбора маршрута следования локомотивосостава заключается в последовательном улучшении первоначально принятого варианта адресации составов. При этом каждому порожнему составу присваивается адрес назначения и время прибытия к такому объекту, для которого не было предусмотрено ни одного состава в ранее рассмотренных вариантах. Корректировка адресации состоит в рассмотрении варианта адресации состава к объекту, для которого ранее был предусмотрен один из составов. Если рассматриваемый вариант оказывается

лучше ранее сформированного, то производится переадресация составов.

Выбор маршрута следования состава при прибытии его в выбранный пункт производится на основе информации о транспортной ситуации в соответствии с имеющимся адресом назначения состава. Алгоритм выбора маршрута может быть представлен оперативной схемой [2]:

$$\Phi_1 P_2^{\uparrow 5} P_3^{\uparrow 5} P_4 A_5 P_6^{\uparrow 10} A_7 A_8 A_9 P_{10 \downarrow 1} \Pi_{11} \mathcal{Y}_{12}, \quad (5.15)$$

в которой использованы операторы: Φ_1 — формирования номера контрольного пункта; $P_2^{\uparrow 5}$ — проверки наличия порожних составов; $P_3^{\uparrow 5}$ — проверки наличия груженых рудой составов; P_4 — проверки наличия груженых составов с породой; A_5 — выбора ближайшего контрольного пункта, куда следует состав; $P_6^{\uparrow 10}$ — проверки свободного пути к ближайшему по маршруту контрольному пункту; A_7 — блокирования станции по приему; A_8 — поиска состава с максимальным временем ожидания отправления; A_9 — выдачи разрешения на отправление состава; $P_{10 \downarrow 1}$ — проверки, все ли маршруты рассмотрены; Π_{11} — фиксации моментов отправления и прибытия составов в контрольный пункт; \mathcal{Y}_{12} — останова.

Из рассмотренной оперативной схемы алгоритма видно, что отправление состава, зависящее в рассмотренном случае от характеристики состава и вида груза, а также от времени его ожидания, производится в соответствии с жесткой системой предпочтения.

Оперативный контроль, учет и анализ работы экскаваторно-железнодорожного комплекса заключаются в обеспечении в течение смены оперативного контроля состояний экскаваторов и локомотивосоставов, учета их выработки по виду (качеству) горной массы, учета времени работы каждого экскаватора и состава и простоев, оперативного учета и анализа выполнения плана погрузки и перевозки горной массы. При этом контролируются и индицируются на ситуационном табло горно-транспортного диспетчера состояние экскаваторов и перемещение локомотивосоставов по путевым участкам. Результаты решения задачи оперативного контроля, учета и анализа оформляются в виде машинных документов (машинограмм), которые поступают к оперативно-диспетчерскому персоналу и руководству подразделениями предприятий. Выходные документы содержат следующую основную информацию.

1. Объем горной массы по видам нарастающим итогом (с начала смены), добытой и погруженной в железнодорожные вагоны каждым экскаватором, участком и горным цехом, а также отклонения фактических объемов от плановых.

2. Число рейсов и объем перевозок горной массы по видам в тонно-километрах нарастающим итогом с начала смены каждым локомотивосоставом и железнодорожным цехом, а также отклонение фактических объемов перевозок от плановых.

3. Время работы и причины простоев каждого экскаватора и локомотивосостава нарастающим итогом в течение смены.

Сменные показатели работы экскаваторно-железнодорожного комплекса, полученные в результате решения задач оперативного учета и контроля, используются в дальнейшем в ряде задач АСУП.

Автоматизированные системы управления экскаваторно-железнодорожным комплексом. Развитие систем управления экскаваторно-железнодорожным комплексом характеризуется быстрым увеличением объема и видов передаваемой информации, повышением требований к достоверности передачи и расширением функций систем передачи информации. Этими трудностями и объясняется отсутствие до сих пор отработанной единой автоматизированной системы управления карьером.

В настоящее время в СССР и за рубежом ведутся интенсивные научно-исследовательские и конструкторские работы по созданию эффективных автоматизированных систем управления карьером. Отдельные разработки по автоматизации технологических процессов прошли промышленные испытания, другие находятся в стадии усовершенствования.

Ниже приводятся описания некоторых отечественных и зарубежных автоматизированных систем управления экскаваторно-железнодорожными комплексами.

Институтом кибернетики АН УзССР и Северо-Кавказским филиалом ВНИКИ Цветметавтоматика разработана автоматизированная система управления (рис. 5.4), которая прошла испытания на Алмалыкском горно-металлургическом комбинате [4].

Оперативное управление горнотранспортными работами осуществляется с помощью комплекса технических средств передачи и обработки информации. В состав автоматизированной системы оперативного управления входят: устройства передачи информации с электровозов УПИЭ; устройства определения местоположения составов УОМС; устройства ввода, хранения и передачи информации о качестве горной массы в забоях, работе экскаваторов и отвалов УВИЭО; пульт горного диспетчера; устройство приема информации с электровозов («Импульс-3»); специализированное вычислительное устройство СВУ; пульт транспортного диспетчера; устройство автоматической печати графика ведения горнотранспортных работ УАПГ.

Наряду с этим используются следующие средства диспетчерской связи: радиостанции РС типа ЖР-5 и ЖР-5м, производственная громкоговорящая связь ПГС типа ТУ-600, коммутатор связи КСС типа КСС-30 и абонентские телефоны.

Устройства передачи информации разработаны по частотно-временному принципу, т. е. каждой команде соответствует определенная частота, а каждому объекту — определенное время.

У горного диспетчера установлен комплекс аппаратуры, предназначенный для ввода сменного задания по экскаваторам и отвалам, хранения введенной информации и автоматической пере-

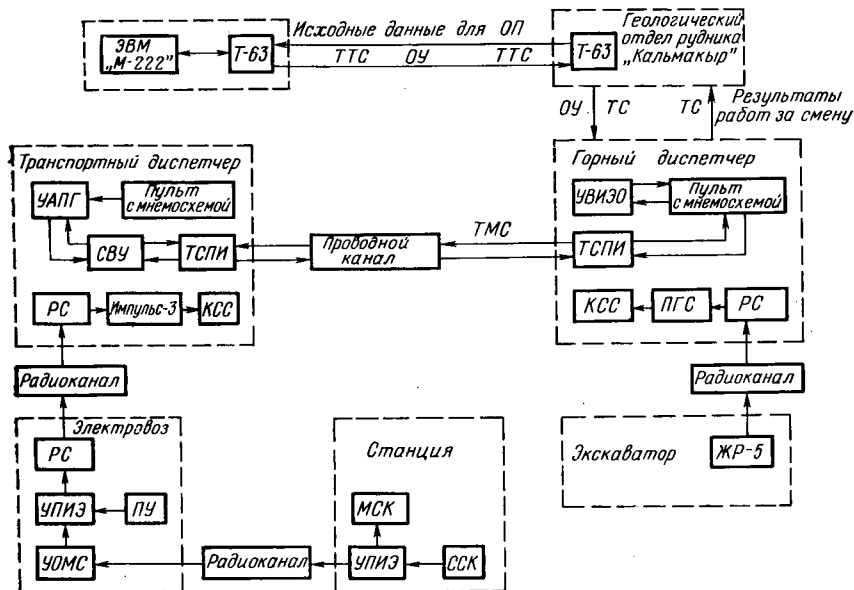


Рис. 5.4. Структурная схема автоматизированной системы управления:
 Т-63 — телетайп; ОУ — оперативное управление; ТС — телефонная связь; ТТС — теле-
 тайпная связь; ТМС — телемеханическая связь

дачи ее на пункт транспортного диспетчера. В состав аппаратуры входят пульт горного диспетчера с мнемосхемой, шкаф управления и шкафы телемеханической системы ТСПИ. Перед началом смены горный диспетчер вводит в оперативную память системы следующую информацию: номера работающих экскаваторов, номера работающих отвалов, сменный план по числу составов на каждый экскаватор с указанием качества горной массы. В случае корректировки задания в процессе смены горный диспетчер может исключить экскаватор или отвал из работы или ввести новую информацию. Имеется возможность в любое время посмотреть на мнемосхеме число составов, загруженных экскаватором, и характеристику горной массы в передней части забоя. Информация об экскаваторах и отвалах из ячеек оперативной памяти поступает по телемеханической системе на пункт транспортного диспетчера.

Характер занятости экскаваторов определяется логическим методом, путем обработки соответствующей информации, поступающей с локомотивов. Так, начало погрузки руды экскаватором в состав определяется по сигналу «Грузится», поступающему с состава, отправленного для погрузки к этому экскаватору, а окончание погрузки — по сигналу «Груженный», поступающему с состава, загруженного у данного экскаватора. Время ожидания экскаватором транспорта определяют путем сравнения сигнала «Освобождение экскаватора», поступающего из оператив-

ной памяти занятости экскаватора погрузкой, с сигналами, контролирующими его работу.

Сигнал местонахождения состава, прибывающего на любую станцию, вводится в устройство передачи информации с электровозов *УПИЭ* автоматически с устройств определения местоположения составов. На станциях установлены устройства моделирования сигналов, определяющих код станции *МСК*, и устройства сброса этих сигналов *ССК*. Для передачи непрерывных сигналов о номере станции применена антенна типа петлевого вибратора. Состав, проезжая над вибратором, принимает на приемную антенну сигнал кода станции и через *УПИЭ* передает его на диспетчерский пункт (ДП). При выезде состава за пределы станции информация о местонахождении состава снимается устройством сброса.

На пункте транспортного диспетчера установлены устройство приема информации с электровозов «Импульс-3», пульт диспетчера, устройство автоматической печати графика ведения горно-транспортных работ, специализированное вычислительное устройство. Прием оперативной информации с электровозов осуществляется устройством «Импульс-3» с использованием радиостанции.

Перед началом смены транспортный диспетчер вводит в специализированное вычислительное устройство *СВУ* информацию о числе думпкаров в каждом составе, план работ по руде и вскрыше.

По результатам сбора и обработки оперативной информации о работе локомотивосоставов, забойных и отвальных экскаваторов, бункеров для разгрузки руды на фабрике составляется график выполнения плана по руде, вскрыше и содержанию металла в руде. По итогам анализа *СВУ* решает задачу обеспечения режима посортной подачи руды на фабрику, выбора адреса загрузки и разгрузки составов. Решение выдается в виде совета транспортному диспетчеру на мнемосистеме пульта управления.

Каждые 5 мин осуществляется автоматическая печать характера занятости горного и транспортного оборудования в виде графика ведения горнотранспортных работ. В последующем график используют для анализа работы карьера и железнодорожного цеха, начисления заработной платы. Объем передаваемой информации по экскаватору составляет 90 единиц, с электровоза — 15 единиц, цикл опроса всех электровозов длится 32 с, цикл обработки информации и выдачи решения — 0,7 с, число знаков в строке графика горнотранспортных работ составляет 214 единиц, скорость печати — 8 знаков/с.

Оперативная информация о характере занятости локомотивосоставов и их местоположении передается на пункт установки вычислительного комплекса автоматически с помощью устройств *УПИЭ* и *УПМС*.

Принцип передачи информации с подвижных объектов следующий. На ДП применен распределительный регистр, соеди-

6, который проверяет принятую серию сигналов по кодовым признакам, выдает сигнал на запуск датчика интервалов времени передачи 5 и контролирует его работу. Это происходит следующим образом. С датчика интервалов времени передачи 5 в блок запуска 6 подается серия контрольных сигналов, которая сравнивается по кодовым признакам с сигналами, принятыми с диспетчерского пункта. Несовпадение кодовых признаков этих сигналов указывает на неисправность датчика интервалов времени передачи. В этом случае для предотвращения передачи ложной информации с блока запуска 6 поступает сигнал на сброс информации с датчика интервалов времени 5. При нормальной работе датчика на всех контролируемых участках запускаются одновременно, а время их сбрасывания на разных объектах устанавливается различным. Сигналы с датчиков 5 при помощи ключей 4 поочередно подключают передающие тракты 2 различных объектов к каналу связи 3. При этом сигналы сообщений датчиков 1 с этих объектов через передающие тракты 2, ключи 4 и канал связи поступают на диспетчерский пункт, где принимаются приемным трактом 14 и выдаются селекторами 13. Одновременно с подключением передающих трактов 2 контролируемого участка к каналу связи на выходах распределительного регистра 11, соединенного со схемами совпадения 12, поочередно возникают импульсы. При совпадении сигнала на выходе одного из селекторов 13 с импульсом распределительного регистра, соответствующего данному объекту, срабатывает схема совпадения 12, на выходе которой появляется сигнал, соответствующий переданной информации.

Устройства для определения местоположения подвижных объектов (рис. 5.6) служат для контроля продвижения составов по железнодорожным участкам. Контролируемые участки представляют собой станции и разъезды. На концах этих участков расположены передающие антенны, излучающие сигналы условного номера станции, которые принимаются электровозом, прибывшим на станцию, и антенны для сигналов сброса информации о номере станции на электровозе, которые принимаются им в момент выезда из станции. Датчики сброса и кода соединены с генератором высокочастотных колебаний. Антенны выполнены в виде петлевого вибратора, проложенного в асбоцементных трубах под путями, причем обратным проводом служит «Земля». Генератор высокочастотных колебаний состоит из задающего генератора высоких частот (75 кГц) с кварцевой стабилизацией и двух оконечных каскадов с модуляторами для сигналов кода и сброса.

На электровозе расположен приемник с ферритовой антенной, размещенной перпендикулярно к плоскости передающей антенны и железнодорожному полотну, благодаря чему достигается получение максимальной э. д. с. в приемной антенне. Приемная антенна соединена с приемником сигналов, который усиливает и детектирует принятый сигнал. Приемник соединен с пре-

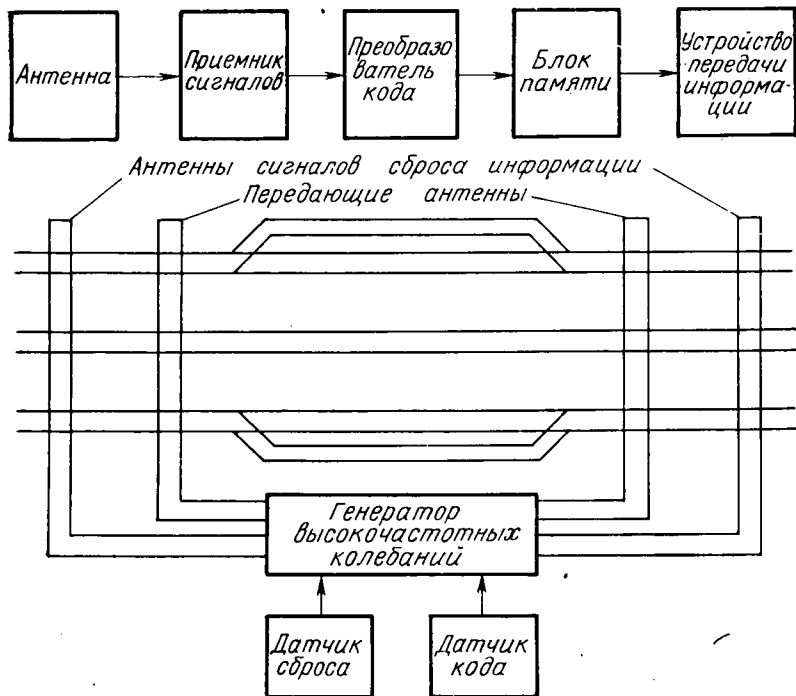


Рис. 5.6. Блок-схема устройства определения местоположения составов

образователем кода, в котором осуществляется выделение нужного сигнала и его преобразование.

При прохождении состава над передающими антеннами в приемной антенне наводятся э. д. с. сбросовой частоты, которая сбрасывает имеющуюся информацию, а затем э. д. с. кодовых частот контролируемого участка.

Устройство приема информации с электровозов «Импульс-3» предназначено для автоматического сбора информации от работающих электровозов (рис. 5.7). Оно работает совместно с диспетчерской радиостанцией ЖР-5. В канал связи от устройства «Импульс-3» поступает синхроимпульс частотой 2550 Гц и длительностью 0,768 с, модулированный несущей частотой радиостанции. Он запускает на передачу все устройства передачи информации с электровозов. Обрато с этих устройств по каналу связи последовательно передаются сигналы на диспетчерский пункт в строго отведенное для него время. Они принимаются радиостанцией и поступают на входы селекторов устройства «Импульс-3». Сигналы с выходов селекторов через схемы совпадения попадают на триггеры для запоминания информации о каждом составе.

По окончании приема информации со всех локомотивосоставов диспетчерская радиостанция автоматически переводится в ре-

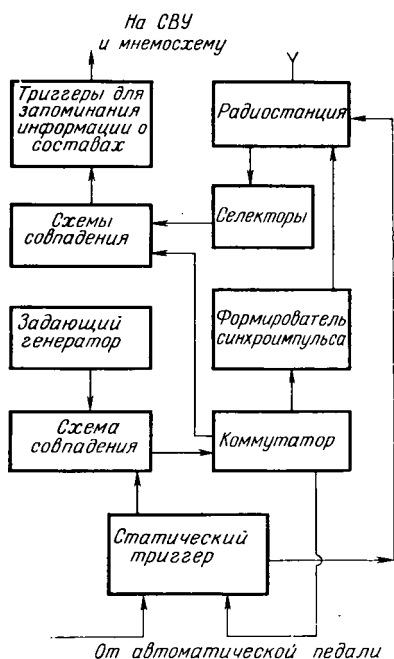


Рис. 5.7. Блок-схема устройства приема информации с электровозов

вов, число составов, ожидающих разгрузки другого сорта руды, ход выполнения плана работ по руде и вскрыше); вторая задача — определение режима посортной погрузки; третья — выбор адреса погрузки и посылаемого туда состава; четвертая — выбор адреса разгрузки составов.

Решения по управлению горнотранспортными работами в виде адреса погрузки или разгрузки и номера посылаемого туда состава, а также маршрута следования принимаются на основе сопоставления вырабатываемых в специализированном вычислительном устройстве признаков и характера занятости горнотранспортного оборудования, приемных пунктов, участков пути — о степени выполнения плана-задания каждым экскаватором и в целом по карьере, о продолжительности простоев: экскаваторов в ожидании составов и порожних составов в ожидании забоя, груженых составов в ожидании разгрузки.

Через определенные промежутки времени по алгоритму анализируется ситуация, сложившаяся в работе карьера. При наилучшем решении задачи оперативного управления интегральное отклонение от выполнения плана по всем показателям будет минимальным. В этом случае обогащательная фабрика длительное время может перерабатывать руду определенного сорта.

жим телефонного разговора, гасится лампа «Канал занят» на пульте транспортного диспетчера, после чего диспетчер может связаться с любым машинистом электровоза.

Специализированное вычислительное устройство разработано по алгоритму оперативного управления горнотранспортными работами. Оперативное управление предлагает выбор решения применительно к сложившейся ситуации и реализацию этого решения. Такой выбор представляет собой выполненные по определенным правилам в последовательном порядке сопоставление и расчеты.

Алгоритм оперативного управления составлен из алгоритмов решения нескольких задач. Первая задача — контроль и учет значений на текущий момент времени основных параметров регулирования (число свободных экскаваторов, число груженых и находящихся на погрузке составов,

Анализ результатов работы карьера заключается в подведении итогов за смену. Это дает возможность рассчитывать новый оперативный план загрузки экскаваторов, определять необходимое число составов для перевозки руды и вскрышных пород.

Опрос логических блоков составов, экскаваторов, бункеров и отвалов по видам горной массы, содержанию металла в руде и степени выполнения плана производится с помощью блока опроса качества горной массы.

С пульта транспортного диспетчера в блок задания темпа горнотранспортных работ вводятся плановые объемы по руде и породе за смену. Сигналы этого блока сравниваются с сигналами фактического темпа работ. В блок сравнения темпов работ вводятся допустимые отклонения объемов по руде и породе от плановых. Если абсолютное значение разности между заданными и фактическими темпами работ превышает допустимое, на выходе блока возникает сигнал изменения порядка опроса качества горной массы.

Для поддержания заданного содержания металла в руде, отгружаемой на фабрику за смену, служит блок опроса усреднения содержания металла. В этот блок с логических блоков составов подаются сигналы числа составов с рудой, загруженных и находящихся под погрузкой у рудных экскаваторов. Эти сигналы сравниваются с сигналами блока допустимых отклонений содержания металла. Если фактические отклонения содержания металла в руде превышают допустимые, с выхода блока опроса усреднения содержания металла подается сигнал изменения порядка опроса по содержанию металла.

Кроме того, в блок опроса качества горной массы с пульта транспортного диспетчера вводится информация о режиме работы фабрики (валовый или посортный прием руды), а с логических блоков составов и экскаваторов — сигналы о числе посланных под погрузку, загружаемых и груженых составов.

В результате работы указанных выше блоков на выходах логического блока составов возникает сигнал «Решение по составам», на выходах логических блоков экскаваторов, бункеров и отвалов — сигнал «Решение по пунктам погрузки (разгрузки)». Оба сигнала подаются на блок управления распределительным регистром. Это означает, что имеется свободный маршрут с минимальным временем пробега состава.

В блок памяти рекомендаций с логических блоков составов, экскаваторов, бункеров и отвалов подаются сигналы рекомендаций. Одновременно с матрицы маршрутов через шифратор участков пути в блок памяти рекомендаций подается сигнал рекомендаций маршрута на мнемосхему пульта. Кроме того, с этого блока подаются сигналы на индикаторы рекомендаций на пульте диспетчера и на блок вызова индикации информации о выбранном составе экскаватора, отвала или бункера.

На этом цикл решения по выбору рационального адреса и маршрута движения состава заканчивается. С блока управле-

ния распределительным регистром подается сигнал на сброс этого решения и начинается поиск следующего решения.

Вычислительное устройство решает также задачу рационального перехода фабрики на прием руды другого сорта, осуществляемого блоком рекомендаций сорта. Для этого с логических блоков составов в блок рекомендаций сорта вводится информация о фактическом числе составов с рудой каждого сорта, стоящих в ожидании разгрузки. Эта информация сравнивается с допустимым числом составов, введенным с блока допустимых отклонений содержания металла. Путем сравнения этих величин формируется сигнал о переходе фабрики на переработку руды другого сорта, отображаемый на индикаторах пульта.

Таким образом, специализированное вычислительное устройство (СВУ) выдает советы диспетчеру по выбору рационального адреса погрузки (или разгрузки) составов и маршрута движения составов, а также советы по приему фабрикой руды определенного сорта.

Устройство для ввода информации предназначено для ввода данных оперативного плана в СВУ. Оно позволяет запоминать сменное задание по отгрузке горной массы из забоев, обрабатывать это задание в соответствии с отгружаемой горной массой и передавать данные оперативного плана на пункт установки СВУ. Устройство позволяет также запоминать работающие экскаваторы и отвалы и передавать эту информацию на пункт установки СВУ.

В устройстве для ввода информации (рис. 5.8) производится посоставное запоминание качественного распределения горной массы в забоях, а в оперативной памяти каждый забой представлен несколькими группами ячеек (по числу составов, отгружаемых из забоя за смену). Для передачи сообщений принят распределительный метод избирания с временным распределением каналов, а в качестве избирающего признака — наличие или отсутствие в линии связи импульсов на данном шаге коммутатора. С целью использования одних и тех же ячеек коммутаторов на передачу и прием сообщений импульсы ДП сдвинуты по фазе относительно импульсов КИ на 90° и имеют разную полярность. Сменное задание по отгрузке горной массы из забоев в начале смены вводится в оперативную память устройства. Информация о горной массе, находящейся в передней части забоя, блоком посоставной выборки отбирается из оперативной памяти и подается на кодовый преобразователь сигналов качества горной массы. Этот преобразователь преобразует данную информацию в сигналы, обладающие кодовыми признаками, принятыми в системе обмена информацией между ДП (пунктом транспортного диспетчера) и КП (пунктом горного диспетчера). Информация передается на пункт установки СВУ по двухпроводной линии связи. С целью обеспечения временного распределения на пунктах передачи и приема информации установлены два ком-

мутатора, которые работают синхронно, последовательно во времени переключают цепи.

Коммутатор 2 ДП работает постоянно. В начале каждого цикла передачи информации на приемной стороне ДП формирователем синхронизирующих импульсов вырабатывается сигнал синхронизации. Этот сигнал поступает на передатчик 1, который передает его в линию связи.

На приемной стороне сигнал синхронизации принимается приемником 1 и подается на селектор синхронизирующих импульсов. Селектор выделяет этот сигнал и запускает коммутатор 1. По мере работы коммутаторов на их выходах возникают рассредоточенные во времени импульсы. При совпадении импульсов на выходах коммутатора 1, связанных с кодовым преобразователем сигналов качества горной массы, с сигналами, поступающими на кодовый преобразователь с блока посоставной выборки, импульсы коммутатора проходят на выход кодового преобразователя и через кнопки ввода экскаватора в работу — на передатчик 2 и далее в линию связи. На ДП приемник 2 принимает эти сигналы и подает их на схемы совпадений, осуществляющие управление памятью качества горной массы в забоях.

Для преобразования двоичного кода в выходной сигнал выходы памяти соединены с дешифратором. Выходы дешифратора соединены с усилителями. Таким образом, определенному качеству горной массы в передней части забоя соответствует определенный усилитель.

Аналогично передается информация о работе отвалов. Для этого используют выходы коммутатора 1, соединенные с кнопками ввода в работу отвалов, и память работы отвалов. С целью повышения информационной надежности при передаче сообщений применены методы дублирования сигнала заданное число раз и автоматического повторения сигнала до прихода извещения о его правильном приеме.

Институтом ВНИКИ Цветметавтоматика изготовлен и внедрен на Оленегорском карьере опытный образец автоматизированной системы управления «Руда-1», предназначенной для работы в режиме «Советчик диспетчера». Она осуществляет автоматический сбор и обработку оперативной информации и выдает рекомендацию адреса и маршрута отправки составов [13].

В систему входят устройства передачи информации УПИЭ-1 и УПИЭ-2 с блоками питания для каждого экскаватора и электровоза; диспетчерский пульт ПД-6, состоящий из устройств приема информации, вычислительного устройства ВУ и мнемосхемы; устройства автоматической печати графика движения составов. Система обеспечивает выполнение заданных функций при пяти разъездах, 18 добычных экскаваторах, шести отвалах, двух бункерах и 20 электровозах.

В системе передается следующая информация: с электровозов — запрос состава под руду, запрос состава под породу, по-

грузка состава рудой, погрузка состава породой и перелопачивание; с электровозов — свободен, груженный породой, груженный рудой, местоположение; с отвалов, бункеров рудного склада и с участков пути — свободен, занят.

Работа устройства передачи информации с экскаваторов и электровозов (рис. 5.9) основана на принципе частотно-временного разделения сигналов. Информация передается по радиоканалу с использованием радиостанций ЖР-5, которыми оборудованы все экскаваторы и электровозы. Временное разделение сигнала осуществляется с помощью распределителей на УПИ-ДП и УПИЭ-1. На УПИ-ДП распределитель выполнен на двоичном счетчике 1 и избирательном дешифраторе, а на УПИЭ-1 — на двоичном счетчике 2, двух дешифраторах, кодовых вставках и триггере 5. В исходном состоянии двоичный счетчик 1 УПИ-ДП и двоичные счетчики 2 всех УПИЭ-1 находятся в нулевом положении. С приходом на вход триггера 2 сигнала от тангенты (телефонная трубка положена — по радиоканалу осуществляется также телефонная связь диспетчера с машинистами экскаваторов) он переключается, выдает сигнал на ключ 3 и разрешает подачу импульсов, сформированных от сети переменного тока на вход двоичного счетчика 1. С выхода счетчика импульсы поступают на избирательный дешифратор ДШ. Только определенному числу импульсов на входе счетчика соответствует импульс на одном из выходов дешифратора. Два выхода ДШ соединены с триггером 1, участвующим в формировании синхронизирующего импульса, следующие 17 выходов, соединенные с переключателем каналов, служат для изменения порядка опроса ячеек в триггерной памяти, и остальные семь выходов ДШ соединены с триггерной памятью. Триггер 1 формирует импульс длительностью 0,64 с, который воздействует на электронное реле 1 и через него поступает на передатчик. Одновременно с импульсом на передатчик воздействует тональная частота 3000 Гц, поступающая с генератора через ключ 2. Происходит передача синхронизирующего импульса включением передатчика от триггера 1. Синхроимпульс с приемника ЖР-5 подается на селектор УПЭИ-1, который настроен на частоту 3000 Гц. По окончании действия синхроимпульса триггер 4 переключается одновременно на всех УПИЭ-1. Сигнал с триггера 4, попадая на ключ 6, разрешает подачу продвигающих импульсов на вход двоичного счетчика 2.

За время одного цикла работы распределителя каждое УПИЭ-1 посылает один импульс, частота которого соответствует передаваемой информации. Импульсы от всех УПИЭ-1 в канале связи распределены во времени, причем их местоположение соответствует номеру УПИЭ-1, который определяется номером кодовых вставок. В момент времени, соответствующий номеру УПИЭ-1, срабатывает дешифратор включения и переключает триггер 5. Импульс с триггера воздействует на электронное реле 3 и через него на передатчик, включая его. В канал связи

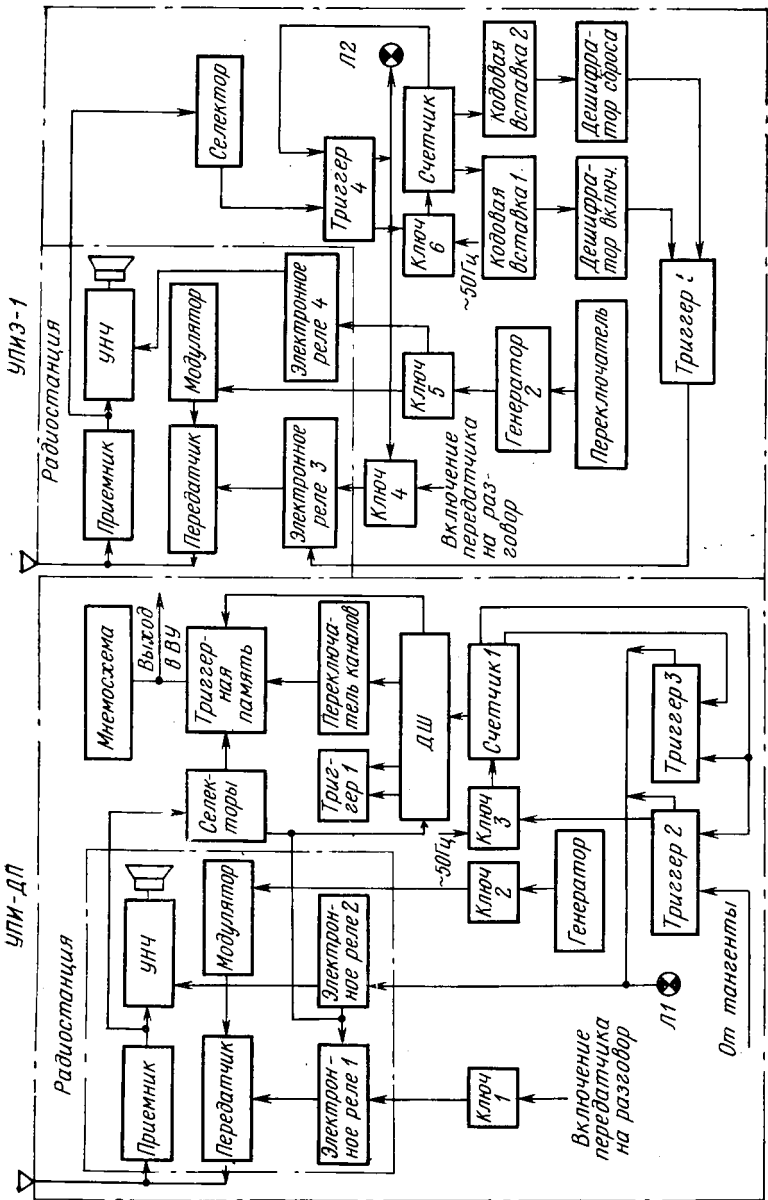


Рис. 5.9. Блок-схема устройства передачи информации с экскаваторов и электровозов

посылается импульс с информацией определенной частоты, поступающей с генератора 2 через ключ 5 (частота определяется положением переключателя, которое соответствует режиму работы данного экскаватора). Длительность импульса информации каждого УПИЭ-1 составляет 0,6 с. В соответствии с номером кодовой вставки 2 срабатывает дешифратор сброса и переключает триггер 5. Импульс, воздействующий на передатчик, исчезает. Двончный счетчик 2 в конце цикла передачи информации переключает триггер 4. Импульс, воздействующий на ключ 6, исчезает, и на вход двоичного счетчика 2 продвигающие импульсы не поступают. Импульс с другого плеча триггера 4 подается на ключ 4 (разрешая телефонный разговор), на электронное реле 4, которое включает приемник, и на ключ 5, запрещающая подачу тональной частоты с генератора 2 на модулятор. Импульсы информации, поступающие с УПИЭ-1 через приемник радиостанции УПИ-ДП, подаются на селекторы. Селекторы выделяют сигналы по частоте и длительности и передают их в триггерную память.

Триггерная память содержит статические триггеры с управляющими схемами, число которых равно общему числу сигналов, принимаемых с УПИЭ-1. Управляющие схемы образуют матрицу, горизонтальные шины которой подключены на селекторы, а вертикальные — на выходы избирательного дешифратора. Импульсы с выходов дешифратора, попадая на вертикальные шины матрицы, производят включение и сброс соответствующих триггеров в зависимости от сигналов на ее горизонтальных шинах. Сигналы с триггерной памяти передаются на световые индикаторы мнемосхемы и параллельно вводятся в вычислительное устройство ВУ. Аналогичная аппаратура применена и для передачи информации электровозов.

В основу работы вычислительного устройства ВУ (рис. 5.10) положен комбинационный метод опроса различных вариантов посылки составов по свободным маршрутам. Опрос производится по минимальному времени пробега состава, по качеству перевозимой горной массы, по очередности запроса составов экскаваторами.

Опрос логических ячеек производится коммутатором. С выхода коммутатора импульсы, распределенные по времени, подаются на матрицу маршрутов, коммутатор качества составов и через переключатель — на ячейку изменения алгоритма.

В матрицу маршрута от устройства СЦБ железнодорожного транспорта вводится информация о занятости участков пути. На поле этой матрицы производится набор возможных маршрутов движения составов. Импульсы с коммутаторов проходят на выход матрицы только по «свободным маршрутам», затем поступают на матрицу опроса и, кроме того, через усилитель на рекомендацию маршрута. Порядок поступления импульсов в матрицу определяется введенной программой опроса вариантов посылки составов по минимальному времени пробега. С выхода

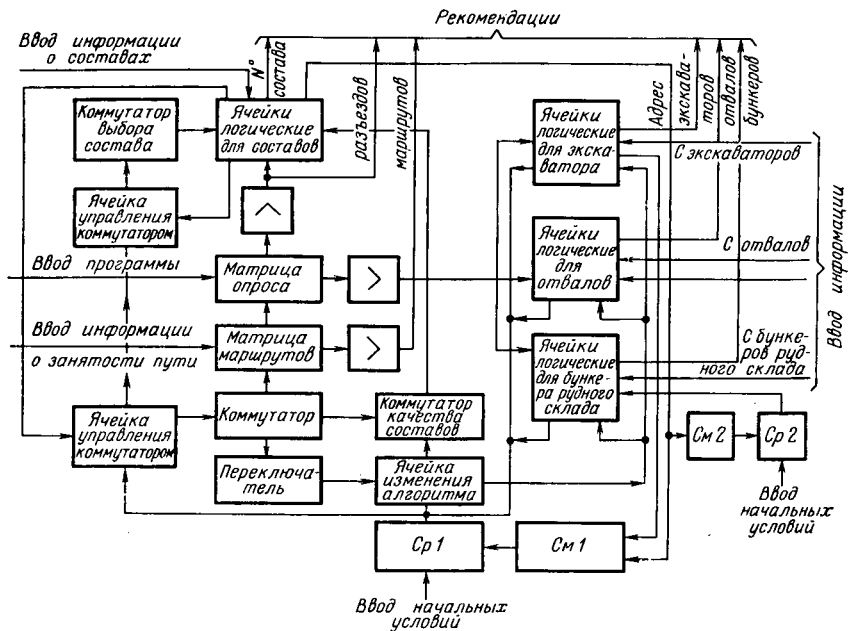


Рис. 5.10. Структурная схема специализированного вычислительного устройства АСУ ТП «Руда-1»

матрицы опроса через усилители импульсы поступают на логические ячейки для составов и логические ячейки для экскаваторов, отвалов, бункеров.

В логические ячейки вводится информация о составах, экскаваторах, отвалах, бункерах. Эта информация распределена на группы по составам и экскаваторам, равноценным по местоположению и ориентировке. С помощью матрицы происходит попарный опрос каждой группы экскаваторов (отвалов, бункеров) с каждой группой составов, а также опрос этих групп по качеству перевозимой горной массы с помощью ячейки изменения алгоритма и коммутатора качества составов.

В сумматор *См1* поступает информация о числе составов с рудой и в виде двоичного кода подается на схему сравнения *Ср1*, в которую вводится начальное условие, т. е. информация о заданном числе составов с рудой. Если первая меньше второй, то сначала грузится руда.

Порядок опроса по качеству горной массы (параллельный или последовательный) задается переключателем, через который импульсы с коммутатора поступают на ячейку изменения алгоритма. Сигналы «Запрет руды» и «Запрет породы» поступают одновременно на логические ячейки для экскаваторов, отвалов, бункеров, а также на коммутатор качества составов, который определяет порядок выбора составов по качеству перевозимой горной массы.

Если при опросе логических ячеек по времени пробега и качеству горной массы в опрашиваемой группе имеется информация, то на выходе ячейки возникает сигнал, поступающий на ячейку управления коммутаторов ВУ. При наличии двух сигналов ячейки для составов и сигнала с одной из логических ячеек для экскаваторов, отвалов, бункера прекращается подача продвигающих импульсов и коммутатор на этом шаге останавливается. Происходит выдача рекомендаций адреса (экскаватора, отвала, бункера) и маршрута движения.

Одновременно с выдачей адреса подается сигнал на ячейку управления коммутатором выбора состава, которая включает свой коммутатор. Он по очереди опрашивает ячейки для составов. При наличии нескольких равноценных составов предпочтение получает тот, логическая ячейка которого опрашивается первой. С этой ячейки подается сигнал в ячейку управления коммутатором выбора состава на его остановку. Выдается рекомендация номера состава.

Вычислительное устройство работает циклически: цикл опроса составляет 20 с, цикл обработки информации и выдачи решения — 0,5 с. Для выдачи рекомендации посылки состава на рудный склад предусмотрены сумматор $См2$ и схема сравнения $Ср2$. Информация о груженных составах, находящихся на разъездах, подается на $См2$. В качестве начальных условий в $Ср2$ вводится заданное число составов с рудой на разъездах. Если число на $См2$ больше заданного, то срабатывает $Ср2$, разрешая разгрузку руды на склад.

Определение адреса следования порожнего состава исходя из принятого критерия оптимальности можно производить различными методами. Самый простой заключается в выборе пункта назначения посредством сравнения некоторых признаков, характеризующих текущее состояние объектов. В качестве таких признаков могут быть приняты, например, занятость забоя, его местоположение, качество горной массы в забое, время ожидания порожнего состава и т. д.

Так как выбор адреса должен производиться в соответствии с разрядкой, целесообразно учитывать также отклонение от заданного темпа погрузки. Заданный темп подачи груженных составов потребителю можно характеризовать заполнением транспортной сети груженными составами, предназначенными для каждого потребителя в отдельности. Если это число меньше заданного, дорожный состав посылается за горной массой, требуемой данному потребителю.

Как видно из блок-схемы простейшего алгоритма оперативного управления (рис. 5.11), выбор адреса погрузки производится следующим образом. Сначала из всех забоев выбираются свободные. Если все забои заняты, порожний состав находится в ожидании. Затем число составов, загруженных рудой $\Sigma N_{руд}$, сравнивается с заданным числом $N_{зад}$ исходя из требуемого темпа погрузки. Если первое число меньше второго, то сначала

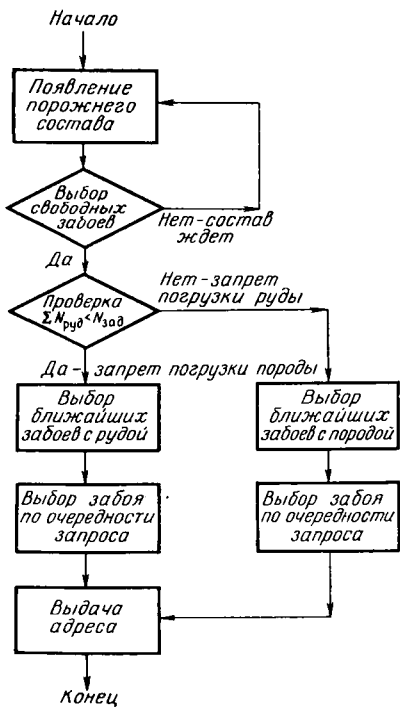


Рис. 5.11. Блок-схема алгоритма оперативного управления карьерным железнодорожным транспортом

ТП горнотранспортными процессами на разрезе «Богатырь». Для сбора информации в системе используются учетные станции КРМ и КРР. С этих станций с помощью аппаратуры передачи данных АПИ-2 «Инфра» информация о погрузке подач и вертушек, а также о простоях экскаваторов поступает в ЭВМ. На основе этих данных автоматизируется ведение графика работы экскаваторов, а также осуществляется учет объемов добычи и селекции, простоев экскаваторов, анализ выполнения наряда. По данным, вводимым транспортным диспетчером с клавиатуры дисплея, формируются кадры на дисплее, отражающие характеристики порожних подач, движущихся в разрез, а также груженых подач, находящихся в пути к углесборочной станции и на путях формирования.

При расширении функций системы предусматривается связать ее с системами управления, действующими в МПС, обеспечить выдачу перевозочных документов. Это позволит существенно сократить простои вагонов МПС на путях объединения, повысить оборот вагонов и эффективность управления транспортом, снизить простои экскаваторов из-за отсутствия порожних вагонов.

осуществляется погрузка руды (запрет погрузки породы). Из всех свободных забоев выбирается ближайший к разъезду, на котором находится порожний состав, и при наличии равноценных вариантов выбирается забой по очередности запроса.

Передача управляющих воздействий на объект может осуществляться транспортным диспетчером, а при переходе на полную автоматизацию — непосредственно от УВМ к средствам ЭЦ.

Внедрение системы позволяет повысить производительность горнотранспортных работ на 7% вследствие увеличения оборачиваемости подвижного состава и улучшения использования горного и транспортного оборудования, исключить ошибочные решения диспетчера и улучшить условия его труда.

Институтом Гипроуглеавтоматизация совместно с ИВЦ ПО «Экибастузуголь» разработана и введена в эксплуатацию АСУ

За рубежом в последние годы достигнуты определенные успехи в создании автоматизированных систем управления экскаваторно-железнодорожными комплексами. Известны три разновидности систем управления: дистанционная, телевизионная и программная.

Больших успехов в создании системы дистанционного управления на железнодорожном транспорте достигла фирма «Дженерал электрик компани» (США). Этой фирмой разработаны следующие технические средства дистанционного управления экскаваторно-железнодорожными комплексами: устройства, устанавливаемые на локомотиве для получения сигналов с пульта управления и обеспечивающие трогание с места, остановку, изменение скорости и направления движения; высокочастотные передающие и приемные устройства для связи локомотивов со станциями управления; импульсный датчик на локомотиве для передачи информации в систему управления; датчик счета осей для контроля занятости участка составом; оборудование для дистанционного управления стрелками с движущегося состава; устройство передачи информации о работе экскаваторов; устройство «Директо-матик», обеспечивающее дистанционное управление локомотивами, пунктами погрузки и разгрузки.

Фирма «Дженерал электрик компани» выпускает шестиступенчатые электровозы Е-50, оборудованные такими автоматизированными системами управления. Железнодорожный состав, состоящий из электровоза и шести вагонов типа хоппер грузоподъемностью по 100 т, управляется автоматически во время движения в карьере, на конечной станции, во время погрузки и разгрузки.

Система автоматического управления компании «Дженерал Рейлвей сигнал Ко» обеспечивает автоматическую работу одновременно четырех локомотивосоставов. Технологическая схема управления железнодорожным транспортом следующая: когда один локомотивосостав находится под погрузкой, второй — совершает рейс с грузом, третий — разгружается на обогатительной фабрике, четвертый — совершает порожний рейс.

К системам с программным управлением относится система «Кэрол». Путьевые автоматические устройства, расположенные вдоль железнодорожного полотна, контролируют движение составов и указывают, какую команду следует выдать в каждый момент времени. Закодированные команды управления непрерывно передаются по рельсам на движущийся поезд. Приемные устройства, расположенные на головном и хвостовом вагонах, воспринимают эти команды и передают их на исполнительные устройства. Исполнительный орган, расположенный на локомотиве, выполняет соответствующие команды: о начале движения, торможении, начале разгрузки и т. п. Автоматизированная система «Кэрол» обеспечивает также непрерывный контроль за состоянием и возможным повреждением пути, определяет положение стрелок, устанавливает наличие других локомотивосоставов на участке железнодорожного пути. Передача команды уп-

равления с путевых устройств осуществляется с помощью импульсов переменного тока с различной частотой.

Фирмами «Юнайтед Стейтс стил корпорейшн» и «Фелпс Додж», эксплуатирующими в течение нескольких лет радиоуправляемые локомотивы в карьере «Моренси», накоплен положительный опыт. Комплекс радиооборудования содержит два полуккомплекта, из которых один (переносный) находится в распоряжении оператора, а другой (стационарный) установлен на локомотиве. Переносный полуккомплект состоит из блока-передатчика и блока-управления. Блок-передатчик состоит из собственно передатчика с шифратором команд, антенны и аккумуляторной батареи. В полуккомплект, установленный на локомотиве, входят приемник, дешифратор команд и исполнительный функциональный блок релейного типа. Передача команд осуществляется методом частотной модуляции. Предусмотрены передача и выполнение 16 команд, в том числе включение звукоциальных устройств двух типов, головного прожектора и подсыпки песка. Переданная команда продолжает выполняться до тех пор, пока не поступит очередной предварительный сигнал о смене команд или пока не перестанут подаваться повторяющиеся сигналы — подтверждения. Если по истечении максимально установленного интервала времени на приемник не поступит сигнал, локомотив автоматически останавливается.

5.4. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ

Особенности и задачи управления экскаваторно-автомобильным комплексом. Работа экскаваторно-автомобильного комплекса характеризуется неразрывностью процессов добычи и транспортирования горной массы. Среди операций (погрузка автосамосвалов, транспортирование горной массы и ее разгрузка, движение автосамосвалов на погрузку), образующих горнотранспортный процесс, транспортные операции занимают особое положение. Управление перемещением автосамосвалов основано на оптимизации распределения их между пунктами погрузки и разгрузки. Различают два варианта распределения: по открытому и закрытому циклам. При закрытом цикле автосамосвалы закрепляются за определенными экскаваторами, а при открытом — автосамосвалы могут обслуживать любой из работающих на карьере экскаваторов. На большинстве карьеров в настоящее время применяется закрытый цикл, при котором неизбежны простои экскаваторов. Наиболее прогрессивным методом является открытый цикл, переход к которому возможен лишь на основе достижения высокого уровня организации обмена информацией между диспетчерской службой и водителями автосамосвалов. Такая организация работы экскаваторно-автомобильного комплекса требует применения современных средств связи и средств вычислительной техники.

К основным задачам оптимального планирования и управления экскаваторно-автомобильным комплексом относятся: планирование объемов добываемой горной массы и распределение транспортных средств; учет и контроль за ходом выполнения горнотранспортных работ.

В зависимости от организации горнотранспортных работ возможно несколько постановок задачи планирования объемов добычи при работе карьера в режиме усреднения качества полезного ископаемого. Например, при синхронном режиме работы обогатительной фабрики и карьера усреднение по качеству необходимо производить непосредственно в транспортном потоке. При этом предусматривается жесткая взаимосвязь экскаваторов и автосамосвалов как во времени, так и в пространстве. При частичном складировании и усреднении полезного ископаемого на промежуточном складе необходимо управлять потоком груженых автосамосвалов.

При организации работы автосамосвала по открытому циклу в основу построения алгоритма управления закладываются условия минимизации простоев автосамосвалов при обеспечении выполнения каждым экскаватором заданий по добыче горной массы. Эти условия выполнимы при максимальном приближении интервала отправки автосамосвала к значению, соответствующему заданной интенсивности погрузки экскаватора. Интенсивность транспортного потока λ в карьере определяется числом автосамосвалов a , поступающих на погрузку в единицу времени T [2]:

$$\lambda = a/T. \quad (5.16)$$

Интенсивность транспортного потока в интервале времени t_m , большем времени погрузки одного автосамосвала, определяется по числу загруженных автосамосвалов a_i , приходящихся на один экскаватор:

$$\lambda_i = a_i/t_m. \quad (5.17)$$

Исходя из этого, эффективность управления автотранспортом может быть достигнута при условии

$$\lambda_i \rightarrow \lambda_{из}, \quad (5.18)$$

где $\lambda_{из} = \text{const}$ — заданное значение интенсивности транспортного потока.

Алгоритм адресования автосамосвалов строится с учетом следующих положений [2].

1. Автосамосвалы должны отсылаться к экскаватору через возможно более равные промежутки времени, определенные для данного экскаватора (условие ритмичности работы, во многом определяющее выполнение экскаваторами плановых заданий).

2. Интервал посылки не должен быть меньше минимального времени обслуживания (очевидное условие, нарушение которого приводит к образованию очереди, т. е. к простоям автосамосвалов).

3. Число автосамосвалов, направленных к одному экскаватору и не вышедших из цикла обслуживания, должно быть ограничено некоторым определенным значением (условие, призванное предотвратить образование очереди у экскаватора в периоды длительного обслуживания).

Рассмотренные положения стохастичности процессов добычи и транспортирования горной массы предопределяют построение алгоритма адресования из следующих основных процедур [2].

1. Определение состояния занятости каждого экскаватора

$$A = c\Lambda d \begin{cases} 1 & \text{— экскаватор свободен,} \\ 0 & \text{— экскаватор занят,} \end{cases} \quad (5.19)$$

где c — оператор определения числа направленных автосамосвалов к i -му экскаватору; $c=1$ при $a'_i < a^0_i$ (a'_i — число посланных автосамосвалов; a^0_i — предельное число автосамосвалов, которое может быть послано); d — оператор определения времени с момента адресования к i -му экскаватору последнего $(s-1)$ -го автосамосвала ($t_{\Pi i(s-1)}$); $d=1$ при $T \geq t_{\Pi i(s-1)} + \tau_i$ (T — текущее время; τ_i — заданный интервал посылки машин к i -му экскаватору).

2. Выбор из свободных экскаваторов адреса посылки автосамосвала по алгоритму

$$A_1 F_2 A_3 A_4 A_5, \quad (5.20)$$

где A_1 — оператор определения $\Delta a_i = a^0_i - a'_i$; F_2 — оператор ранжирования Δa_i с целью определения $\Delta a_{i \min}$ и соответствующего $\{i\}$; A_3 — оператор определения $\Delta \tau_i = t_{\Pi i(s-1)} + \tau_i - T$, ($i \in \{i\}$); A_4 — оператор определения $\Delta \tau_{i \min}$; A_5 — оператор адресования к экскаватору с $\Delta \tau_{i \min}$.

3. Корректировка заданных интервалов посылки автосамосвалов к i -му экскаватору по алгоритму

$$K_1 A_2 A_3 A_4 A_5 P_6 F_7 F_8 K_9 P_{10} \mathcal{Y}_{11}, \quad (5.21)$$

где K_1 — оператор счета числа рейсов автосамосвалов от i -го экскаватора (Δa_i) в интервале регулирования (Δt); A_2 — оператор определения интенсивности потока автосамосвалов от i -го экскаватора ($\lambda_i = \Delta a_i / \Delta t$); A_3 — оператор определения $\Delta \lambda_{i(k-1)} = \lambda_{i(k-1)} - \lambda^0_i$; $\lambda_{i(k-1)} = \lambda_i \tau_{i(k-1)}$; λ^0_i — заданная интенсивность потока; A_4 — оператор определения $\Delta \tau_{i(k-1)} = a_{(k-1)} \Delta \lambda^0_{i(k-1)}$ ($a_{(k-1)}$ — коэффициент стохастической аппроксимации); A_5 — оператор определения $\tau_{ik} = \tau_{i(k-1)} + \Delta \tau_{i(k-1)}$; P_6 — оператор условного перехода $\tau_{ik} > t_{об i \min}$; F_7 — оператор формирования $\tau_i = \tau_{ik}$ при $\tau_{ik} > t_{об i \min}$; F_8 — оператор формирования $\tau = t_{об i \min}$ при $\tau_{ik} \leq t_{об i \min}$; K_9 — оператор счета i -вычислений новых значений τ_i ; P_{10} — оператор условного перехода $i < n$ (n — число экскаваторов, ведущих погрузку); \mathcal{Y}_{11} — окончание вычислений. Одна из модификаций этого алгоритма используется в автоматизированной системе оперативного управления экскаваторно-автомобильным комплексом «Комплекс-АТ».

Рассмотренные алгоритмы и принципы организации оперативного управления движением автотранспорта относятся лишь к распределению транспортных средств между пунктами погрузки. Адресация в пунктам разгрузки является менее важной и необходимостью в ее решении возникает сравнительно редко. Водители автосамосвалов знают вид горной массы и, следовательно, общее направление движения. При наличии нескольких пунктов разгрузки распределение к ним автосамосвалов может быть выполнено с помощью светофорных указателей.

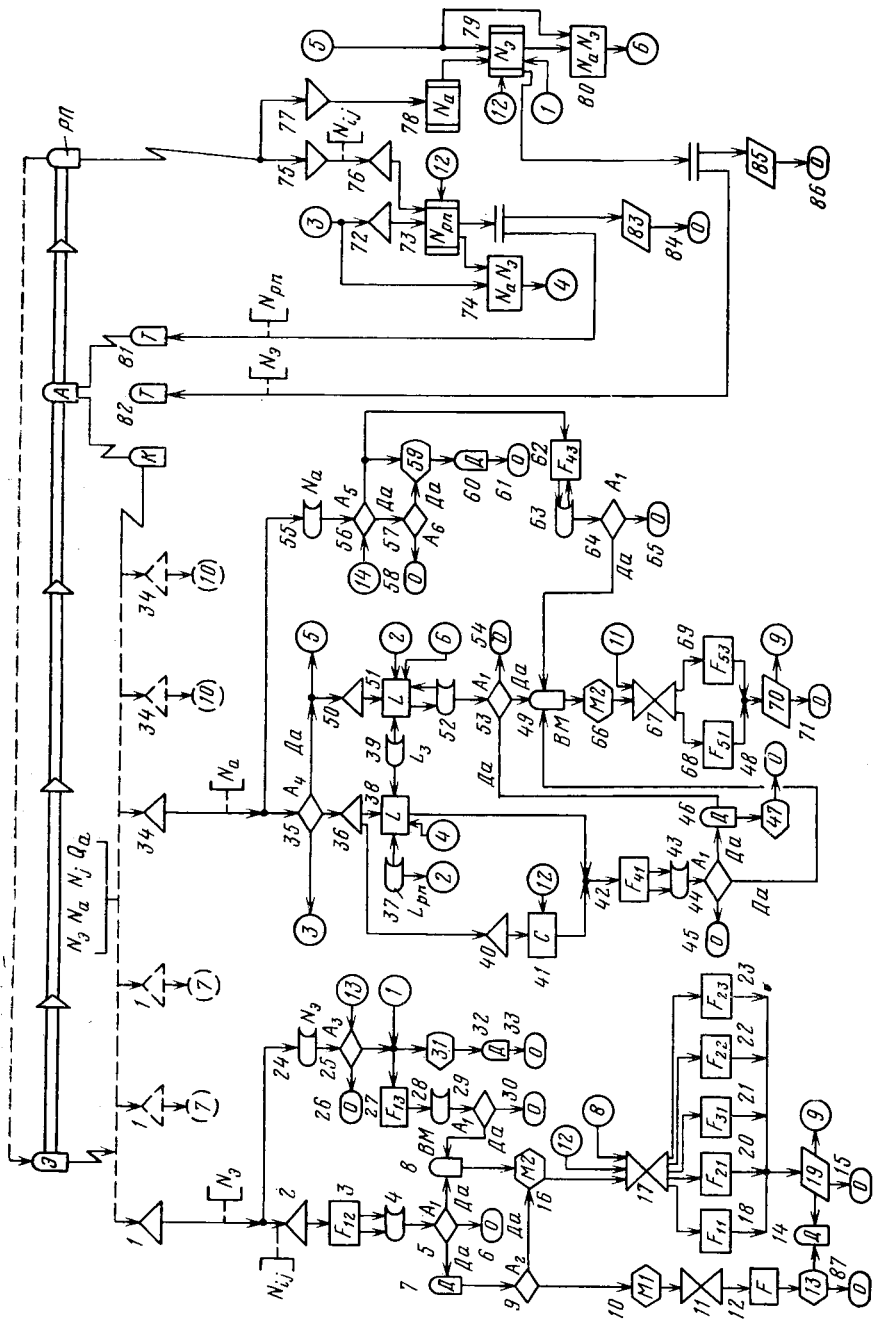
Оперативный контроль, учет и анализ работы экскаваторно-автомобильного комплекса заключается в ведении в течение смены оперативного контроля состояний экскаваторов, автосамосвалов и пунктов разгрузки, производства учета выработки горного и транспортного оборудования по качеству горной массы, учета рабочего времени экскаваторов, автосамосвалов и их простоев, оперативного учета и анализа выполнения плановых заданий экскаваторами, плана перевозок автотранспортом и поставок горной массы в пункты разгрузки [2].

На рис. 5.12 показана схема обработки информации для получения перечисленных показателей, а также информационная структура решения задачи адресации. Необходимая информация о комплексе может поступать от экскаватора или от одного из агрегатов.

На левой ветви рисунка показан ход образования информации о работе экскаваторов, участков карьера и карьера в целом. Для получения этой информации над машинными словами состава N_a, N_b, N_j, Q_a , формируемыми при адресации автосамосвалов в пункты разгрузки, производятся операции выделения слов с одинаковыми N_b . На схеме этот этап обозначен символами разбиения под номером 1. С помощью операции разбиения полученное множество под символом 2 разделяется на подмножества с одинаковыми N_j .

При выполнении операции суммирования F_{12} (символ 3) суммируются объемы горной массы определенной качества, добытые i -м экскаватором, и результаты вычислений запоминаются (символ 4). По запросу диспетчера D или по программному запросу от управляющего вычислительного комплекса BM (символы источника — приемника данных под номерами соответственно 7 и 8) могут выполняться различные модификации программы вывода информации. В модификации $M1$ (символ 10) диспетчеру представляется выборочная информация. Символом 11 обозначено ее группирование (например, в соответствии с возрастом порядковых номеров экскаваторов), формирование (операция F , символ 12) и отображение (символ 13) диспетчеру.

Работа экскаваторов контролируется периодически опросами памяти (символом 24) о приеме соответствующего N_a в интервале времени t . Запрос осуществляется по входу 13.



Интервал между последовательными поступлениями N_3 в память определяет темп работы i -го экскаватора. Выход этого интервала за пределы контрольного t_i , обнаруживаемый при выполнении операции логического контроля A_3 (символ 25), свидетельствует о нарушении темпа работы и влечет за собой регистрацию нарушения с посылкой сообщений (символ 31) диспетчеру. Наличие в памяти N_3 в момент запроса свидетельствует о работе экскаватора в заданном темпе и приводит к стиранию N_3 и началу следующего интервала опроса. Таким образом, единичные простои экскаваторов в результате выполнения операций под символами 24 и 25 обнаруживаются, их длительности t_{3i} фиксируются (операция F_{13} , символ 27) и запоминаются (символ 28).

Модификация $M2$ программы вывода информации предусматривает выдачу диспетчеру полного объема информации о состоянии горнотранспортного оборудования. Переход к модификации осуществляется по запросу полного объема информации A_2 . Для фиксирования ее используются результаты обработки данных о других экскаваторах. Схемы обработки информации аналогичны описанной выше и размещаются между выходом 7 и входом 8. Ввод условно-постоянной информации осуществляется по входу 12. На основании этих исходных данных после их группировки (символ 17) могут быть сформулированы учетные показатели выработки отдельных экскаваторов (операция F_{11} , символ 18), по экскаваторным участкам (F_{21} , символ 20), по карьеру (F_{31} , символ 21), а также определены объемы добычи горной массы с определенными показателями качества (F_{22} , F_{23} , символы 22, 23). Символом 19 обозначена операция вывода показателей на печать. Кроме того, они поступают на выход 9 схемы для использования при решении других задач автоматизированной системы оперативного управления.

На средней ветви рисунка показан ход образования информации о работе технологического автотранспорта. Формирование учетной информации о работе автосамосвалов производится путем разбивки слов по признаку N_a (символ 34). Дальнейшее направление выполнения программы зависит от того, загружен зафиксированный автосамосвал или нет (словный переход $Q_a=0$, обозначенный A_4 , символ 35). Если автосамосвал загружен, из памяти извлекаются сведения о расстоянии между экскаватором и контрольным пунктом КП (L_3 , символ 39), а также о расстоянии от КП до пункта разгрузки, на который автосамосвал направляется ($L_{рп}$, символ 37). Суммированием этих величин определяется пробег груженого автосамосвала (L ,

Рис. 5.12. Схема обработки информации контроля, учета и управления работой экскаваторно-автомобильного комплекса:

Э — экскаватор; А — автосамосвал; РП — пункт разгрузки; Т — адресное табло; К — кодирующее устройство на автосамосвале; ВМ — управляющий вычислительный комплекс

символ 38). Обозначение C в операции под символом 41 определяет массу груза в автосамосвале. Его введение параллельно с имеющим тот же смысл обозначением Q_a связано с тем, что в общем случае взвешивание может осуществляться с помощью весоизмерительных устройств, и именно результат такого взвешивания обозначен как Q_a . В рассматриваемом примере принят случай учета по рейсам, при котором считается, что каждый из них соответствует перевозке количества горной массы C . Таким образом, C является параметром условно-постоянной информации, ввод которого в схему осуществляется по входу 12. Результатом выполнения операции под символом 42 является определение F_{41} — проделанной работы в тонно-километрах. Значение F_{41} фиксируется в памяти (символ 43) и при наличии запроса (символ 44) может индизироваться диспетчеру. Из памяти информация извлекается по запросу горного диспетчера или вычислительной машины.

Аналогично обрабатывается информация о холостом пробеге автосамосвала (символы 50—53). Простой автосамосвала обнаруживается так же, как и простой экскаватора. Память опрашивается командами, поступающими по входу 14. Кроме того, путем анализа числа регистрации N_a (символ 57) проверяется правильность функционирования канала опознавания. Простой отдельных автосамосвалов фиксируются (операция F_{43} , символ 62) и заносятся в память (символ 63).

Схемы обработки информации от автосамосвалов аналогичны и располагаются между соединителями 10 и 11. После выполнения операции группирования исходных данных (символ 67) формируются сводные показатели работы автотранспорта карьера (символ 68 и 69), которые выдаются на печать (символ 70) и на выход 9 схемы.

Правая ветвь схемы иллюстрирует решение задачи управления — выбор адресов погрузки и разгрузки автосамосвалов, который производится по специальным программам (символы 73, 79), составленным на основе решения задач оперативного планирования (соединитель 12) с учетом специфики предприятия и анализа состояния разгрузочных и погрузочных пунктов (символы 77, 78). Адреса через приемники данных (символы 81, 82) передаются на автосамосвал.

Получаемые в результате решения задач учета сменные показатели работы экскаваторно-автомобильного комплекса могут использоваться в дальнейшем для решения ряда задач организационно-экономического управления.

Автоматизированные системы управления экскаваторно-автомобильным комплексом. В настоящее время находят промышленное применение системы управления экскаваторно-автомобильным комплексом. Хотя опыт эксплуатации таких систем пока еще невелик, но анализ результатов внедрения показывает их высокую эффективность. Применение систем автоматизированного управления позволяет увеличить объем выемочно-транс-

портных работ до 15 %. Затраты на создание автоматизированной системы управления окупаются в течение одного (реже двух) года. Ниже приводится описание отечественных и зарубежных автоматизированных систем управления экскаваторно-автомобильным комплексом, применяемых на карьерах или прошедших промышленное испытание.

Автоматизированная система управления «Карат» рассчитана на работу автотранспорта по закрытому циклу [1]. Система обеспечивает: оперативную информацию о выработке каждого экскаватора и автосамосвала, карьера в целом и число рейсов по видам горной массы с начала смены нарастающим итогом; контроль правильности загрузки автосамосвалов; информацию о разгрузке горной массы по каждому пункту разгрузки; информацию по радиоканалу о состоянии экскаваторов; возможность перераспределения автосамосвалов по экскаваторам при изменяющейся ситуации в разрезе; контроль выполнения сменного задания горнотранспортным комплексом в целом и по видам горной массы.

Система рассчитана на одновременную работу 14 экскаваторов и до 135 автосамосвалов. Она состоит из следующих блоков (рис. 5.13): цифрового датчика веса 1; устройства 2 опознавания номера автосамосвала; устройства 3 постоянной памяти со сменной информацией (наборного поля); устройства 4 регистрации текущей информации; устройства 5 вычисления чистого веса руды и породы; блока 6 оперативных счетчиков; устройств 7 сигнализации; блока разворота.

Цифровой датчик веса основан на использовании принципа магнитострикционной анизотропии и передает в систему сигнал, пропорциональный весу груженого автосамосвала (брутто).

Устройство опознавания номера автосамосвала работает по принципу радиопередачи и приема условного номера автосамосвала. На каждом автосамосвале устанавливается датчик, представляющий собой маломощный генератор синусоидального высокочастотного сигнала, модулируемого двумя низкочастотными моносигналами, кодирующими номер автосамосвала. Передатчик работает в режиме непрерывного излучения.

Приемники системы опознавания собраны по схеме прямого усиления. Плата приемников устанавливается в шкафу, в котором помещается и другая аппаратура системы. Приемные антенны устанавливаются у весовой и на въезде в карьер.

Устройство постоянной памяти со сменной информацией (наборное поле) применено для набора и хранения информации о весе каждой порожней автомашины и адресе закрепления автосамосвалов за экскаваторами и пунктами разгрузки. В случае необходимости информация, заложенная в памяти, легко может быть изменена оператором.

Устройства сигнализации предназначены для передачи контрольной и управляющей информации водителям автосамосвалов. Эта информация выводится на табло у весовой и табло пе-

реадресаций на въезде в карьер, а также дублируется специальными органами оператору. На операторском пульте показывается номер автосамосвала, прибывшего на весы, номер погрузившего его экскаватора и чистый вес горной массы. Кроме того, оператору поступает сигнал о неисправностях блока вычисления веса и блока питания системы. Блок разворота вырабатывает управляющие сигналы, которые координируют работу всех блоков системы.

Система работает следующим образом. При въезде автосамосвала на весы радиодатчик, установленный на автосамосвале, попадает в зону действия антенны приемного устройства опознавания условного номера автосамосвала. Одновременно с опознаванием условного номера автосамосвала происходит взвешивание и информация о весе поступает на регистр веса брутто. По сигналу «Вес принят» в блоке вычисления веса происходит вычитание порожнего веса из веса брутто.

Порожний вес выдается из постоянной памяти. Вес нетто горной массы переписывается в блок оперативных счетчиков. В результате на регистре хранятся номер автосамосвала, номер погрузившего экскаватора, номер пункта разгрузки и вес нетто горной массы.

Информация с регистра печатается на ленту цифropечатающего механизма ЭУМ-23, на ввод которого заведен единичный код времени с электрических часов, и на перфоленту, которая в конце смены поступает на цифровые индикаторы операторского пульта и на внешние световые табло для водителя автосамосвала (номер автосамосвала, номер экскаватора, вес нетто горной массы, номер разгрузочного пункта).

Оператор с помощью радиотелефонной связи с экскаваторами и телефонной связи с пунктами разгрузки всегда своевременно осведомлен о производственной ситуации на карьере. Если ситуация изменилась, например при выходе из строя того или иного экскаватора, оператор переадресует освободившиеся автосамосвалы к другим экскаваторам, используя наборное поле. При этом на въезде в карьер на табло высвечивается номер экскаватора, прекратившего погрузку, номер автосамосвала, прикрепленного к нему, и новый адрес на остаток смены.

Система «Карьер-2» института ВНИКИ Цветметавтоматика предназначена для управления автотранспортом по открытому циклу [13].

Система осуществляет управление, контроль и учет работы горнотранспортного комплекса, состоящего из 12 экскаваторов и 99 автосамосвалов двух типов. Она обеспечивает: автоматическую выработку маршрута следования автосамосвалов в соответствии с пропорцией, задаваемой с учетом плановых заданий по объему и содержанию полезного ископаемого, и индикацию адреса на контрольно-пропускных пунктах (КПП); фиксацию на бланке и перфоленте массы и номера автосамосвала, маршрута его следования с привязкой к текущему времени смены, вре-

мени отключения электроэнергии и простоя обогатительной фабрики; обработку сменных данных о работе автосамосвалов, экскаваторов и выдачу итоговых данных на смену.

Система содержит пульт оператора, устройство накопления информации и цифровой регистрации, шкафы логики, устройства опознавания хозяйственных номеров автосамосвалов, световые табло и светофоры. Аппаратура включает в себя также устройство обработки информации «Итог-2» и автомобильные автоматические весы ВАТ. Функционирование системы управления предусматривает наличие средств радиосвязи диспетчера с экскаваторами и телефонной связи с другими службами.

На диспетчерском пункте имеются вычислительные устройства, пульт диспетчера с устройствами индикации информации и ее ручного ввода, устройства вывода информации (печатающая машинка и перфоратор), средства радио- и телефонной связи.

На контрольно-пропускных пунктах, расположенных при въездах в карьер, происходит распределение автосамосвалов между экскаваторами. С этой целью КПП оборудованы приемными устройствами опознавания номера автосамосвала, маршрутными табло, на которых высвечивается номер экскаватора для адресации автосамосвала, и светофорами для разрешения въезда автосамосвалов в зону КПП. Каждый автосамосвал оборудован передатчиком присвоенного ему хозяйственного номера.

Система «Карьер-2» функционирует таким образом. Водитель автосамосвала, следующего в карьер, за 30 м до КПП включением передатчика производит запрос адреса следования. Радиосигнал передатчика, содержащий в себе закодированную информацию о хозяйственном номере автосамосвала, воспринимается приемником, расположенным на КПП, и по кабельной линии связи передается на диспетчерский пункт, где после расшифровки поступает в вычислительное устройство. Время прибытия и номер автосамосвала фиксируются устройством вывода информации на перфоленте и печатном бланке. В вычислительном устройстве в соответствии с алгоритмом осуществляется поиск адреса следования автосамосвала к экскаватору под погрузку. Номер экскаватора адресации заносится на печатный бланк и перфоленту. Одновременно с этим по кабельной линии связи он передается на КПП, где высвечивается в течение 5 с на световом маршрутном табло для водителя автосамосвала. Для исключения приема данного маршрута следования водителями других автосамосвалов их въезд на КПП запрещается красным сигналом светофора.

Груженные рудой автосамосвалы проходят КПП «Весовая», где производится их автоматическое взвешивание и опознавание хозяйственного номера. Эти данные передаются на диспетчерский пункт, и записываются совместно с сигналами времени на перфоленте и печатном бланке. Автосамосвалы, груженные породой, следуют на отвалы.

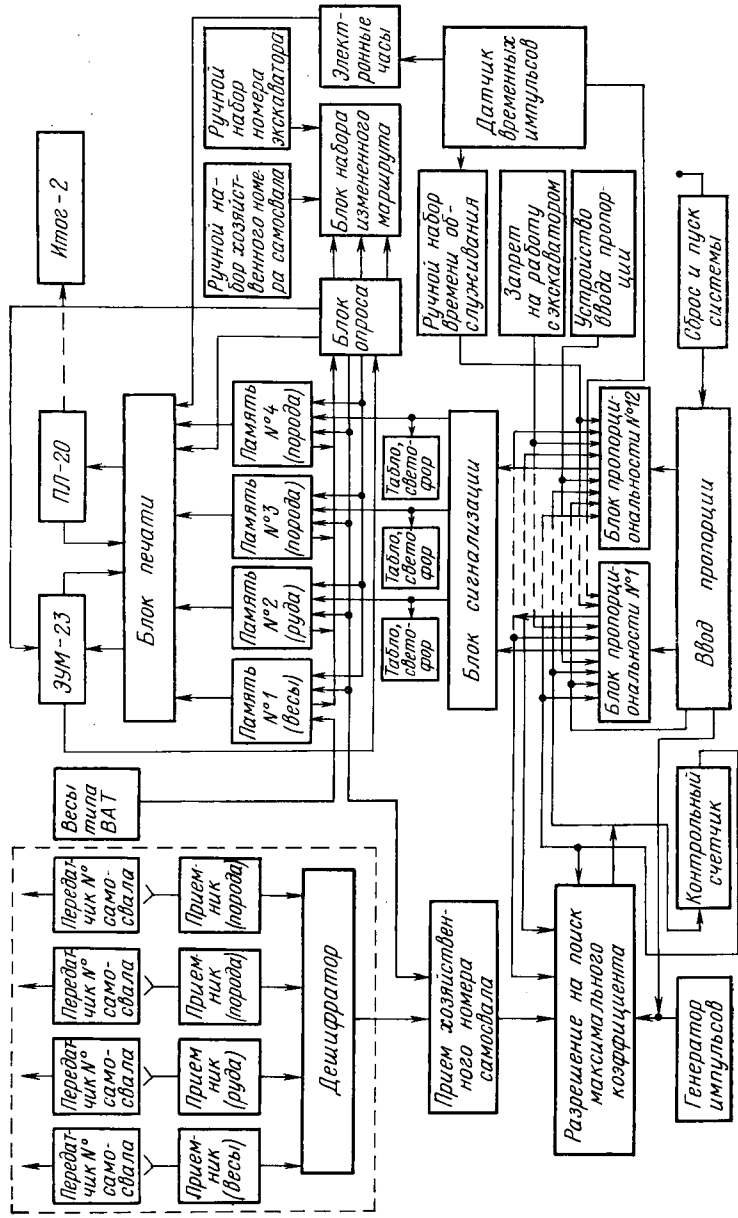


Рис. 5.14. Структурная схема АСУ ТП «Карьер-2»

Аппаратура системы «Карьер-2» рассчитана на работу автосамосвалов при одном рудном КПП, двух породных КПП и одном КПП «Весовая». При прохождении самосвалом КПП (рис. 5.14) сигнал от передатчика о его хозяйственном номере воспринимается приемным устройством КПП и по проводной линии связи поступает в дешифратор. Затем сигнал в десятичном коде поступает в блок приема хозяйственного номера самосвала, где он преобразуется в двоично-десятичный код и записывается в один из блоков памяти. В блоке приема хозяйственного номера автосамосвала определяется его грузоподъемность и выдается команда в блок генератора импульсов на отыскание блока пропорциональности с максимальным коэффициентом. За каждым экскаватором закреплен определенный блок пропорциональности, в который записываются коэффициенты пропорциональности посредством блока ввода пропорции после нажатия кнопки «Сброс и пуск системы».

Максимальный коэффициент пропорциональности отыскивается поступлением в счетчики блоков пропорциональности серии импульсов из блока генераторов импульсов. Тот из счетчиков, который раньше других досчитывает до некоторого определенного числа (большего, чем значение максимально возможного коэффициента пропорциональности), содержит наибольший коэффициент пропорциональности.

Одновременно с поступлением импульсов от генератора в счетчики блоков пропорциональности эти импульсы подсчитываются контрольным счетчиком. После нахождения блока пропорциональности с максимальным коэффициентом число, записанное в контрольном счетчике, вычитается из числа, записанного в блоке пропорциональности. Если хотя бы для одного блока пропорциональности эта разница окажется больше единицы, то сигнал с блока максимального коэффициента поступает в блок сигнализации, на соответствующем табло высвечивается номер экскаватора, к которому направляется автосамосвал, на светофоре КПП загорается красный свет, из счетчика данного блока пропорциональности вычитается единица. При подходе следующего автосамосвала начинается следующий цикл поиска маршрута следования.

Если в результате предыдущей отработки алгоритма поиска маршрута во всех блоках пропорциональности будут записаны нули или числа, меньшие единицы, то при вычитании числа контрольного счетчика из чисел блоков пропорциональности разница для любого блока окажется меньше единицы. Это служит сигналом на повторный автоматический ввод коэффициентов пропорциональности блоком ввода пропорции сменной производительности. Поступившие в блоки пропорциональности коэффициенты суммируются с остатками от предыдущего цикла.

Нахождение максимального коэффициента пропорциональности в блоках пропорциональности для каждого экскаватора осуществляется при соблюдении следующих условий: от посы-

ки предыдущего автосамосвала к этому экскаватору прошло время, большее, чем время обслуживания $t_{\text{пi}}$, которое устанавливается для каждого экскаватора на пульте; экскаватор готов к погрузке автосамосвалов (не включен временной запрет).

Выполнение первого условия обеспечивается тем, что с датчика временных импульсов в блоки пропорциональности через определенные интервалы времени поступают импульсы на реле времени и реле сброса светового табло. Если к приходу автосамосвала на всех блоках пропорциональности время не достигло $t_{\text{пi}}$, то в блок генератора импульсов подается запрет на поиск максимального коэффициента пропорциональности и импульсы с генератора не поступают. Одновременно подается сигнал на поиск блока пропорциональности с минимальной разницей между временем обслуживания ($t_{\text{пi}}$) и временем, прошедшим с момента отправки к данному экскаватору последнего автосамосвала. После этого автосамосвалу выдается маршрут. При временном выходе из работы экскаватора оператор вводит запрет на отсылку автосамосвалов к нему, и в данном блоке пропорциональности не осуществляется поиск максимума. При этом, если данный блок закреплен за рудным экскаватором, его коэффициент пропорциональности накапливается от цикла к циклу. После снятия временного запрета этот блок пропорциональности начинает участвовать в поиске оптимального маршрута.

При выдаче маршрута автосамосвалу с блока сигнализации в соответствующий блок памяти записываются: в блок памяти № 2 — номер автосамосвала и экскаватора, а в блок памяти № 1 — номер автосамосвала и его вес. Данные о массе груженого автосамосвала поступают с автоматических весов ВАТ.

После окончания записи информации в блоке памяти с него поступает команда на начало печати в блок опроса. Блок опроса производит подачу питания на электродвигатель цифropечатающей машинки ЭУМ-23, после чего с нее поступают импульсы обратной связи на продвижение распределителя в блоке опроса. Блок опроса подает разрешение на считывание информации с блоков памяти, выводит в блок печати данные переадресовки и адрес разгрузки, осуществляет последовательность вывода информации на печать.

В блок печати поступает информация с блоков памяти о номерах автосамосвалов, экскаваторов, весе, а с блока электронных часов — текущее время. Эта информация печатается на бумажном бланке цифropечатающей машинкой ЭУМ-23 и на перфоленте — перфоратором ПЛ-20. Информация, нанесенная на перфоленту, в конце смены может быть обработана на устройстве «Итог-2» или на другом аналогичном вычислительном устройстве.

АСУ ТП «Карьер-2» находится в эксплуатации на Сорском руднике с 1971 г. Экономическая эффективность от ее применения составляет 310 тыс. руб. в год.

Система «Комплекс-АТ» института ИГД Минчермета СССР и производственно-технического объединения «Уралэнергочермет» включает в себя: управляющую вычислительную машину, устанавливаемую на пункте горнотранспортного диспетчера; систему телемеханики, состоящую из диспетчерского полуккомплекта; устройство обмена информацией на пунктах перегрузки и периферийных средств сбора информации.

Система рассчитана на управление экскаваторно-автомобильным комплексом по открытому циклу при наличии 10 автосамосвалов в смену, 10 экскаваторов и 10 пунктов погрузки.

В качестве критерия управления принят минимум простоев автотранспорта при условии выполнения сменного задания каждым экскаватором; при недостатке автотранспорта интенсивность подачи машин к экскаваторам снижается равномерно с учетом задания для каждого из них.

Решение задач по выбору маршрута и контролю за ним, учету производительности горнотранспортного оборудования производится управляющей вычислительной машиной. Для ввода информации о состоянии объекта разработана система связи на базе серийного комплекса

функциональных блоков серии «Спектр» и транзисторных УКВ радиостанций. Устройства связи размещены на экскаваторах и диспетчерском пункте.

Перед началом смены в систему вводятся номера работающих экскаваторов и автосамосвалов, а также данные об интенсивности погрузки. В течение смены в систему поступает информация о номерах экскаваторов и автосамосвалов при каждой погрузке, запросы маршрута от водителей автосамосвалов, информация от машинистов о готовности или неисправности экскаваторов.

При подходе к диспетчерскому пункту ДП (рис. 5.15) автосамосвала он фиксируется специальным датчиком, сигнал которого подается в УВМ, и запускает программу выбора маршрута. УВМ на основании заданного алгоритма выбирает экскаватор, номер которого высвечивается на маршрутном табло МТ, и одновременно включается светофор С.

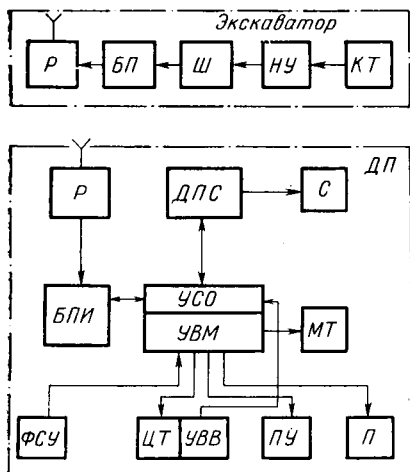


Рис. 5.15. Структурная схема АСУ ТП «Комплекс-АТ»:

ДП — диспетчерский пункт; Р — радиостанция; БП — блок формирования и передачи; Ш — шифратор; НУ — наборное устройство; КТ — контрольное табло; ДПС — датчик прохождения автосамосвала; УСО — устройство связи с объектом; С — светофор; МТ — маршрутное табло; БПИ — блок приема информации; УВВ — устройство ввода-вывода; УВМ — управляющая вычислительная машина; ЦТ — цифровое табло индикации; ПУ — печатающее устройство; ФСУ — фотосчитывающее устройство; П — перфоратор

Интенсивность погрузочных работ регулируется периодической корректировкой заданного интервала отправки автосамосвалов к экскаваторам по отклонению фактической интенсивности погрузки от заданной в начале смены. Для контроля исполнения выбранного маршрута фиксируются номера автосамосвала и экскаватора, к которому он направлен; фиксируется сообщение об очередной загрузке данного автосамосвала; сравнивается номер экскаватора, от которого поступило сообщение, и номер экскаватора, к которому был послан автосамосвал.

По окончании загрузки автосамосвала машинист экскаватора на наборном устройстве *НУ* набирает номер автосамосвала, который через блок формирования *БП* передается по радиоканалу на диспетчерский пункт ДП. Принятая на ДП информация о номере автосамосвала и экскаватора с блока *БПИ* поступает в *УВМ*, запускается программа учета, которая фиксирует работу экскаватора (по грузоподъемности автосамосвала) и автосамосвала (в тоннах и километрах).

В процессе работы оператор-диспетчер может вывести на цифровое табло *ЦТ* индикацию производительности любого экскаватора и автосамосвала на данный момент времени. Через каждые 15 мин в *УВМ* автоматически запускается программа корректировки интенсивности погрузки.

Первая очередь АСУ ТП погрузочно-транспортными работами типа «Комплекс-АТ» внедрена на Сарбайском руднике Соколовско-Сарбайского ГОКа. Годовой экономический эффект от внедрения системы составил 170 тыс. руб.

Система института Гипроуглеавтоматизация (ГУА), внедренная на карьерах «Томусинский 3/4» и «Красногорский» комбината «Кузбасскарьеруголь», обеспечивает: измерение чистого веса горной массы, перевозимой автосамосвалами в каждом рейсе; опознавание средств погрузки (номера экскаватора) и транспортных средств (номер автосамосвала) с целью оценки их индивидуальной производительности; передачу, накопление и обработку информации о работе добычного комплекса.

Элементы системы контроля и учета располагаются на экскаваторах, автосамосвалах и контрольном пункте карьера (рис. 5.16). На экскаваторах и автосамосвалах имеются блоки опознавания: экскаваторный *БОЭ* и автомобильный *БОА*. При работе со свободным прикреплением автосамосвалов к экскаваторам наличие этих блоков опознавания позволяет контролировать производительность каждого экскаватора и выполнение команд управления водителями автосамосвалов. Номер экскаватора, нагрузившего данный автосамосвал, переносится блоком *БОА* на контрольный пункт. Блоки опознавания имеют радиоканал связи и состоят из следующих элементов: приемо-передающих устройств; устройств приема и хранения кодов номеров экскаватора и автосамосвалов; устройств управления; устройств для набора кодов своих номеров; блоков питания.

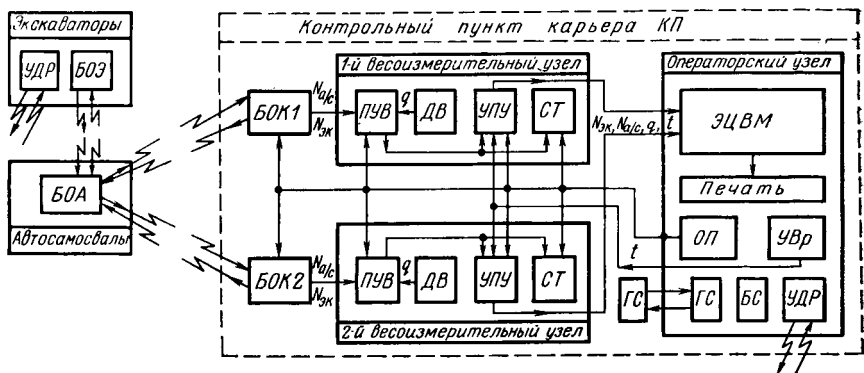


Рис. 5.16. Структурная схема системы контроля и учета

Аналогичный блок опознавания БОК устанавливается на весоизмерительном устройстве контрольного пункта. Основной узел системы, осуществляющий сбор и переработку всей информации — контрольный пункт КП. Для увеличения пропускной способности КП оборудован двумя весоизмерительными узлами. Грузенные автосамосвалы взвешиваются в неподвижном состоянии на автомобильных автоматических весах АЦП-60ДРА. Вес тары предполагается неизменным. Весоизмерительный узел содержит следующие блоки: пульт управления весами ПУВ; датчик веса ДВ; узел перфорационного устройства для записи первичной информации на перфоленту УПУ; световое табло для выдачи водителю адреса погрузки и веса автосамосвала СТ.

Операторский узел, расположенный на КП, включает в себя: электронную цифровую вычислительную машину ЭЦВМ для обработки информации с пишущей машинкой для печати итоговой информации; операторский пульт ОП для управления оборудованием на КП; устройство фиксации текущего времени УВр; громкоговорящую связь ГС типа ПГС-1 для выдачи оператором команд водителям автосамосвалов; блок счетчиков рейсов БС; устройство УДР диспетчерской связи (телефонной), коммутатор и радиостанцию «Гранит».

Весь объем информации, обрабатываемой автоматизированной системой контроля и учета, может быть разделен на информацию исходную, первичную, оперативную и итоговую.

Исходная информация включает в себя: номера смены, участка, экскаваторов и автосамосвалов, число автосамосвалов; расстояние от экскаваторов до разгрузочных пунктов; вес порожних автосамосвалов; число экскаваторов на участках и в карьере; плановые задания по каждому экскаватору.

Первичная информация содержит: номер экскаватора, осуществляющего погрузку данного автосамосвала; номер автосамосвала, прибывшего на КП; полный вес груженого автосамосвала; время появления автосамосвала.

Оперативная информация включает в себя число рейсов в течение смены, выполненных каждым автосамосвалом, и суммарное число рейсов от каждого экскаватора. Эта информация используется диспетчером для контроля технологического процесса и выработки команд управления.

Итоговая информация получается как результат обработки первичной и исходной информации на ЭЦВМ. Она характеризует сменную работу всего комплекса и отдельных его элементов (экскаваторов и автосамосвалов). Итоговая информация выводится на печать.

Зарубежные системы управления экскаваторно-автомобильным комплексом [6].

Система «Астра-71» для оперативного управления, контроля и учета работы карьерного автотранспорта разработана в Институте технической кибернетики Болгарской академии наук и внедрена в опытную эксплуатацию на карьере комбината «Медет» в 1974 г.

Система обеспечивает: распределение автосамосвалов между экскаваторами в течение смены в соответствии с алгоритмом и критериями управления (работа автотранспорта может быть организована по открытому, закрытому и смешанному технологическим циклам); контроль за ходом выполнения заданного в начале смены плана по добыче полезных ископаемых и вскрыше; поддержание качества полезных ископаемых в заданных пределах; контроль работы автосамосвалов; сбор информации о ходе процесса добычи; вывод из памяти управляющей машины на печать информации о результатах работы каждого экскаватора и автосамосвала, числе ошибок, сделанных водителями автосамосвалов, показателях усреднения и т. д.; диспетчерскую службу наглядной (в цифровом виде) оперативной информацией о ходе процесса добычи.

В основе алгоритма управления заложено понятие плотности потока автосамосвалов к отдельным экскаваторам. При этом учитывается интервал между последовательно посланными автосамосвалами и проверяется выполнение условия — допустимая очередь около экскаватора. Критериями управления являются выполнение плана по добыче и вскрыше и поддержание качественного состава шихты, поступающей от карьера.

Система состоит из специализированной управляющей вычислительной машины (УВМ) «Астра 71-25», специализированных периферийных технических средств сбора и устройства ввода и вывода информации. В аппаратуру опознавания автосамосвалов входят: передатчик хозяйственного номера автосамосвала «Астра 71-01», приемник хозяйственного номера автосамосвала; аппаратура передачи данных по проводным каналам связи из периферийного информационного пункта в УВМ «Астра 71-07»; аппаратура передачи данных по радиоканалу для связи подвижных информационных пунктов с УВМ «Астра 71-05»; устройство ввода-вывода информации (УВВИ), предназначенное для орга-

низации всех режимов работы диспетчера и подключения УВМ с арифметическим устройством системы; устройство отображения и индикации транспортных потоков; адресное табло «Астра 71-08»; диспетчерский пульт с мнемонической схемой отображения транспортных потоков «Астра 71-15»; блок печати.

Центральное место в системе занимает специализированная управляющая вычислительная машина, состоящая из арифметического устройства (АУ) с блоком контроля выполнения операций, центрального управляющего устройства (ЦУУ), постоянного и оперативного запоминающих устройств (ПЗУ и ОЗУ) и блока выбора адреса. Блок позволяет реализовать три алгоритма поиска адреса: последовательный опрос ячеек, режим усреднения и приоритетное обеспечение экскаваторов порожними автосамосвалами. Обмен информацией в машине происходит по магистральному принципу, который обеспечивает большую гибкость структуры машины и значительное уменьшение связей между блоками. Данные с различных информационных пунктов поступают с системы сбора информации (СССИ) в устройство УВВИ, которое осуществляет обмен информацией между машиной, процессом и оператором-диспетчером, обеспечивает взаимодействие между основной программой и вводом-выводом информации для управления и контроля. Взаимодействие диспетчера с УВМ осуществляется в основном через канал прямого доступа с ОЗУ машины. По этому же каналу диспетчер корректирует исходные данные.

В работе процессора предусмотрены три уровня приоритетов прерывания программ: высший — система оперативного контроля информации, которая при появлении ошибки останавливает процесс обработки, средний — запись в ПЗУ новой информации и низший — связь диспетчера с машиной. Для повышения надежности системы введен оперативный контроль основной и вспомогательной информации на основе структурных и информационных излишеств.

Случайные погрешности, появившиеся в отдельных блоках, занижаются и в конце смены вместе с отчетными данными выводятся на печать. Это способствует выявлению ненадежных узлов и проведению их профилактики.

Основная нагрузка в системе приходится на устройство обработки информации. В системе предусмотрена тестовая программа локализации постоянной погрешности в АУ до уровня разряда. Тестовой программой в режиме профилактики проверяются ПЗУ и ОЗУ. Результат проверки выводится на световое табло.

Перед началом смены задается режим работы автотранспорта и в УВМ вводится исходная информация. При выполнении автосамосвалом первого рейса автодиспетчер вводит этот автосамосвал в систему управления. УВМ на основании заданной в начале смены программы и текущей ситуации в карьере осуществляет поиск адреса погрузки этому автосамосвалу. В даль-

нейшем при каждом поступлении автосамосвала в карьер опознается его хозяйственный номер, который передается в УВМ, после чего вырабатывается адрес погрузки и т. д. Одновременно с распределением автосамосвалов УВМ осуществляет оперативный контроль правильности выполнения водителями автосамосвалов указаний УВМ.

При аварии в центральном процессоре диспетчер может вмешаться в процесс и перейти на ручное управление. Информация о ситуации в ходе процесса добычи представляется диспетчеру при помощи мнемонической схемы. В системе предусмотрен оперативный вывод на печать принятого решения — адреса маршрута аварийной ситуации у экскаваторов и т. д. с фиксацией текущего времени.

В конце смены по запросу диспетчера из УВМ выдаются на печать и выводятся итоговые данные о работе карьера, которые поступают в бухгалтерию и производственный отдел для дальнейшей обработки.

В США внедрена система гибкого оперативного диспетчерского управления автотранспортом с использованием двусторонней радиосвязи. В систему входят 52 радиостанции, установленные на 60-тонных автосамосвалах, и 22 радиостанции, установленные на автомашинах администрации и в электромеханической службе карьера.

По возвращении автосамосвала с места выгрузки водитель докладывает об этом диспетчеру, который сообщает адрес — маршрут следования автосамосвала. После загрузки автосамосвала водитель сообщает диспетчеру о качестве горной массы, которую он будет доставлять. Полученную информацию диспетчер фиксирует в отчетном графике. Информацию о качестве горной массы, загружаемой в автосамосвал, водитель получает по сигналу группы ламп, находящихся на задней стороне кабины экскаватора. В начале смены водителям сообщают пункты разгрузки (отвалы) в зависимости от вида горной массы.

Автоматическое управление в сочетании с индукционным способом ориентации движения автосамосвалов используется фирмами США «RCA» и «Дженерал моторс». В покрытые дороги карьера укладывают кабель, которым задается траектория движения автосамосвалам. Кабель, представляющий собой антенну передатчика с малым радиусом действия, питается током низкой частоты.

На автосамосвале установлены миниатюрная счетно-решающая электронная машина (СРУ), радиоуправляемый серводвигатель для приведения в действие рулевого механизма, автопилот, управляющий работой тормозов и педалью газа. Рулевое управление работает от радиосигналов, излучаемых кабелем, которые воспринимаются двумя антеннами, находящимися в передней части на раме автосамосвала. Автопилот воспринимает команды от аппаратуры, расположенной по краям дороги и сигнализирующей о климатических условиях и дорожной обстанов-

ке на соответствующем участке пути. Связанный с СРУ и педалью газа автопилот выбирает скорость. В полотне дороги на определенном расстоянии друг от друга заложены контрольные датчики, по которым течет слабый ток. В схеме предусмотрено ручное управление, применяемое при маневрировании автосамосвалов в пунктах погрузки и разгрузки горной массы. Для наблюдения за работой автотранспорта на трассе в пунктах погрузки и разгрузки и в местах разветвления дорог установлены телевизионные камеры. Применение телевидения и радиосвязи на автотранспорте позволяет упорядочить организацию работы в карьере, улучшить использование механизмов, сократить обслуживающий персонал и значительно снизить простои и аварийность.

Аналогичная система автоматического управления работой безрельсовых средств транспорта разработана шведской компанией «Саб-Скайо». Она предназначена главным образом для использования на карьерах с различными видами средств транспорта на пневмоходу (автосамосвалами), доставляющими грузы на большие расстояния. Управление автосамосвалами осуществляется с помощью сигналов, поступающих по проложенному в земле кабелю, которые принимаются специальной антенной, установленной на автосамосвале, и передаются в подсистемы автоматического управления движением этого автосамосвала. Подземный кабель представляет собой замкнутую систему управления, по которой с помощью стационарного передатчика посылаются высокочастотные электросигналы. Они принимаются двумя антеннами транспортного сосуда, смонтированными на одинаковом расстоянии по обе стороны от его центральной оси. Система управления оснащена чувствительным датчиком, который останавливает транспортный сосуд, если сигнал падает ниже определенного уровня. Немедленная остановка происходит и при отклонении транспортного сосуда на расстояние 0,4 м от кабеля управления. Наименьший радиус закругления при использовании этой системы управления составляет 6 м, точность передвижения над кабелем — 0,2 м. Для регулирования скорости движения автосамосвала необходимо передавать более сложную информацию от стационарного передатчика к приемному устройству, смонтированному на автосамосвале. Управляющая частота командных сигналов моделируется с помощью кодирующего устройства. Необходимость регулирования скорости движения обуславливается неровностями пути, наличием поворотов и т. д.; производится она по программе — в определенных точках пути. Эта подсистема управления предусматривает вероятность остановки автосамосвала в том случае, если поступившие сигналы ошибочны или не предусмотрены программой. Автосамосвал может быть оснащен дублирующей тормозной системой.

Системы автоматического управления автосамосвалами могут быть упрощенными, когда только один автосамосвал передвигается по одному пути, и сложными — с несколькими автоса-

мосвалами, передвигающимися одновременно по различным маршрутам в обоих направлениях. Система включает в себя приемное оборудование, смонтированное на автосамосвале, и один или более передатчиков, работающих по определенной программе.

Сложные системы управления требуют наличия небольших ЭВМ. Эти устройства регистрируют сигналы индикаторов, расположенных вдоль всего пути следования транспортных сосудов и фиксирующих момент их прохождения. Помимо места нахождения транспортных сосудов ЭВМ контролирует работу передатчика системы автоматического управления. В дополнение к аппаратуре регулирования движения сложные системы могут быть оснащены оборудованием для автоматической погрузки и разгрузки автосамосвала. В случае необходимости автосамосвал, оснащенный аппаратурой, необходимой для использования в системе автоматического контроля, может быть применен в обычной транспортной системе с ручным управлением.

Основными преимуществами системы автоматического управления средствами транспорта являются большой срок службы автосамосвалов и возможность более интенсивной их эксплуатации.

Система маршрутизации карьерного автотранспорта (рис. 5.17) предназначена для оперативного управления работой автосамосвалов на карьерах по открытому технологическому циклу. Критерием управления служит сокращение простоев автосамосвалов в ожидании погрузки по организационным причинам. Аппаратура опознавания автосамосвалов в этой системе содержит лампы световой индикации, предназначенные для кодирования типа автосамосвала (углевоз 1 или породный автосамосвал 2) и вида горной массы, транспортируемой этим автосамосвалом. Лампы 3 находятся на автосамосвале сбоку, между кабиной и кузовом. Опознающие устройства содержат по четыре фотозлемента 4, предназначенных для приема информации с автосамосвала. Фотозлемента расположены на уровне установки ламп на автосамосвалах. Опознающими устройствами оборудуются ворота, установленные на каждой въездной траншее. Световые указатели маршрута 5 предназначены для выдачи водителям автосамосвалов пунктов погрузки. Указатели устанавливаются у въездов в карьер и представ-

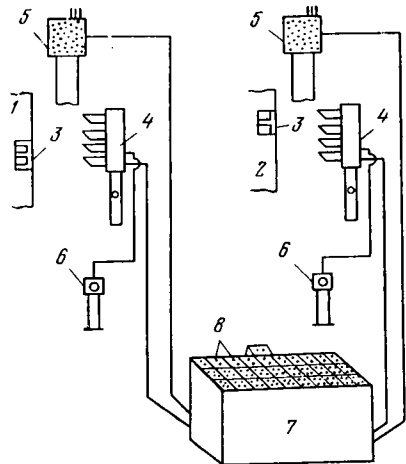


Рис. 5.17. Структурная схема технических средств системы маршрутизации

ляют собой матрицу из индикаторных ламп. Блок управления 7 предназначен для выработки адреса погрузки очередному автосамосвалу, поступающему в карьер. Он состоит из субблоков 8, число которых соответствует числу экскаваторов, одновременно работающих в смене. На передней панели субблока управления расположены номерной диск, переключатель задания вида горной массы, счетчик числа автосамосвалов, устройство контроля времени погрузки углевозных и породных автосамосвалов, устройство для ввода добавочного времени и кнопка временного запрета. В систему также вводят светофоры 6.

Система внедрена на угольном карьере в Вестфильде (Великобритания). Производительность карьера 20—25 млн. т в год. Карьер отличается большими размерами, наличием двух выездных траншей, а также разнообразием горных пород и сортов угля. Кроме того, оборудование имеет различные рабочие параметры. На погрузке горной массы работают 9 экскаваторов, а транспортирование осуществляется автосамосвалами, интенсивность поступления которых по капитальной выездной траншее достигает 100 в час. Водитель автосамосвала перед въездом в карьер включает лампы опознавания автосамосвала. Сигнал с блока опознавания поступает в общий блок управления, который на основании заложенной программы и текущей ситуации в карьере осуществляет поиск адреса. В момент прохождения автосамосвала мимо фотоэлементов опознавания включается светофор. Система позволяет организовать работу автотранспорта по открытому циклу, набирать простейшую программу работы устройства управления, собирать и представлять диспетчеру информацию о работе погрузочного и транспортного оборудования в течение смены.

6. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМИ ПРОЦЕССАМИ

6.1. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ КАРЬЕРНЫХ МАШИН И ПОГРУЗОЧНЫМИ И ПЕРЕГРУЗОЧНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

Автоматизированное управление движением карьерных машин производится для обеспечения движения каждой из них по заранее рассчитанной трассе с требуемой точностью.

Существует несколько устройств управления движением карьерной гусеничной машины по заданной трассе. В одном из устройств трасса движения машины задается с помощью ведущего кабеля, излучающего низкочастотные электромагнитные колебания. Кабель укладывается на почву, а приемные устройства (ферритовые антенны) устанавливаются на машине. При отклонении машины от заданной трассы в приемных устройствах вырабатываются сигналы, зависящие от знака и величины

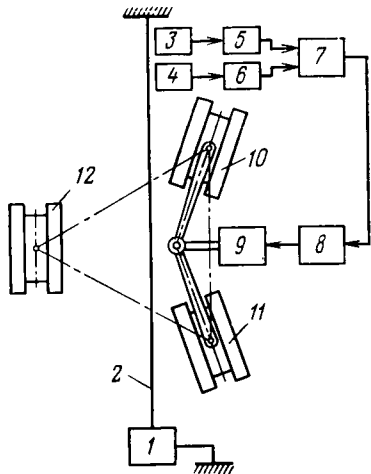


Рис. 6.1. Упрощенная блок-схема системы управления разворотом ходовых тележек карьерной машины:

1 — генератор низкой частоты; 2 — ведущий кабель; 3 — датчик опорного сигнала; 4 — датчик отклонения от заданной трассы; 5, 6 — усилители; 7 — фазочувствительный выпрямитель; 8 — регулятор; 9 — привод разворота тележек; 10—12 — ходовые тележки

отклонения. Эти сигналы используются для управления приводами механизмов разворота ходовых тележек карьерной машины. На рис. 6.1 показана упрощенная блок-схема простейшей системы управления разворотом ходовых тележек. Датчик отклонения от заданной трассы вынесен вперед по направлению движения машин [2].

Задача согласованного перемещения машин комплекса по заданным трассам по мере развития горных работ может быть эффективно решена при использовании методов программного управления. Программа согласованного перемещения машин вскрышного комплекса определяется требованиями увязки экскаваторных и отвальных работ. Например, необходимость согласования объемов вскрыши с емкостью отвального пространства. Возможные варианты систем программного управления согласованным перемещением ведущей и ведомой машин (рис. 6.2) одинаковы по структуре и различаются лишь технической реализацией и размещением аппаратуры. Так, в системе, показанной на рис. 6.2,а, аппаратура управления размещена на специальном пункте программного управления, в систе-

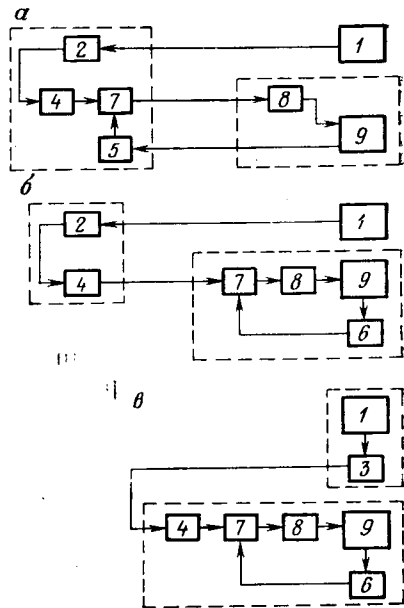
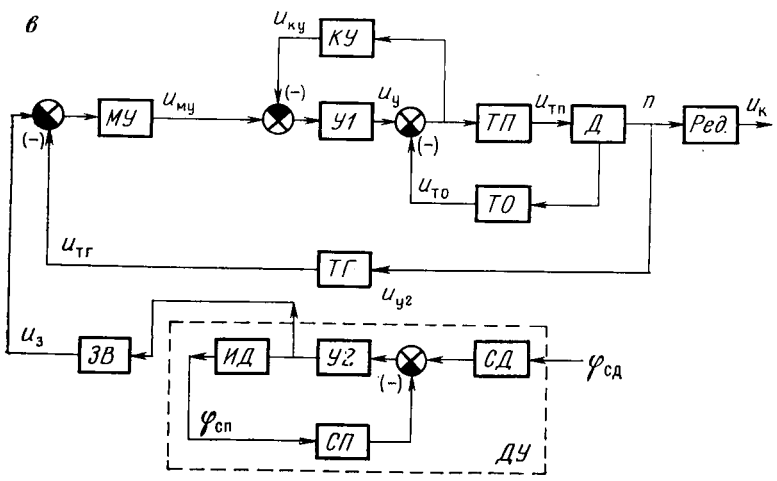
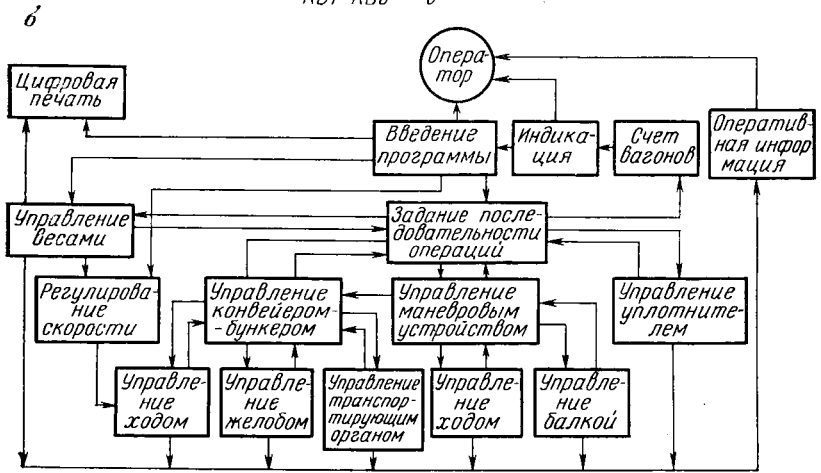
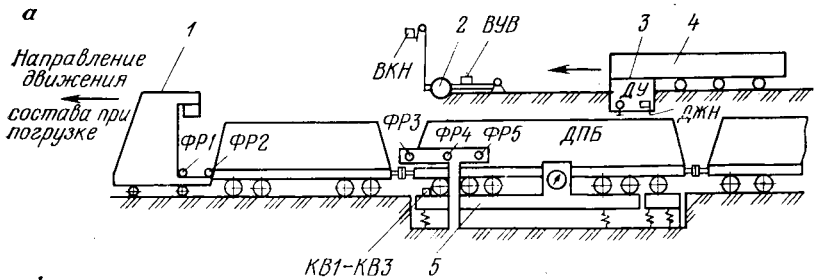


Рис. 6.2. Блок-схемы систем программного управления согласованным перемещением комплекса машин непрерывного действия:

1 — ведущая машина; 2, 5 — дальномеры; 3, 6 — датчики пути; 4 — программный автомат; 7 — блок сравнения; 8 — исполнительный привод (привод хода ведомой машины); 9 — ведомая машина



ме (рис. 6.2,б) часть аппаратуры управления находится на ведомом объекте, а в системе (рис. 6.1, в) вся аппаратура (кроме датчика пути ведущей машины) [2] размещена на ведомой машине.

Автоматизированное управление погрузочными и перегрузочными комплексами предназначено для обеспечения непрерывности грузопотока. При этом необходимо добиться согласованного положения различных перегрузочных устройств, что достигается применением соответствующих автоматизированных систем, например, автоматизированной системы для согласования положения разгрузочной консоли роторного экскаватора с приемной консолью перегружателя, системы для согласования положения разгрузочной консоли перегружателя с передвижным приемным бункером забойного конвейера и др. [2]. В обеих системах в качестве датчиков прямого контроля взаимного положения перегрузочных органов использованы датчики компонентов электромагнитного поля, излучаемого специальными антенными устройствами. Датчики контроля устанавливаются на разгрузочных консолях карьерных машин. Антенные устройства располагаются на приемных перегрузочных органах. В первой системе сигнал рассогласования используется для управления приводом поворота разгрузочной консоли роторного экскаватора, а во второй — для управления приводом перемещения приемного бункера забойного конвейера.

Институтами Гипроуглеавтоматизация и Гипроуглегормаш [1] разработан автоматизированный комплекс механизмов для погрузки угля в железнодорожные вагоны с производительностью 1000 т/ч. Комплекс включает в себя (рис. 6.3, а): передвижной загрузочный конвейер-бункер с выдвижным желобом на головной части; маневровое устройство с порталным толкателем, взаимодействующим со сцепками загружаемого и предшествующего вагонов с помощью тяговой балки; устройство уплотнения; средства контроля положений механизмов комплекса и загружаемого вагона; аппаратуру управления.

Комплекс работает во взаимодействии с автоматизированными вагонными платформенными весами 699П200А.

Система управления комплексом обеспечивает: автоматическое выполнение заданной последовательности технологических операций; автоматическое регулирование процесса заполнения и дозирования вагонов; режимы загрузки вагонов различных типоразмеров.

Автоматический режим управления комплексом достигается введением в систему управления программы загрузки очеред-

Рис. 6.3. Автоматизированный комплекс погрузки угля КПА:

а — схема расположения механизмов и датчиков; б — функциональная схема системы управления; в — структурная схема системы автоматизированного регулирования скорости перемещения конвейера-бункера; 1 — маневровое устройство; 2 — каток-уплотнитель; 3 — желоб; 4 — конвейер-бункер; 5 — вагонные весы

ности вагона. Она набирается на пульте периодически для каждого вагона во время передвижения состава с целью установки этого вагона на платформу весов. Программой задаются тип загружаемого вагона, масса тары вагона по трафарету на борту вагона и инвентарный номер вагона.

Перед началом работы комплекса на пункт погрузки подается состав порожних вагонов с локомотивом в хвосте так, чтобы первый вагон остановился в зоне действия маневрового устройства. Оператор комплекса с помощью дистанционно управляемого маневрового устройства устанавливает вагон на платформу весов. Контроль установки вагона на весах осуществляется группой конечных выключателей *КВ1*, *КВ2* или *КВ3* в зависимости от типа вагона. После этого подается команда на включение комплекса в работу, и все последующие операции по загрузке состава осуществляются автоматически.

По окончании цикла загрузки предыдущего вагона включается привод маневрового устройства для сдвигания груженого вагона с платформы весов, а затем — привод опускания катка уплотнителя, который прокатывается по поверхности «шапки» угля движущегося вагона. Работой катка уплотнителя управляют фотореле *ФР3—ФР5*. При экранировании фотореле *ФР3* и *ФР4* кузовом вагона каток опускается на слой угля с помощью канатной лебедки. Предельное опускание катка фиксируется датчиком *ВКН*, срабатывающим при ослаблении каната. По сигналу фотореле *ФР5* каток поднимается и фиксируется в верхнем положении конечным выключателем *ВУВ*.

После подъема катка маневровое устройство переводится в режим пониженной скорости дотягивания до точной остановки порожнего вагона на платформе весов. Затем в работу включается механизм, опускающий желоб до уровня, контролируемого датчиком *ДЖН*, соответственно типу загружаемого вагона. Включается механизм передвижения конвейера, который устанавливает его в исходное положение для начала погрузки, контролируемое датчиком положения *ДПБ*. Одновременно осуществляются подъем тяговой балки маневрового устройства, разарретирование и задание массы на весы. Маневровое устройство перемещается назад и останавливается между вагонами, чтобы тяговая балка находилась над замком автоцепки (положение балки контролируется фотореле *ФР1*, *ФР2*). В исходном положении конвейера включается привод его транспортирующего органа, и материал начинает поступать в вагон. По окончании загрузки объема первичного конуса, фиксируемого электродным датчиком уровня *ДУ*, включается привод перемещения конвейера. При этом скорость передвижения устанавливается в зависимости от типа загружаемого вагона и интенсивности потока материала угля. После окончания загрузки вагона отключаются приводы транспортирующего органа и перемещения конвейера, включается привод подъема желоба, фиксируется вес угля в вагоне, и результат выдается на цифрочатающее устрой-

ство. Затем тяговая балка опускается на автосцепку, и маневровое устройство, сцепляясь с составом, перемещает состав до установки следующего вагона на платформу весов. Включается привод перемещения конвейера-бункера для установки его в исходное положение, причем во время движения конвейера происходит накопление угля на его транспортирующем органе. До начала работы транспортирующего органа и механизма перемещения конвейера уголь накапливается в промежуточной емкости, размещаемой над конвейером.

В дальнейшем операции погрузки повторяются до тех пор, пока не будет загружен последний вагон состава, после чего конвейер останавливается в положении окончания цикла, а маневровое устройство осуществляет продвижение состава для схода последнего вагона с платформы весов. Каток-уплотнитель по окончании уплотнения угля в последнем вагоне поднимается в верхнее положение и стопорится. Загрузка вагона заканчивается по сигналу с весов при достижении заданного значения веса вагона брутто, которое автоматически вводится в систему управления комплекса как сумма веса тары и нетто.

Функциональная схема системы управления погрузочным комплексом КПА показана на рис. 6.3, б.

Электропривод механизма хода конвейера-бункера выполнен на постоянном токе с питанием двигателей D (рис. 6.3, в) от тиристорного преобразователя $ТП$. На обмотки управления магнитного усилителя $MУ$ поступают сигнал заданной скорости U_3 и сигнал обратной связи $U_{тн}$ от тахогенератора $ТГ$. Сигнал узла токоограничения $ТО$ поступает на вход тиристорного преобразователя, осуществляя защиту от перегрузок при максимально допустимом значении тока силовой цепи. Для обеспечения устойчивости и плавного характера переходных процессов в системе используется усилитель $УИ$ с корректирующей RC -цепочкой $КУ$, который выполняет функции ПИД-регулятора.

Сигнал задания U_3 формируется дифференцирующим устройством и масштабирующим звеном-задатчиком $ЗВ$ типа вагона. Дифференцирующее устройство основано на свойствах интегрирующего привода и состоит из двух сельсинов: датчика $СД$ и приемника $СП$, работающих в трансформаторном режиме, усилителя $У2$ и исполнительного серводвигателя $ИД$. Ротор сельсина-датчика $СД$ связан с механизмом весов так, что его угол поворота $\varphi_{сд}$ пропорционален массе m . Тогда напряжение на выходе усилителя $У2$ интегрирующего привода пропорционально производной dm/dt . При заполнении хвостовой части вагона в заключительный период погрузки следящая система отключается и догрузка заканчивается по специальной программе в функции времени.

6.2. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ДРОБЛЕНИЯ

Механическое дробление скальных пород на карьерах осуществляется в полустационарных, передвижных и самоходных дробильных установках. Полустационарные дробильные установки применяются при ограниченном расстоянии транспортирования (не более 1—1,5 км). На этих установках используются валковые, роторные, щековые и конусные дробилки. Важный параметр дробилок крупного дробления — их строительная высота. На полустационарных установках строительная высота дробилки определяет скорость сооружения и разнос площадки под перегрузочный узел.

Основная цель применения передвижных дробильных установок на карьерах — сократить маршрут автомобильного транспорта на уступах карьера.

У большинства промышленных дробилок перемещение дробящих элементов не может осуществляться дистанционно. Во многих дробилках не регулируется расход руды, например, в работающих под завалом конусных дробилках крупного дробления, вертикально-молотковых дробилках и др. Такие дробилки не могут быть включены в систему автоматического управления. Поэтому найти условия для регулирования дробилок не легко и на практике гораздо чаще решаются вопросы защиты дробилок от поломок.

Основная цель автоматического управления процессами дробления — получить дробленый материал заданной крупности при условии обеспечения плановой производительности с использованием мощности привода, меньшей или равной максимальной. При этом непременно должны выполняться следующие условия: дробилка не должна подпрессовываться дробимым материалом; в дробилку не должны попадать недробимые материалы (металлические); должна быть обеспечена защита и блокировка электродвигателей систем обеспечения функционирования дробилки [10].

Исходя из этого могут быть рассмотрены следующие особенности возможных режимов регулирования: стабилизация производительности; стабилизация мощности привода; стабилизация суммарного сигнала датчика нагрузки и датчика исходного питания дробилки, а также автоматическое обнаружение металлических предметов.

Стабилизация производительности дробилок применима при переработке сортированной руды, не имеющей больших колебаний физико-механических свойств.

В схему системы автоматического регулирования нагрузки привода должен входить датчик мощности. В процессе работы дробилки ее мощность даже при постоянных физико-механических свойствах руды изменяется около некоторого среднего значения. Особенно резко колеблется мощность приводов щековых

дробилок. Поэтому сигнал датчика мощности привода предварительно пропускается через сглаживающий фильтр. Но любой фильтр представляет инерционное звено, и чем полнее фильтрование помех, тем выше инерционность системы автоматического регулирования и, следовательно, ниже ее устойчивость. Поэтому стабилизация нагрузки может применяться лишь при автоматизации конусных дробилок, где помеха не столь значительна. В качестве датчиков нагрузки можно использовать датчики тока приводных электродвигателей, если колебания напряжения сети невелики.

Оптимальным решением проблемы загрузки дробилки была бы стабилизация заполненности пасти дробилки с использованием гамма-электронных реле уровня. Достоинства такого способа — максимальная простота решения и высокое быстродействие при простой отстройке от помех в рабочем сигнале.

Возможности контроля гранулометрического состава и автоматического изменения размера щели дробилки позволяют построить систему оптимизации путем поиска и поддержания режима дробления, обеспечивающего наилучшее соотношение фракций. Это целесообразно при использовании дробилок на щебеночных фабриках, а также в тех случаях, когда важно распределение продукта дробления по крупности.

Известен ряд схем и конструкций металлоискателей, при создании которых используют постоянные магниты и электромагниты, а также конвейерные рамки, питаемые токами промышленной, звуковой или высокой частоты. При этом контролируется изменение параметров измерительной схемы или режима работы генератора, включающего в себя конвейерную рамку или катушку с активным и индуктивным сопротивлением.

Киевским институтом автоматики разработана система автоматического регулирования загрузки щековой дробилки [13]. Система действует в функции мощности потребления электродвигателей дробилки (рис. 6.4), при изменении которой система автоматически уменьшает или увеличивает частоту вращения электродвигателя с фазным ротором АД пластинчатого питателя П. Для пуска и плавного изменения его частоты вращения используется пускорегулирующее бесконтактное устройство ПРКУ-380-100, выполненное на тиристорах.

Сигнал об изменении мощности снимается с измерительного преобразователя активной мощности ИМ, включенного через

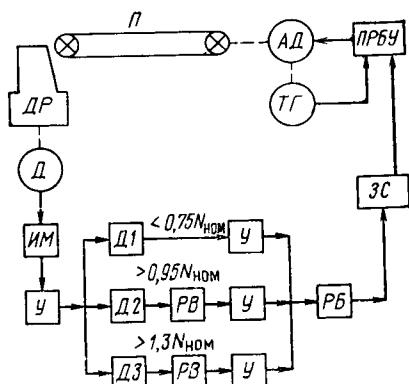


Рис. 6.4. Функциональная схема системы автоматического регулирования загрузки дробилки

трансформаторы тока и напряжения в цепь электродвигателя *Д* щековой дробилки *ДР*. С усилителя *У* сигнал поступает на входы трех дискриминаторов *Д1—Д3*, настроенных соответственно на значения 0,75, 0,95 и 1,3 номинальной мощности $N_{\text{ном}}$. Чтобы исключить влияние кратковременных и случайных изменений мощности на процесс регулирования, в устройстве применены электронные реле времени *РВ*, контакты которых включены через усилитель *У*, и релейный блок *РБ* в цепи асинхронного реверсивного исполнительного электродвигателя задатчика скорости *ЗС*. На его выходе формируется сигнал от 0 до 150 В, поступающий в схему *ПРБУ*. В зависимости от уровня этого сигнала происходит уменьшение и увеличение скорости электродвигателя пластинчатого питателя.

Обратная связь по скорости питателя осуществляется с помощью тахогенератора *ТГ*, связанного с валом электродвигателя *АД* питателя. При мощности потребления электродвигателя $N < 0,75 N_{\text{ном}}$ выходной сигнал задатчика *ЗС* достигает наибольшего значения, что приводит к увеличению скорости и производительности питателя до максимума.

При $0,75 N_{\text{ном}} < N < 0,95 N_{\text{ном}}$ скорость питателя не изменяется и устройство в процессе регулирования не участвует. При $N > 0,95 N_{\text{ном}}$ сигнал задатчика *ЗС* с выдержкой времени начинает уменьшаться и скорость питателя постепенно снижается. При $N > 1,3 N_{\text{ном}}$ сигнал задатчика уменьшается до нуля и электродвигатель *АД* останавливается.

6.3. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДООТЛИВНЫМИ УСТАНОВКАМИ

Осушительные работы на карьерах проводятся с целью снижения напоров и уровней подземных вод и отвода их за пределы рудного поля. Различают предварительное, параллельное и комбинированное осушение месторождений. Предварительное осушение производится до начала разработки месторождений с относительно сложными гидрогеологическими условиями. Параллельное осушение осуществляется одновременно с проведением горных работ и продолжается до завершения эксплуатации месторождения. Комбинированное осушение сочетает мероприятия предварительного и параллельного осушения и применяется при разработке месторождений со сложными гидрогеологическими условиями.

Осушение производится с помощью поверхностных или шахтных насосных установок, а также погружными скважинными насосами. Водоотливные насосные установки по назначению разделяются на главные (центральные) и вспомогательные. Главные водоотливные установки предназначены для откачки основного водопритока карьера. Вспомогательные водоотливные установки служат для отвода воды от отдельных участков карьера.

Основная задача автоматизации водоотливных установок, применяемых при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом, заключается в обеспечении автоматического выполнения заливки, пуска и останова насоса, осуществлении контроля за работой насосов, сигнализации, переключения различных задвижек и клапанов.

Все известные комплекты аппаратуры автоматизации водоотливных установок, серийно выпускаемые промышленностью, работают на принципе автоматического включения и отключения необходимого количества насосных агрегатов в зависимости от уровня воды в водосборнике.

Во всех системах автоматизации осуществляется контроль за работой установок. Насосы, как правило, работают с постоянной подачей, поэтому автоматическое регулирование их режима не требуется.

Схемы автоматизации поверхностных водоотливных установок значительно отличаются от схем автоматизации скважинных погружных насосных агрегатов. По назначению, исполнению и способу пуска насосов этих установок различают следующие комплекты аппаратуры автоматизации: водоотливных установок с низковольтным и высоковольтным электроприводом; одиночных насосов и водоотливных установок, состоящих из двух и более насосных агрегатов; насосов, пуск которых производится при закрытой задвижке на нагнетательном трубопроводе, при одновременном включении насоса и задвижки и при открытой задвижке.

Аппаратура автоматизации АВО-3 Конотопского электро-механического завода «Красный металлист» предназначена для автоматического управления водоотливной установкой, оборудованной одним насосом с асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором напряжением до 1000 В, мощностью до 120 кВт.

Комплект аппаратуры АВО-3 состоит [13] из аппарата управления АУО-3, сигнального блока БСО-1, реле производительности РПФВ-1К, датчиков уровня ЭД, заливочного погружного насоса ЗПН и гудка переменного тока ГПРВ-2М.

Аппаратура АВО-3 обеспечивает: пуск и остановку насоса в зависимости от уровня воды в водосборнике; перевод с автоматического на ручное управление; заливку насоса перед пуском; автоматическое отключение насоса при срабатывании гидравлической защиты по расходу воды и срабатывании защиты, предусмотренной пусковой аппаратурой; звуковую и световую сигнализацию при аварийном уровне воды в водосборнике, неисправности насоса, обрыве сигнальной цепи, исчезновении напряжения в аппарате управления АУО-3.

Электрические сигналы от датчиков уровня нижнего ЭН (рис. 6.5), верхнего ЭВ, аварийного ЭА и реле производительности насоса РП поступают в аппарат управления АУО-3, ко-

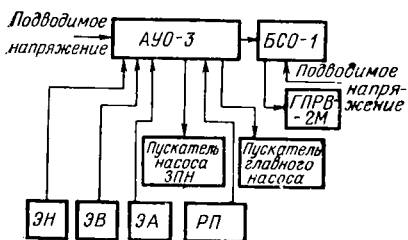
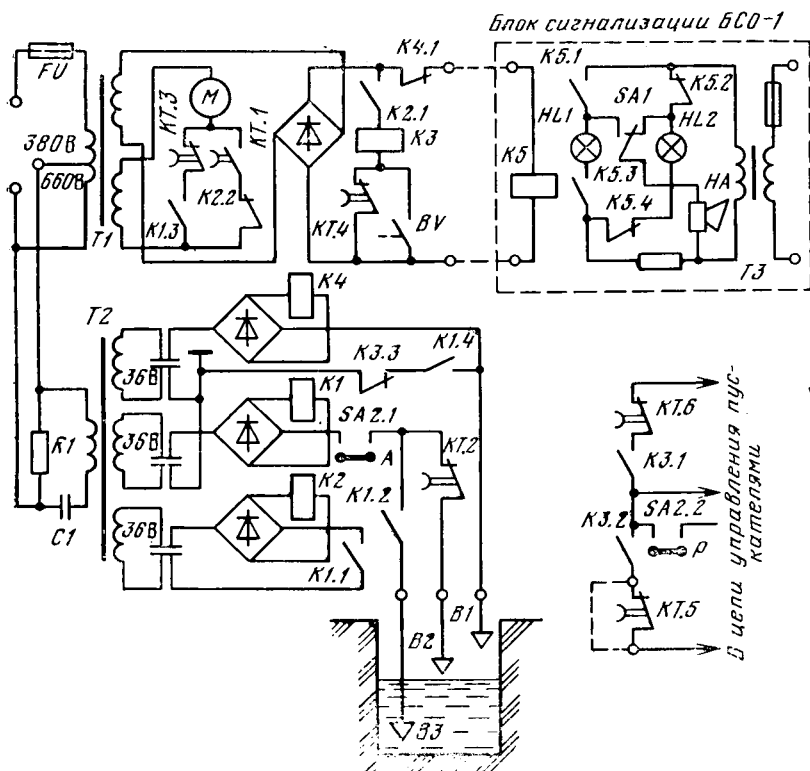


Рис. 6.5. Блок-схема автоматизации водоотливной установки АВО-3

Рис. 6.6. Электрическая схема аппаратуры автоматизации водоотлива АВО-3



торый выдает команды на исполнительное устройство (включение пускателей заливочного и основного насосов, а также на сигнальный блок о состоянии насосной установки). Сигнализация о работе автоматической насосной установки осуществляется по двум проводам, обеспечивающим постоянное питание сигнального реле. Аппаратура автоматизации работает следующим образом. При повышении уровня воды в водосборнике до установки электродного датчика $B2$ верхнего уровня (рис. 6.6) замыкается цепь питания реле $K1$. Оно срабатывает и, самоблокируясь через контакт $K1.2$ и электродный датчик $B3$ нижнего уровня, включает контактом $K1.3$ электродвигатель M моторно-

го реле времени, а контактом *K1.1* — реле нулевой защиты *K2*. Последнее включает реле гидравлической защиты *K3*, которое своим замыкающим контактом *K3.1* включает пускатель заливочного насоса *ЗПН* (на схеме не показан). По истечении 63 с поворачивающиеся профильные диски реле времени замыкают контакт *KT.5* в цепи пускателя электродвигателя главного насоса (пускатель на схеме не показан). Если через 23 с после включения главный насос разовьет нормальную подачу, замкнется контакт *BV* реле производительности в цепи реле *K3*, поэтому оно при размыкании контакта *KT.4* не обесточится. Одновременно контакт *KT.6* отключит пускатель заливочного насоса и заливка прекратится; контакт *KT.3* обесточит двигатель реле времени. Насос будет продолжать работать, откачивая воду в водосборнике. Когда уровень воды будет ниже отметки датчика нижнего уровня *B3*, отключаются реле *K1*, *K2*, *K3* и двигатель главного насоса. При этом размыкающий контакт *K2.2* реле *K2* включит электродвигатель *M* реле времени, который приведет диски в исходное положение и выключится контактом *KT.1*.

С момента подачи напряжения и на протяжении всей нормальной работы на сигнальном блоке БСО-1 будет гореть белая лампа *HL1*.

Автоматический аварийный останов насоса обеспечивается при гидравлической неисправности насоса, при перегреве подшипников и при исчезновении напряжения.

Если в течение пускового периода насос не разовьет нормальную подачу или в процессе работы снизит ее, реле РПФВ-1К не замкнет свой контакт *BV* и реле *K3* обесточится. Своими контактами *K3.2* и *K3.1* оно отключит магнитные пускатели главного и заливочного насосов, а контактом *K3.3* включит аварийное реле *K4*, которое обесточит реле сигнализации *K5*. В результате на блоке БСО-1 погаснет белая лампа *HL1*, загорится красная лампа *HL2* и включится звуковой сигнал — гудок *HA*.

При перегреве подшипников размыкающие контакты термодатчиков *SK1* и *SK2* отключат реле *K3*, которое обеспечит аварийный останов двигателей в описанной выше последовательности. Реле аварийного уровня *K4* срабатывает также при достижении уровня воды в водосборнике аварийного предела, где установлен датчик *B1*. В этом случае размыкающий контакт *K4.1* реле *K4*, разрывая цепь питания сигнального реле *K5*, включает сигнализацию, как указано выше.

Для сохранения последовательности пуска насоса необходимо, чтобы пусковой период начинался с исходного положения профильных дисков реле времени. При случайном исчезновении напряжения в сети работающий насос выключится. Появление напряжения не приведет к включению реле уровня *K1*, так как контакт *KT.2* будет разомкнут (нулевая защита). Электродвигатель реле времени получит питание через контакт *KT.1* и контакт *K2.2* реле *K2* до размыкания контакта *KT.1*, т. е. до исход-

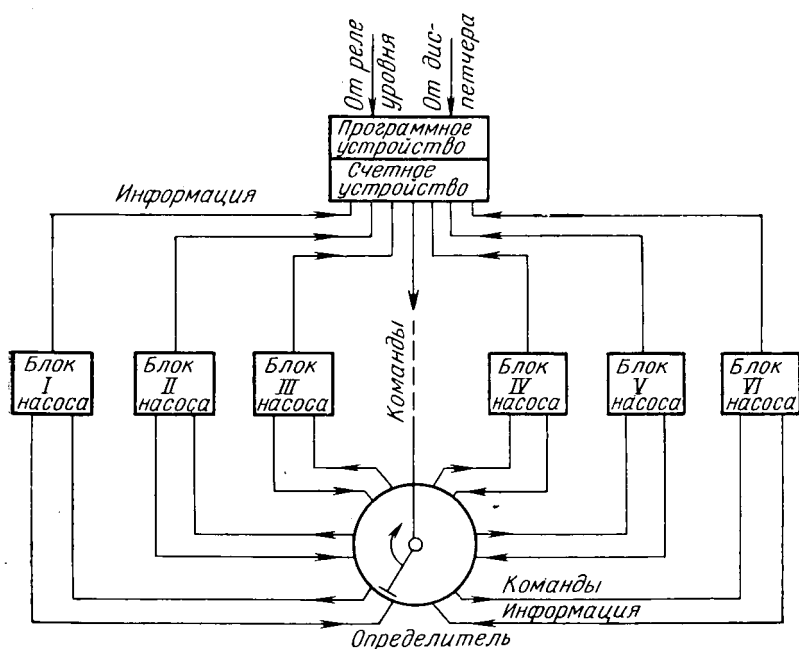


Рис. 6.7. Структурная схема автоматизации водоотливной установки

ного положения, в котором контакт $KT.2$ замкнут, и реле уровня $K1$ включится при верхнем уровне воды в водосборнике.

Автоматизированная система управления водоотливными установками с шестью насосами [20]. Для управления каждым насосом предусмотрен индивидуальный агрегатный блок управления (рис. 6.7). Основным узлом схемы является счетное устройство, обеспечивающее соответствие числа работающих насосных агрегатов с числом, заданным по программе. Программа может быть задана от реле уровня, с пульта диспетчера или любым другим способом. Команда на пуск дополнительных насосных агрегатов поступает в определитель, включающий очередной агрегат, в том случае, если число работающих насосов будет меньше заданного. Определитель подбирает пригодный к пуску агрегат и пропускает транзитом все команды управления от счетного устройства, связь которого с агрегатным блоком осуществляется через определитель только в том случае, если из блока поступает одновременная информация: агрегат исправен, агрегат на автоматическом управлении, агрегат не работает. При отсутствии в информации хотя бы одного из указанных признаков определитель подключается к следующему агрегату. После пуска данного агрегата определитель переходит к следующему насосу и при наличии командных импульсов производит его пуск.

«принял» воду и нагрузка двигателя нормальная, то цепь контактора остается замкнутой через контакт токового реле минимальной нагрузки KA . В случае недогруза или срыва нагрузки ток электродвигателя понизится, контакт KA разомкнется и насос остановится. При перегрузке двигателя сработают тепловые реле $KK1$ и $KK2$.

Для подачи напряжения в схему необходимо включить трехполюсный автоматический выключатель QF . При этом загорается лампа $HL1$. В период пуска насоса контакт реле времени KT шунтирует амперметр, включенный в цепь двигателя насоса через измерительный трансформатор тока TA .

6.4. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ И СРЕДСТВАМИ БОРЬБЫ С ВРЕДНОСТЯМИ В КАРЬЕРАХ

В современных карьерах с ростом механизации и автоматизации производственных процессов увеличиваются глубина и протяженность рабочих горизонтов. В связи с этим усложняется задача соблюдения санитарных норм атмосферы в карьере и возникает необходимость создания эффективной автоматизированной системы управления оборудованием для вентиляции и гидрообеспыливания. Однако указанная проблема до сих пор не решена, хотя работы в этом направлении продолжаются. Попытка разработки принципов создания автоматизированной системы управления способами и средствами борьбы с вредностями в карьере сделана в работе [9].

Для оптимального использования вентиляционного, поливочного и другого оборудования необходимо иметь достоверные прогнозы о состоянии загрязнения атмосферы карьера. Это позволит обоснованно планировать и осуществлять мероприятия по сокращению пылегазовыделения и улучшению воздухообмена в карьерах.

Автоматизированную систему управления вентиляцией, способами и средствами борьбы с вредностями на карьерах следует рассматривать как подсистему АСУ ТП карьера. Она должна обеспечить контроль за атмосферой карьера и оптимальное управление специальным оборудованием.

Автоматизированная система управления вентиляцией представляет собой замкнутый контур, включающий объект управления и управляющую подсистему. Объектом управления является атмосфера карьера, характеризующаяся содержанием вредных примесей в воздушном потоке, поступающем в карьер; концентрацией вредных примесей в зонах работы горного и транспортного оборудования; метеорологическими условиями и параметрами карьера.

Информационная структура системы управления вентиляцией (рис. 6.9) состоит из блока контроля атмосферы карьера после реализации управляющих воздействий; блока рассогласования, устанавливающего отклонения предельно допустимой кон-

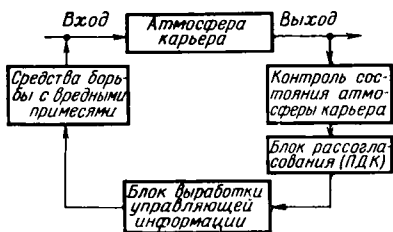


Рис. 6.9. Информационная структура автоматизированной системы управления вентиляцией



Рис. 6.10. Функциональная структура автоматизированной системы управления вентиляцией

центрации (ПДК) вредных примесей, полученных на выходе подсистемы; блока выработки управляющей информации, рассчитываемой по алгоритму на ЭВМ, и блока средств борьбы с вредными примесями.

Функциональная структура системы управления вентиляцией (рис. 6.10) состоит из аппаратуры контроля для сбора данных о составе выходной информации (концентрация вредных примесей в атмосфере); диспетчера; исполнителя работ по расстановке оборудования для вентиляции и борьбы с вредностями в карьере.

7. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАРЬЕРАМИ

7.1. НАЗНАЧЕНИЕ И СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Основные задачи автоматизированной системы управления карьером как производственной единицы: сбор и передача информации об управляемом объекте; переработка информации; выработка управляющих воздействий на объект управления. Решение указанных задач достигается путем автоматизации всех процессов на основе применения ЭВМ.

Как указывалось в гл. 1, различают два типа автоматизированных систем управления: системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) и системы организационно-административного управления предприятием (АСУП). Первые связаны с технологическими процессами, различными технологическими установками и оборудованием, реализующими эти процессы. Вторые — с решением технических, организационных, экономических, социальных и хозяйственно-финансовых вопросов.

АСУП карьера предназначены для автоматизации и оптимизации управления производственно-хозяйственной деятельностью, обеспечения эффективного использования трудовых, мате-

риальных и финансовых ресурсов, повышения эффективности работы карьера в целом.

К основным функциям АСУП карьера относятся: решение оперативных учетных, аналитических и плановых задач; накопление комплексной информации о работе карьера и анализ ее с целью совершенствования процесса управления; машинное составление форм установленной отчетности; подготовка предложений для принятия и передачи принятых решений низшим уровням управления; контроль за исполнением директивных документов; накопление фонда алгоритмов, машинных программ, нормативной информации.

Организационная структура АСУП карьера включает: аппарат управления, вычислительный центр (ВЦ), центральный диспетчерский пункт (ЦДП), внутреннюю сеть передачи информации (телефонная связь и диспетчерская система телемеханики), а также в качестве подсистем автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).

Исходя из основного содержания деятельности управленческого аппарата карьера, все задачи, решаемые АСУП карьера, можно объединить в следующие подсистемы: технико-экономическое планирование; управление основным производством; оперативно-диспетчерское управление централизованными службами; управление финансовой деятельностью; бухгалтерский учет и отчетность; управление материально-техническим снабжением; управление энергомеханическим и ремонтным хозяйством; управление реализацией (сбытом) готовой продукции; управление трудовыми ресурсами; управление капитальным строительством.

7.2. СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АСУП

Средства технического обеспечения АСУП карьера подразделяются на следующие функциональные группы:

- 1) устройства автоматического отбора первичной информации (технологические датчики);
- 2) устройства, обеспечивающие подготовку и контроль исходных данных на машинных носителях информации;
- 3) устройства, обеспечивающие передачу первичной информации из периферийного информационного пункта в информационно-вычислительный центр (ИВЦ) и вторичной обработанной информации из ИВЦ в периферийный пункт;
- 4) устройства ввода-вывода, обеспечивающие ввод информации в ЭВМ с машинных носителей, вывод данных из ЭВМ на машинные носители;
- 5) устройства обработки данных, обеспечивающие выполнение вычислительных и логических операций в соответствии с алгоритмом и программой расчета;
- 6) устройства оформления и размножения документов;
- 7) устройства отображения информации.

Рассмотрим кратко перечисленные выше функциональные группы.

С учетом технологических особенностей карьеров устройства отбора информации по функциональному признаку могут быть разделены на следующие: отчетные и дозирующие устройства (автоматические дозаторы, весы и т. п.); устройства контроля физико-химических величин (температуры, давления, уровня жидкостей и т. п.); устройства контроля механических величин (угла поворота, линейного перемещения, положения механизма в пространстве); устройства формирования технико-экономических информационных сообщений (устройства ручного ввода оператором кодированной и цифровой информации и др.). В настоящее время создаются бесконтактные высокочувствительные датчики с большой рабочей зоной и малыми габаритами и улучшаются характеристики устройств автоматического отбора информации.

Для формирования исходной информации в АСУ используются методы ручного определения, накопления и механической фиксации данных. Применение средств вычислительной техники для обработки технико-экономической информации связано с использованием машинных носителей информации (перфокарт, дуаль-карт, перфолент, магнитных лент), пригодных для совместной работы с ЭВМ. Перфокарты применяются для хранения условно-постоянной информации, многократно используемой при решении задач на ЭВМ. На дуаль-картах хранится учетная информация (основные средства, заработная плата и т. п.). Магнитные ленты применяются для ввода большого объема данных в ЭВМ, а также записи и хранения больших объемов условно-постоянной информации, вывода результатов из ЭВМ.

Для передачи технологической информации с различных объектов карьера используются выпускаемые серийно средства телемеханики, обеспечивающие телеуправление (ТУ), телесигнализацию (ТС) и телеизмерение (ТИ). В качестве канала связи используется сеть электроснабжения. В последнее время в развитии автоматических систем телемеханики намечаются следующие тенденции: использование частотного и частотно-временного разделения каналов; применение для передачи информации выделенных проводных линий вместо телефонных; блочное исполнение линейных устройств и центральных пультов управления; широкое использование при построении аппаратуры интегральных микросхем. Это позволит расширить емкости телемеханических систем, повысить их надежность и удобство обслуживания, сократить время устранения неисправностей.

Для обработки оперативно-диспетчерской и технико-экономической информации используются универсальные и управляющие ЭВМ и специализированные устройства. Применение управляющих вычислительных машин (УВМ) обеспечивает гибкость систем обработки оперативной информации. Специализи-

рованные устройства находят широкое применение в системах оперативно-диспетчерского управления в СССР и за рубежом. С их помощью производится сбор и обработка небольших объемов информации и ее отображение; учет, контроль и отдельные функции управления; регистрация показателей на машинных носителях. Обработка технико-экономической информации на ЭВМ заключается в реализации алгоритмов решения задач, имеющих вычислительный или логический характер. Наряду с ЭВМ для обработки технико-экономической информации применяются счетно-перфорационные машины (СПМ), представляющие собой набор машин (перфораторы, репродукторы, табуляторы и др.), взаимосвязанных в процессе обработки информации, закодированной на перфокартах.

Средствами отображения оперативно-диспетчерской информации в производственных единицах и на предприятиях являются пульты и мнемощиты, а также самопишущие приборы для регистрации машинного времени и простоев на диаграммной бумаге, электронно-механические счетчики для фиксации количественных показателей работы участков и производственной единицы в целом, индикаторные лампы. Находят применение системы и устройства для визуального представления технико-экономической (алфавитно-цифровой и графической) информации, получаемой с ЭВМ (или УВМ), на электронно-лучевую трубку.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами на карьерах базируются на управляющих вычислительных машинах (УВМ), которые связаны с технологическими процессами через сеть электрических каналов связи (телемеханики) и устройства связи с объектом. Из отечественных УВМ наиболее распространенной является агрегатная система средств вычислительной техники (АСВТ), построенная по принципу наращивания функциональных блоков. Имея различные модификации, эта система обладает возможностями как управляющей машины, так и ЭВМ общего назначения.

Система АСВТ может решать задачи оперативного управления и отдельные задачи планирования, учета и анализа. В системах АСУ ТП она может быть использована для обработки сигналов датчиков в реальном масштабе времени.

В автоматизированных системах управления карьерами рационально использование микроЭВМ, характеризующихся: сравнительно низкой стоимостью базового комплекта; компактностью, малыми габаритами, малой длиной слова; сравнительно малым объемом оперативного запоминающего устройства; высоким быстродействием коротких операций; гибридной структурой организации потоков входной и выходной информации. В математическое обеспечение микроЭВМ вводятся языковые средства и используется модульный принцип построения ЭВМ.

Наиболее перспективно использование ЭВМ в АСУ ТП на карьерах в качестве микропроцессоров, выполняющих функцию

агрегат, комплекс, установку и аппаратуру промышленной автоматики. Микропроцессор строится на базе малых, средних и больших интегральных схем и имеет микроэлектронное сверхминиатюрное исполнение (микропроцессором является небольшой кристалл с миллиметровыми габаритами). Микропроцессор может выполнять функции простого, программного, адаптивного, оптимального одно- и многоканального регулятора.

В число средств автоматизации инженерного и управленческого труда (оргтехники) входит большой комплекс машин, аппаратов, устройств, приспособлений, систем технических средств, начиная от простейших карточек до электронно-вычислительных машин. В связи с ограниченностью физических возможностей человека по сбору, обработке, накоплению, размножению и передаче данных используется набор функциональных устройств, приведенный в табл. 7.1 [3].

Выбор средств отбора информации производится с учетом исходной информации, необходимой для решения задач управления технологическими процессами и оперативно-диспетчерского управления. Эта информация передается сигналами датчиков. Выбор типов и конструкций датчиков необходимо производить с учетом допустимой погрешности информации, инерционности датчика, влияния физических параметров контролируемой и окружающей среды на нормальную работу датчика и т. д.

Выбор средств передачи данных необходимо осуществлять с учетом влияния объема информации, передаваемой из пунктов ее формирования к средствам обработки, а также дальности передачи информации, способов передачи, числа стационарных и подвижных объектов и взаимного расположения объектов.

Выбор средств обработки информации зависит от структуры системы, характеристик решаемых задач, особенностей технологического процесса обработки информации, уровня механизации и автоматизации процессов подготовки и хранения информации в системе, автоматизации ввода и вывода информации из ЭВМ, необходимости и возможности сочетания работы ЭВМ с каналами электрической связи, наличия серийно выпускаемых средств обработки данных в соответствии с выбранными параметрами (быстродействия, емкости памяти, наличия связи с объектами, развитой системы внешних устройств и т. п.), капитальных и эксплуатационных затрат.

Выбор устройств отображения информации необходимо производить с целью выделения особо важной информации, территориального разделения больших объемов цифровой и символьной информации, организации представления оперативно-диспетчерской информации на основе минимума одновременно воспроизводимой информации.

Выбор средств оргтехники следует производить с учетом требуемой оперативности в получении, обработке и выдаче информации, капитальных затрат и эксплуатационных расходов на

Таблица 7.1

Технические средства	Функции
<p>Вычислительные устройства с визуальным считыванием и печатающим приспособлением (счетно-клавишные, счетно-табличные и ЭВМ)</p> <p>Устройства фиксации (накопления) и информации: звукозаписывающие, печатающие и перфорирующие (магнитофоны, печатающие машинки, перфораторы, устройства регистрации). Устройства сортировки (выборки) информации на основе перфоносителей (организационные автоматы, сортировки)</p> <p>Устройства размножения информации: алфавитно-цифровой на бумаге; на перфоносителях (электрографические устройства, термокопировальные аппараты, аппараты трафаретной печати, электронно-копировальные аппараты, реперфораторы, гектографы)</p> <p>Устройства передачи информации: звуковой текстовой на перфоносителях (телефонные аппараты, фототелеграф, телетайп)</p> <p>Устройства представления информации после ее обработки вычислительными устройствами</p> <p>Устройства хранения информации: документальной на перфоносителях (картоматы)</p> <p>Устройства уничтожения носителей и информации</p>	<p>Выполнение всех арифметических и некоторых логических действий как с визуальным представлением данных, так и с печатью данных на бумажном рулоне или перфоносителе</p> <p>Накопление алфавитно-цифровой информации на магнитной ленте, бумаге, перфокарте</p> <p>Выборка данных по определенным признакам с одновременной печатью данных на бумаге или подборке массива перфоносителей</p> <p>Размножение алфавитно-цифровых данных на бумаге или перфоносителях</p> <p>Передача данных голосом. Передача данных с фиксацией их на бумажном рулоне или перфоленте</p> <p>Представление данных на электронно-лучевой трубке, цифровых индикаторах и перфоносителях</p> <p>Хранение носителей информации: механизированный поиск носителя с заданными признаками</p> <p>Уничтожение бумажных носителей информации</p>

обработку единицы информации и степени объективности и достоверности поступающей обрабатываемой и выдаваемой информации.

7.3. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСУП

Экономико-математическое обеспечение АСУП карьера представляет собой совокупность экономических и организационных методов, алгоритмов и машинных программ решения технико-экономических задач управления. Оно формируется по функциональным и временным подсистемам. К временным подсистемам относятся системы оперативно-диспетчерского управления, текущего управления производственно-хозяйственной деятельностью, перспективного управления. Функциональные под-

системы решают задачи [13]: технико-экономического планирования; оперативного управления основным производством; управления материально-техническим снабжением; бухгалтерского учета; управления сбытом; управления кадрами; управления финансовой деятельностью; нормативного хозяйства.

Экономико-математическое обеспечение может быть представлено системой экономико-математической модели, описывающей с различной степенью точности и достоверности состояние объекта управления с экономической и технической сторон. Экономико-математическая модель осуществляет прогнозирование развития, оптимальное планирование и регулирование объекта управления, разрабатывает обоснованные и практически реализуемые рекомендации по предупреждению отклонений для оперативной выдачи исполнителям соответствующих заданий.

Математическое обеспечение — это комплекс экономико-математических и логических методов, машинных алгоритмов, машинных программ и пакетов программ, функционирующих под управлением операционной системы.

Программное обеспечение представляет собой комплекс программ, обеспечивающих решение задач АСУ ТП и эффективное функционирование технического комплекса.

Для АСУ ТП карьера объем программ составляет несколько тысяч команд, в связи с чем разработка этого комплекса является одним из наиболее сложных и длительных этапов.

Основными элементами программного обеспечения АСУ ТП являются: 1) операционная система; 2) система автоматизации программирования; 3) библиотека рабочих программ.

1. В общепринятой терминологии операционную систему, систему автоматизации программирования, а также стандартные программы относят к общесистемным средствам и используют в качестве базы при создании специализированных программных средств, т. е. библиотеки рабочих программ.

Центральное место в комплексе программ АСУ ТП занимает операционная система, которая представляет собой совокупность программ, предназначенных для организации решения комплекса задач на УВМ, обеспечения диалога оператора УВМ с машиной, а также поддержания нормальной работы машины. Операционная система может быть общего назначения или узконаправленной, т. е. приспособленной к данной проблематике. Она должна обеспечивать наиболее эффективную организацию выполнения комплекса программ.

Организующие программы операционной системы обеспечивают чтение с входных устройств заданий на выполнение задач, организацию очереди их выполнения, распределение машинных ресурсов (оперативной памяти, времени процессора, вводно-выводных устройств) между задачами, загрузку программ в память, управление параллельным выполнением задач, формирование сообщений и указаний оператору для продолжения вы-

полнения работ, а также для ликвидации сбойных ситуаций и т. д.

2. Комплекс обслуживающих программ операционной системы обеспечивает: корректировку программ и массивов; перевод информации с одного носителя на другой; ввод информации в УВМ и вывод из нее; перевод информации из долговременной памяти в оперативную и обратно; организацию информации в форме, необходимой для ее стандартной обработки: дублирование массивов и программ; контроль сохранности информации.

Второй основной элемент системы программного обеспечения АСУ ТП — это комплекс средств автоматизации программирования, т. е. средств, обеспечивающих автоматизацию создания программ. Эта часть программного обеспечения, в свою очередь, может быть подразделена на две группы.

В первую входят языки программирования — АЛГОЛ, ФОРТРАН, АССЕМБЛЕР и другие, предназначенные для формирования программ достаточно широкого класса. В нее могут входить так называемые генераторы программ, средства сборки программ, средства редактирования программ, а также средства отладки программ. Комплекс проблемно-ориентированных, т. е. отражающих особенности класса задач и машинно-ориентированных, т. е. отражающих особенности машины, языков, применяемых для создания конкретной АСУ ТП, должен быть построен на общей синтаксической основе, единой символике и общей структуре. Это требование вытекает из необходимости обеспечения совместимости различных программ и обмена между различными звеньями АСУ ТП.

Вторая группа средств автоматизации программирования представляет собой комплекс ранее созданных модулей (типовая процедура обработки информации) и программ, ориентированных на проблематику данной системы и требующих автоматической настройки на условия конкретного карьера. После настройки и частичного изменения эти модули и программы могут служить компонентами вновь создаваемых АСУ ТП. Фонд модулей и программ может входить в общую библиотеку программ или быть самостоятельным комплексом программного обеспечения АСУ ТП.

3. Третий основной элемент программного обеспечения АСУ ТП — библиотека рабочих программ, представляет собой комплекс программ настроенных на условия данной АСУ ТП или не требующих настройки. В свою очередь, библиотеку рабочих программ можно подразделить на четыре комплекса: а) стандартные программы; б) типовые программы; в) специализированные программы; г) комплекс программ контроля исправности.

К стандартным относятся программы, реализующие широко используемые вычислительные процедуры. Такие программы обычно не ориентированы на условия конкретной АСУ ТП (программы вычисления элементарных функций, решения си-

стем уравнений, перевода чисел из одной системы счисления в другую, редактирование информации, сортировка и т. п.).

Типовые программы АСУ ТП — это программы, ориентированные на проблематику данной АСУ ТП. Обычно они оформлены в виде подпрограмм, вызываемых специализированными программами АСУ ТП и настраиваемых, как и стандартные программы, автоматически. К таким программам относятся, например, типовые программы учета простоев группы однотипных агрегатов, печати типовой таблицы и т. п.

Специализированные программы настроены непосредственно на проблематику данной АСУ ТП и приспособлены по всем своим параметрам на условия конкретной АСУ ТП. Применительно к условиям автоматизированной системы управления карьером в этот комплекс входят задачи сбора информации о ходе технологического процесса, моделирования этого процесса, анализа хода процесса и управления им.

Комплекс программ контроля исправности включает в себя контролирующие и диагностические тесты, а также испытательные программы функционального контроля, позволяющие обнаружить, выявить и устранить сбои в оборудовании или ошибках в программах.

Разработка программного комплекса АСУ ТП на современном уровне предполагает максимальную стандартизацию и типизацию программ, модульный и блочный принцип их построения, максимальную автоматизацию программирования. Разработка такой системы программного обеспечения — весьма сложная задача. При этом необходимо обеспечить как простоту эксплуатации системы (для пользователей и разработчиков АСУ ТП), так и высокую эффективность использования УВМ.

Кроме того, при создании АСУ ТП карьером как системы, работающей в реальном масштабе времени, должны быть решены вопросы организации взаимосвязи УВМ с оператором и организации обмена информации между оперативной памятью УВМ и датчиками.

Отличительные особенности системы программного обеспечения такой АСУ ТП следующие:

- безусловная необходимость обеспечения мультипрограммного режима;

- необходимость обеспечения обмена информацией с большим числом внешних устройств;

- высокие требования по надежности и программной устойчивости УВМ к сбоям и отказам аппаратуры;

- необходимость обеспечения работы системы при развитой системе прерываний.

При разработке программного обеспечения АСУ ТП карьера необходимо учитывать, что она представляет низшее звено в системе управления группой карьеров (производственное объединение), в связи с чем при ее создании должна быть обеспечена возможность передачи информации из АСУ ТП в систему более

высокого ранга. При этом следует обеспечить как информационную стыковку с этой системой, так и совместимость способов представления данных на машинных постелях (в частности, возможность ввода данных, подготовленных в АСУ ТП карьера, в ЭВМ системы более высокого уровня, а в дальнейшем и межмашинный обмен информацией по системе передачи данных).

Следует также отметить, что в системе управления технологическим процессом карьера присутствует человек (диспетчер), причем в условиях карьера на данном этапе применения вычислительной техники большая часть управляющих воздействий осуществляется через человека или, по крайней мере, с его ведома. Это также предъявляет особые требования к системе программного обеспечения, в частности к вопросам организации эффективного обмена информацией между УВМ и человеком.

При разработке системы программного обеспечения АСУ ТП карьера весьма остро стоит проблема тиражирования разработок. Большое число карьеров в Советском Союзе позволяет тиражировать разработки в области программного обеспечения. В то же время условия на различных предприятиях могут существенно различаться (технология ведения работ, число контролируемых объектов и т. д.). Для карьеров характерно также весьма быстрое изменение условий (замена оборудования чаще, чем на предприятиях другого типа, появление новых объектов контроля и т. п.). Поэтому возникает необходимость высокой живучести программ обеспечения АСУ ТП карьера, простоты настройки в различных условиях, блочности и модульности построения.

При создании программного обеспечения АСУ ТП карьера особое внимание должно быть уделено надежности функционирования системы. Это вызвано, в частности, тяжелыми условиями эксплуатации источников информации в карьерах и, следовательно, возможностью частых отказов датчиков и систем передачи информации. В связи с этим в АСУ ТП карьера важно обеспечить контроль достоверной информации.

Для системы управления карьеров характерен относительно невысокий темп поступления сигналов в УВМ (относительно большая инерционность большинства технологических процессов). Это позволяет использовать в системе один процессор как для сбора, так и для обработки информации, поместить часть программ сбора информации на магнитных дисках, организовать прием информации от датчиков не только в режиме прерывания, но и в режиме опроса датчиков по инициативе УВМ.

Важный вопрос организации обработки информации в АСУ ТП — проектирование информационного обеспечения. Под информационным обеспечением автоматизированной системы управления принято понимать единую систему классификации и

кодирования информации, унифицированную систему документации и массивов информации, а также процедур ее обработки.

Создание информационного обеспечения имеет целью снабжать информацией задачи оперативно-диспетчерского управления карьером и выдавать справки для управляющего персонала карьера и различных служб, а также автоматизировать выдачу документов в вышестоящие органы.

Разработке информационного обеспечения АСУ ТП должны предшествовать анализ информационных потоков, составление информационной модели предприятия и на ее базе оптимизация информационных потоков и, в частности, оборота документов. При этом должны быть определены формы входных и выходных документов, перечень параметров, контролируемых автоматически, периодичность поступления информации и ряд других вопросов.

Для каждого вида информации должен быть определен ее физический носитель (документ, перфолента, перфокарта, магнитная лента, магнитный диск, оперативная память) и предполагаемый способ ее представления персоналу (документ, кадр на дисплее, индикационное табло диспетчера и т. д.).

Информационное обеспечение АСУ ТП карьера представляет собой совокупность данных о большом числе однотипных объектов карьера, характеризующихся фиксированным множеством параметров. Каждому объекту соответствует некоторый набор значений этих параметров, причем в общем случае параметру соответствует не одно, а множество значений. Для организации обработки информации об объектах карьера необходимо решить вопрос о кодировании информации, чтобы представить ее в виде, удобном для обработки на ЭВМ. При разработке системы шифров должен быть определен перечень всех показателей, подлежащих шифровке, и выбран вид шифра (порядковый, серийный, десятичный, смешанный). Шифровке подлежат также задачи математического обеспечения, массивы, программы и документы.

При создании информационного обеспечения необходимо выбрать рациональную технологию подготовки и обработки информации в АСУ ТП. Наиболее важны и сложны следующие вопросы внутреннего информационного обеспечения АСУ ТП карьера, связанные с особенностями хранения и обработки данных в ЭВМ:

- организация хранения информации (в оперативной и долговременной памяти);

- организация информационных массивов;

- типовые процедуры формирования и ведения информационного обеспечения;

- типовые процедуры обработки данных.

Задача создания эффективного информационного обеспече-

ния АСУ ТП карьера сводится к выполнению следующих требований:

- гибкость информационной системы и возможность ее быстрого приспособления к изменениям в системе управления;
- достоверность информации;
- достаточная оперативность представления информации;
- рационализация документации, ее достаточность для обеспечения управления системой.

Важнейший вопрос создания информационного обеспечения — организация хранения информации. Хранящаяся в памяти информация может быть организована различными способами.

Выделим два предельных способа: организация данных в виде специализированных применительно к данной задаче (или даже применительно к получению одного выходного документа) массивов; организация банка данных.

При первом способе каждый массив, как правило, хранит значения отдельного параметра, расположенные в том порядке, в котором они должны выбираться для обработки по данной задаче. В этом случае при разработке конкретной задачи поиск информации упрощается, но процедуры поиска должны быть организованы в каждой задаче отдельно. В связи с этим в другой задаче те же данные хранятся в других массивах, организованных так, как удобно для этой задачи. Такая организация данных ведет к многократному дублированию одной и той же информации в разных массивах. Это увеличивает необходимый объем памяти, усложняет корректировку, поскольку приходится корректировать каждый массив, в котором хранится корректируемый параметр.

Такая организация данных не позволяет обращаться к УВМ с заранее незапланированным вопросом, и поиск информации в этом случае весьма сложен.

При втором способе — по системе банка данных вся информация хранится в памяти УВМ в виде единого массива сложной структуры. Содержимое банка данных используется для решения всех задач. Такая организация хранения позволяет оперативно взаимодействовать с УВМ и получать ответ по заранее незапланированным запросам. Однако для создания, обслуживания и использования банка данных, имеющего массивы сложной структуры, необходима сложная и развитая система математического обеспечения.

При создании банка данных необходимо решить следующие вопросы:

- описать структуру банка данных;
- создать процедуры обслуживания банка данных (ввод новой информации, корректировка информации);
- создать критерии выбора информации из банка;

разработать процедуры обработки информации, полученной из банка данных.

Рациональное решение этих вопросов возможно только при использовании современных операционных систем ЭВМ, имеющих в своем составе специальные языки для работы с банком данных.

Для получившей широкое распространение в последние годы микроЭВМ СМ-4 используются такие системы управления банками данных, как СЕТОР, ФОБРИН, КВАНТ-М и др.

Процесс внедрения задач в АСУП карьера можно разбить на следующие этапы: математическая формулировка задачи, разработка алгоритма решения задачи и составление программы. Математическая формулировка задачи заключается в составлении зависимостей, аналитических выражений в виде математических формул, отражающих условия и цели задачи. Алгоритм решения задачи — это совокупность однозначных предписаний последовательности действия арифметических и логических операций, приводящих к решению задачи.

Внедрение математического обеспечения АСУП карьера может быть осуществлено путем постепенной подготовки отдельных задач с внедрением их по мере готовности или подготовки полного круга задач с последующим внедрением всего комплекса алгоритмов и программ. В первом случае можно максимально ускорить подготовку к началу функционирования АСУП карьера, что позволит достаточно быстро получить экономический эффект. Это связано с необходимостью проведения многократных уточнений и корректировок разрабатываемых алгоритмов и программ. Второй путь внедрения математического обеспечения позволит добиться высокого качества за счет детальной увязки взаимодействия всех программ. При этом увеличатся сроки внедрения, что безусловно приведет к снижению экономической эффективности АСУП карьера.

7.4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Основные показатели экономической эффективности внедрения автоматизированной системы управления карьером: увеличение производительности оборудования; экономия материалов, энергии и топлива; уменьшение числа обслуживающего персонала. Эффективность автоматизированных систем управления следует рассматривать в сфере управления хозяйственной деятельностью карьера. Внедрение АСУ позволяет повысить ритмичность и организованность протекания производственных процессов, улучшить качество диспетчерского управления, снизить число и длительность простоев, аварийность, повысить безопасность труда и улучшить его условия.

В настоящее время нет разработанной единой методики определения экономической эффективности внедрения автоматизированной системы управления карьером. Это объясняется отсутствием отработанной общей методики выбора критериев эффективности и определения эффективности от применения ЭВМ в сфере управления. Анализ имеющихся результатов применения АСУ на карьерах не позволяет получить исходные данные для разработки нормативных подходов к установлению эффективности.

Поэтому методика расчета экономической эффективности внедрения АСУ в каждой отрасли народного хозяйства определяется особенностями основных технологических процессов исходя из основных положений Методики определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рациональных предложений, утвержденной постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике, Госпланом СССР и АН СССР [14].

7.5. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

В настоящее время в развитии АСУ намечаются следующие направления.

Находят применение интегрированные АСУ объединений, выполняющие функции управления производственно-хозяйственной деятельностью и технологическими процессами. Проектируется ввод более совершенных ЭВМ и средств подготовки, передачи, отображения информации. Важная роль отводится развитию автоматизированных систем контроля предаварийных ситуаций с целью повышения безопасности труда. Проводятся работы по математическому описанию технологических процессов, разработке алгоритмов их оптимального управления и регулирования, типизации алгоритмов. Это позволит увеличить сферу действия автоматизированной системы управления. При этом АСУ ТП из стадии информационно-советующих систем превратятся в управляющие с уменьшением функций человека. В дальнейшем развитии АСУ ТП перейдет из автоматизированных в автоматические, работающие без участия человека в управлении технологическим процессом.

В системах оперативно-диспетчерского управления и АСУ ТП найдут применение микроЭВМ, микропроцессоры, различные вычислительные устройства-советчики.

Для эффективного развития АСУ необходимо широкое применение стандартизации в управлении производственными единицами и объединениями. К объектам стандартизации следует отнести: типовые производственные и организационные структуры и их элементы; типовые правила построения и функционирования систем управления; типовые процедуры управления и

правила принятия управленческих решений; типовые структуры и элементы нормативной базы и правила ее ведения; типовые элементы технических средств управления; типовые формы документов и документооборота; типовые экономико-математические модели; показатели эффективности деятельности производственных единиц, объединений и их внутренних звеньев.

Наконец, внедрение и эффективное функционирование АСУ связано с преодолением «психологического барьера». Решение проблемы преодоления этого барьера, а также других психологических аспектов работы человека в условиях АСУ возможно путем проведения специальных социально-психологических исследований.

Список литературы

1. *Автоматизация* и автоматизированные системы управления в угольной промышленности. Под ред. Б. Ф. Братченко. М., Недра, 1976.
2. *Автоматизация* технологических процессов на карьерах / Г. К. Акутин, Л. В. Гулько, Ю. М. Щербина и др. М., Недра, 1977.
3. *Автоматизированные* системы управления в угольной промышленности / Л. Г. Мелькумов, Л. М. Климов, Р. Д. Мигачев и др. М., Недра, 1980.
4. *Автоматизированные* системы управления на Кальмакырском карьере / И. Б. Табакман, Г. М. Абидов, Е. А. Андреев и др. М., Экспресс-информация, 1975.
5. *Андреев Е. А.* Исследование, разработка и внедрение систем передачи оперативной информации в АСУ на карьерах с железнодорожным транспортом.— Автореф. канд. дис. Ташкент, 1975.
6. *Балагуров Л. И. и др.* Система контроля, учета и управления автотранспортом на открытых горных разработках. М., 1978.
7. *Батицкий В. А., Куроедов В. И., Рыжков А. А.* Автоматизация производственных процессов и АСУП в горной промышленности. М., Недра, 1981.
8. *Буткин В. Д., Жуковский А. А.* Автоматизация буровых станков — прогрессивное развитие технологии бурения на карьерах.— Горный журнал, 1981, № 9, с. 41—44.
9. *Борьба с пылью в рудных карьерах* / В. А. Михайлов, П. В. Бересневич, В. Г. Борисов и др. М., Недра, 1981.
10. *Козин В. З., Троп А. Е., Комаров А. Я.* Автоматизация производственных процессов на обогатительных фабриках. М., Недра, 1980.
11. *Кулешов А. А.* Мощные экскаваторно-автомобильные комплексы карьеров. М., Недра, 1980.
12. *Кутузов Б. Н.* Теория, техника и технология буровых работ. М., Недра, 1973.
13. *Ломакин М. С.* Автоматическое управление технологическими процессами карьеров. М., Недра, 1978.
14. *Методика* определения экономической эффективности использования в угольной промышленности новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. Минуглепром СССР. М., 1979.
15. *Общепромышленные* руководящие методические материалы по созданию автоматизированных систем управления технологическими процессами в отраслях промышленности (ОРММ-1 АСУ ТП). М., Гос. комитет СМ СССР по науке и технике, 1975.
16. *Подэрни Р. Ю.* Горные машины и автоматизированные комплексы для открытых работ. М., Недра, 1979.
17. *Поспелов Л. П.* Рудничная автоматика и телемеханика. М., Недра, 1983.
18. *Регулирование* и управление режимами бурения взрывных скважин / Н. И. Терехов, И. С. Абрамов, П. Д. Гаврилов и др. Л., Недра, 1980.

19. *Шапиро Ю. М., Роденко В. С., Ничик Н. Я. и др.* Устройство для контроля скорости движения ленты конвейера.— Горный журнал, 1982, № 6.
20. *Шелоганов В. И.* Карьерные водоотливные установки. М., изд. МГИ, 1972.
21. *Everell M. D.* Drill automation a step into the future.— „Canadian Mining J.“, 1974, 95, № 5, pp. 29—34.
22. *Li Ta M.* Rotary drilling with automated controls — new force in open — pit blast hole production.— „Coal Age“, 1974, 79, № 8, p. 82—89.
23. *Blast — hole* drill begins operation at Australian Iron Ore Mine.— „Mining Journal“, 1974, v. 283, № 7250, p. 96.

Оглавление

Предисловие	3
1. Общие сведения об автоматизации и автоматизированных системах управления	5
1.1. Особенности и задачи автоматизации технологических процессов на карьерах	5
1.2. Основные функции и состав автоматизированных систем управления	7
1.3. Определение алгоритма автоматизированного управления	11
2. Методы и средства получения информации о ходе технологических процессов	12
2.1. Параметры, характеризующие технологические процессы и работу горного оборудования	12
2.2. Методы определения и контроля положения горнотранспортного оборудования	16
2.3. Средства измерения и контроля буровых работ	20
2.4. Средства контроля и учета работы одноковшовых экскаваторов	24
2.5. Средства контроля и учета работы горного оборудования непрерывного действия	30
2.6. Средства контроля и учета заполнения бункеров и транспортных сосудов	34
3. Автоматизированные системы управления процессами бурения	42
3.1. Принципы регулирования и управления режимами бурения	42
3.2. Системы автоматического регулирования и управления режимами бурения	47
3.3. Перспективы развития автоматизированных систем управления процессами бурения	63
4. Автоматизированные системы управления оборудованием и комплексами непрерывного действия	65
4.1. Автоматизированное управление одноковшовыми экскаваторами	65
4.2. Автоматизированное управление роторными экскаваторами	72
4.3. Автоматизированное управление конвейерами	95
4.4. Автоматизированное управление отвалообразователями	103
5. Автоматизированные системы управления горнотранспортными комплексами	108
5.1. Критерии эффективности управления	108
5.2. Информационное обеспечение систем управления	110
5.3. Автоматизированное управление экскаваторно-железнодорожным комплексом	114
5.4. Автоматизированное управление экскаваторно-автомобильным комплексом	142
6. Автоматизированные системы управления вспомогательными процессами	164
6.1. Автоматизированное управление движением карьерных машин и погрузочными и перегрузочными комплексами	164
6.2. Автоматизированное управление процессами дробления	170

6.3. Автоматизированное управление водоотливными установками	172
6.4. Автоматизированное управление вентиляцией и средствами борьбы с вредностями в карьерах	178
7. Автоматизированные системы управления карьерами	179
7.1. Назначение и структура автоматизированных систем управления	179
7.2. Средства технического обеспечения АСУП	180
7.3. Экономико-математическое обеспечение АСУП	184
7.4. Экономическая эффективность применения автоматизированных систем управления	191
7.5. Перспективы развития автоматизированных систем управления	192
Список литературы	194

Мурат Атайбекович Нурлыбаев

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ НА КАРЬЕРАХ**

Редактор издательства *В. В. Мирская*
Обложка художника *А. Е. Чучканова*
Художественный редактор *О. Н. Зайцева*
Технический редактор *О. Ю. Цишевская*
Корректор *Р. А. Слобоженко*
ИБ № 6717

Сдано в набор 24.05.85.	Подписано в печать 09.09.85.	Т-18550.
Формат 60×90 ^{1/16} . Бумага книжно-журнальная. Гарнитура «Литературная».		
Печать высокая. Усл.-печ. л. 12,5. Усл. кр.-отг. 12,75. Уч.-изд. л. 13,0.		
Тираж 3700 экз.	Заказ 216/940—12/506	Цена 45 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19. Набрано в московской типографии № 13 ПО «Периодика» ВО «Союзполиграфпром» Государственного комитета СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. 107005, Москва, Б-5, Денисовский пер. 30.

Отпечатано в Подольском филиале ПО «Периодика» Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли 142110, г. Подольск, ул. Кирова, д. 25.

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

**В издательстве «Недра»
готовятся к печати новые книги**

БУХТОЯРОВ В. Ф., МАВРИЦЫН А. М.

Защита от замыканий на землю электроустановок карьеров.
15 л., 80 к.

Рассмотрены новые способы и устройства защиты от однофазных замыканий на землю в карьерных электрических сетях. Описаны явления и выведены основные соотношения между электрическими величинами при однофазном замыкании на землю в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью. Впервые приведены определения теории надежности защиты и алгебры релейных схем, а также сведения о централизованных, самонастраивающихся и комплексных защитах. Уделено внимание устройствам защит на базе полупроводниковой, интегральной и вакуумной техники. Освещены вопросы монтажа, наладки и проверки аппаратуры защиты для сетей напряжением до 1000 В и выше.

Для инженерно-технических работников, обслуживающих электрические сети и электрооборудование карьеров.

КОЛОСЮК В. П.

Техника безопасности при эксплуатации рудничных электроустановок. 20 л., 1р. 40 к.

Рассмотрены вопросы электро-взрыво- и пожаробезопасности шахтных электроустановок переменного тока напряжением 127, 220, 380, 660, 1140, 6000 В и постоянного тока контактной электровозной откатки напряжением 275 В, электроустановок переменного и постоянного тока различного напряжения, а также вопросы безопасности при эксплуатации рудничных электроустановок. Приведены сведения о новых работах по созданию средств защиты электроустановок от аварийных режимов в подземных выработках, предотвращающих возникновение опасности поражения людей электротоком, пожара на электроустановках и взрыва шахтной атмосферы.

Для инженерно-технических работников, занимающихся эксплуатацией электроустановок в шахтах и обеспечением их безопасности.

ЦАПЕНКО Е. Ф., МИРСКИЙ М. И., СУХАРЕВ О. В.

Горная электротехника: Учебник для техникумов. 30 л., 1 р. 70 к.

Изложены основы электропривода шахтных машин, освещены вопросы электробезопасности при использовании электроэнергии в подземных выработках шахт и особенности рудничного электрооборудования. Рассмотрены электродвигатели, аппаратура управления и защиты, схемы управления стационарными шахтными установками и передвижными машинами, а также правила эксплуатации электрооборудования в шахтах. Приведены основные сведения по электрооборудованию потребителей шахты, электрическому освещению, шахтной сигнализации и связи; дана методика расчета мощности трансформаторов электрических сетей и технико-экономических показателей электроснабжения.

Для учащихся средних специальных учебных заведений, обучающихся по специальностям: «Горная электромеханика», «Подземная разработка угольных месторождений», «Строительство горных предприятий».

ЭКСПЛУАТАЦИЯ комплекса автоматизированного управления конвейерами АУК. 1М / Ходюшин М. Г., Масликов Н. И., Чумаков В. А., Глухов М. С. 4 л., ил. (Б-ка электрослесаря горных предприятий). 20 к.

Описаны назначение, устройство и работа комплекса АУК. 1М, его составных частей, а также датчиков и устройств контроля. Основное внимание уделено вопросам технического обслуживания комплекса. Приведены характерные неисправности, методы их поиска и устранения. Даны рекомендации по повышению эксплуатационной надежности и указания по технике безопасности.

Для работников энергомеханических служб шахт и монтажно-наладочных организаций, обслуживающих шахтные автоматизированные конвейерные линии. Может быть полезна учащимся профессионально-технических училищ.

Предварительные заказы на книги принимают местные магазины книготорга, распространяющие научно-техническую литературу.

Своевременно оформите заказы на интересующие Вас издания!

Предварительный заказ гарантирует приобретение нужной книги!

Издательство «Недра»