

Част втора

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ПРОИЗВОДСТВИНТЕ ПРОЦЕСИ В МИННИТЕ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Съвременното минно предприятие представлява сложен взаимосвързан комплекс от различни производствени процеси, функционирането на който е основано на използването на високопроизводителни машини. Нарасналата производителност на минните машини поставя проблем, свързани с увеличаване на производителността им, контрола на състоянието им, контрола на натоварването на отделни възли и на машините като цяло. Автоматизацията спомага за решаването на тези проблеми. Днес автоматизацията и контрола са обхванали всички основни и спомагателни производствени процеси: разкриването, добива, транспорта и подема на полезно изкопаемо и стерилна, проветряването и водоотлива.

Глава пета

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ПОДГОТВИТЕЛНИТЕ И ДОБИВНИТЕ ТЕХНОЛОГИЧНИ ПРОЦЕСИ**

#### **Автоматизация на подготвителните работи в подземните рудници**

Проходческите машини като обект за автоматизация

Интензификацията на добива на полезни изкопаеми налага повишаване скоростта на подготовка на нови участъци и хоризонти за изземване. Един от пътищата за ускоряване на подготвителните работи е автоматизация на проходческите машини. Ще добавим, че автоматизацията повишава безопасността и подобрява санитарно-хигиенните условия на труда на миньорите.

При прокарването на хоризонтални и наклонени минни изработки се използват комбайни, пробивно-взривни работи и товарачни машини. Има тенденция все повече да се използват проходчески комбайни. Поради непрекъснатия (поточния) характер на процеса те са по-благоприятни обекти за автоматизация с методите на класическата автоматика.

Системата за автоматизация на проходческите комбайни трябва да съдържа три подсистеми:

- подсистема за автоматично регулиране натоварването на режещия орган с цел оптимално използване мощността на задвижването му;
- подсистема за управление движението на режещия орган при обработване челото на забоя, с цел получаване на зададеното му напречно сечение, с възможност за селективно изземване, когато това е необходимо;
- подсистема управление на движението на комбайна в пространството.

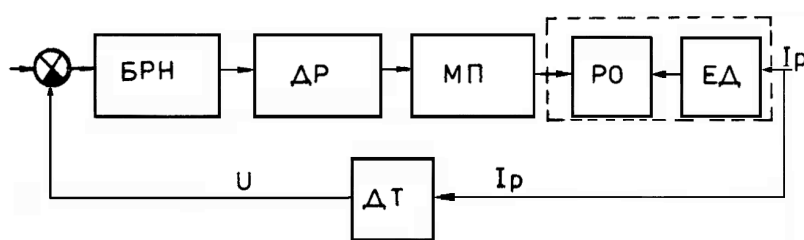
#### **Автоматизиране на проходческите комбайни**

Първата подсистема за автоматизация на комбайните изисква оптимизиране на задвижването на работният им орган. В комбайните се прилага електро- и хидро- задвижване. Възможни са два режима на работа на системата за автоматично

регулиране: режим на максимална производителност и режим на постоянна производителност.

При режима на максимална производителност се поддържа възможно най-голяма скорост на подаване на работния орган при съответните физико-механични свойства на скалите или полезното изкопаемо, така, че двигателят да бъде натоварен с максимална мощност. В този случай е задължително се осъществява взаимна връзка с техническите възможности на системата за транспорт.

За натоварването на двигателя ЕД на работния орган се съди по токът  $I_p$ , който той черпи от мрежата (фиг. 5.1.). Този ток се измерва посредством датчик ДТ. Изходният сигнал от датчика се подава към елемента за сравнение. Разликата между зададената и действителната стойност на тока се подава към блока за регулиране на натоварването БРН. БРН изработва сигнал, който управлява електрохидравличния дросел-регулатор ДР. Последният изменя количеството масло, постъпващо към задвижването на механизма за подаване на работния орган МП. Така се изменя скоростта на подаване на режещия орган. В резултат на това се променя съпротивителния момент на вала на електродвигателя ЕД. Токът черпен от двигателя става равен на зададения.



Фиг. 5.1.

При режима с постоянна производителност се поддържат постоянни скоростта на рязане и скоростта на подаване.

Очевидно първият режим е за предпочитане. Проблем се явява при особено големи промени в якостните параметри на скалите. Микропроцесорната техника дава възможност, като се измерва черпената мощност от двигателя (токът  $I_p$ ) и производителността, да се променя скоростта на подаване съобразно възможностите на транспортната система.

Подсистемата за водене на комбайна в пространството има да решава деликатен проблем. Като обект за автоматизация движението на комбайна в пространството се явява неустойчив обект. Обект без саморегулиране. Отклонен един път от зададеното направление на движение, ако не бъде отстранена грешката, тя продължава да нараства. За да се осъществи автоматично водене е необходимо системата непрекъснато, или в дискретни моменти от времето, да прави замерване на посоката на движение, спрямо зададеното направление. При регистриране на отклонение, системата да коригира посоката на движение. Това изисква система за автоматично определяне на посоката на движение на комбайна.

Начините за определяне посоката на движение (намиране координатите) на комбайна са два – чрез система за определяне на координатите на комбайна и сравняването им със зададените или чрез система за определяне на отклонението на комбайна от направлението зададено чрез светлинен лъч. Във втория случай светлинния лъч играе ролята на неподвижна координатна система.

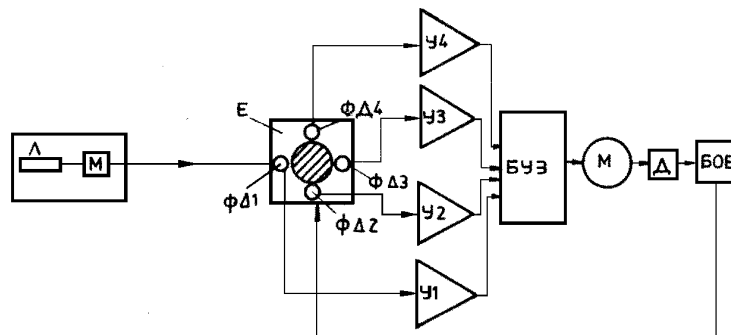
Определянето на координатите на комбайна може да се осъществи посредством гравитационни, жирокопични и магнитни сензори за определяне на наклона и отклонение от дадена посока и посредством сензори за преместване, за определяне на изминат път.

Гравитационните сензори работят по принципа на отвеса. Тежест окачена на еластичен елемент, вследствие на земното гравитационно поле застава вертикално. Така може да се отчита отклонението спрямо вертикалата на корпуса на комбайна. Неподвижната част на преобразувателя за преобразуване на ъгловото преместване в електрически сигнал е свързана с корпуса на комбайна. Подвижната част на преобразувателя е свързана с окачването на тежестта. Тези преобразуватели имат неудобството, че подвижната им част непрекъснато вибрира при работа на машината. За намаляване на амплитудата на вибрациите, тежестта с окачването се потопяват в маслен резервоар.

Магнитните сензори работят по принципа на компаса. Те отчитат отклонението на корпуса на комбайна спрямо посоката на земното магнитно поле. Не във всички подземни рудници те могат да работят надеждно.

Най-сложни но и най-надеждни са жирокопичните сензори. Те запазват положението си в пространството на определен елемент от тях благодарение на жирокопичния ефект. Корпусът на жирокопичния сензор е свързан неподвижно към корпуса на комбайна. Ъгловото преместване на корпуса на сензора спрямо оставащият неподвижен в пространството елемент се отчита с преобразуватели за ъглово преместване.

Натрупаният опит от използването на системи за автоматично водене на комбайни показва, че най-перспективна е системата за водене с оптичен лъч. Като излъчватели на светлина се използват лазери. Блок схема на система за



Фиг. 5.2

автоматично водене е показана на фиг. .

Принципът на работа на системата става ясен от фигурата. От източника на светлинния лъч (лазера) Л, чрез модулятора М светлинния поток минава през изработката към матрицата (екран) Е. Матрицата е поставена

на корпуса на комбайна. На нея са разположени четири фотопреобразуватели на светлината в електрически сигнал. На екрана лазерния лъч образува ясно различимо светлинно петно, означено на фигурата със щриховка.

В системата се използва модулиран светлинен сигнал, за да се избегне задействането ѝ от други, немодулирани източници на светлина в рудника (лампи, фарове и др.).

Когато комбайнът се движи точно по зададеното направление, светлинният лъч не осветява фотопреобразувателите, разположен отстрани на светлинното петно (виж фигурата). От матрицата към управляващото устройство не постъпва сигнал и

комбайна продължава да се движи в същата посока. Ако комбайнът се отклони от зададената посока, светлинният лъч ще освети един (или два) от фотопреобразувателите. Сигналят от фотопреобразувателя, усилен от съответния усилвател У, постъпва в блока за управление на задвижванията – БУЗ. Последният подава команда за връщане на комбайна към зададеното направление.

За повишаване устойчивостта на системата за автоматично ориентиране в нея е въведена обратна връзка по положение на задвижването на работния орган, изпълнена чрез датчиците за положение Д и блока за обратна връзка БОВ. В процеса на управление блока за обратна връзка премества екрана в посока обратна на преместването на комбайна (отрицателна обратна връзка) и по такъв начин се реализира пропорционален закон на регулиране.

Системите за автоматично водене на комбайна трябва да осигуряват достатъчна точност, така че маркшайдерския контрол да се извършва не по-често от 1-2 пъти в месеца. Разгледаният принцип позволява комбайнът да се води с голяма точност, но той има и някои недостатъци. Запрашеността в изработката намалява интензитета на светлинния лъч. Освен това замърсява фотопреобразувателите. Неудобство се появява и в случаите когато изработката трябва да се води по хипсометрията на пласта, а хипсометрията е променлива. Тогава се налага често преместване на източника на светлина и свързаните с това маркшайдерски работи.

Третата подсистема от системата за автоматизация на проходческите комбайни, трябва да води работния орган по челото на забоя така че да се получи желаното напречно сечение на изработката. Това е програмна система. Тя може да бъде програмирана, въведена и изпълнявана от системата по два начина. Единият от начините е разработване и въвеждане на програмата в системата за управление.

Вторият начин се състои в ръчно управление от машинист на първата заходка на галерията. Като всички движения на работния орган по челото на забоя се записват на електронен носител и по нататък се възпроизвеждат от системата.

Разгледаната система за автоматизация на проходческите работи автоматизира само процеса по прокопаване на изработката. Но това макар и много съществено е само част от работите по прокарването и въвеждането на нова изработка в експлоатация. Немеханизирани остават такива процеси като крепене, поставяне на настилната и постоянните ж.п. линии, поставянето на вентилационни тръби и др. Тези операции могат да бъдат механизирани и автоматизирани при използване на роботизирани комплекси.

### **Автоматизация на прокарването на минни изработки при пробивно-взривна технология**

Проходческите комбайни притежават редица предимства при прокарването на минни изработки, но те не са подходящи за особено твърди скали. Освен това, както беше казано по-горе, с тях не се механизират и автоматизират всички операции. Според някои източници от 57 операции на цикъл изпълнявани при прокарването на минни изработки само 11 се механизират с проходчески комбайни, т.е. около 80% остават не механизирани. Изпълняват се ръчно. Комплексната механизация и автоматизация се вижда в използването на

роботизирани комплекси. Работи се в две направления. Първата концепция е за производство на роботизирани комплекси включващи проходчески комбайн. Тя се основава на прокарването на минната изработка посредством комбайн, който разрушава скалите, товари отбитата скална маса и полага крепежа на изработката.

Втората концепция е за разработване на роботизирани комплекси извършващи отбиване на скалите с пробивно взривни работи. Тя включва операциите по пробиване на взривни дупки и зареждането им с взривно вещество, товарене на отбитата скална маса, прокарване на водоотливната канавка, закрепване на изработката, полагане на настилка на постоянния релсов път, поставяне на вентилационни тръби, удължаване на тръбопроводите и др. В това направление е натрупан ценен опит.

Прокарването на минни изработки се счита за една от най-целесъобразните области за използване на работи и манипулатори. Роботите се използват за пробиване и зареждане с взрив на взривни дупки, за полагане на различни видове крепеж и др.

Едни от първите манипулатори и работи използвани в минната промишленост са тези за пробиване на взривни дупки. В това отношение е натрупан богат опит и днес такива манипулатори и работи произвеждат много страни. Редица фирми (FURHOLME – Норвегия, TORCKTANTJON – Англия, TAMROCK – Финландия и др.) произвеждат пробивни агрегати с програмно управление, с възможност за корекция на програмата при нови условия на работа.

Фирмата “ТОЈО” – Япония произвежда самоходен робот за пробиване на взривни дупки THCJ-2-AD с хидрозадвижване, предназначен за прокарване на подземни изработки с голямо напречно сечение. Роботът е на гъсеничен ход с електрически или дизелов двигател.

Пробиването на взривни дупки с робота THCJ-2-AD включва следните операции: придвижване и установяване на робота по оста на изработката чрез използване на лазерно насочване и опорни хидравлични крикове; зачистване повърхността на забоя; фиксиране на корпуса на робота и пробивната машина по отношение на забоя; автоматично подаване на бургията и авторегулиране на режима на пробиване; автоматично определяне дълбочината на взривната дупка; автоматично подаване на пробивната машина към следващата взривна дупка; допълнителна корекция при насочването на бургията към устието на взривната дупка; екстрено автоматично спиране на пробиването по команда от управляващия компютър или оператора при нарушаване на нормалната работа; автоматично запущване на дупката при избликване на вода.

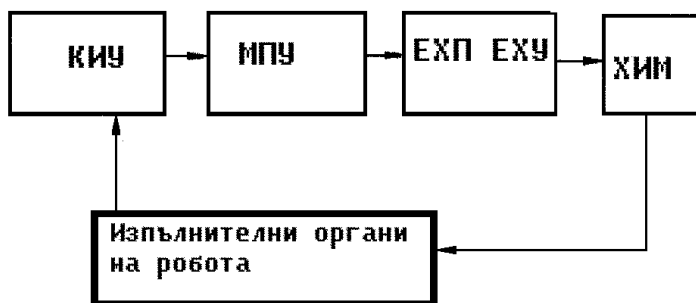
Опитът от използването на робота показва намаляване на времето за пробиване на взривните дупки 2,8 пъти. Намалява се също отклонението от зададеното сечение на изработката (1,4 пъти).

Значителни успехи са постигнати и по отношение на разработването на работи за зареждане на взривни дупки с взривно вещество. Шведската фирма NITRO NOBEL създава манипулатор с дистанционно управление за зареждане на взривните дупки. Моделът HF-51 е предназначен за зареждане на взривни вещества в насипно състояние.

Произвеждат се подвижни манипулатори с дистанционно управление, както и роботи за анкерирание и торкретиране на изработките. Създадени са роботи за пълна механизация и автоматизация на процесите по крепене с арков крепеж.

По отношение на управлението на минните манипулатори и роботи условията на работа налагат определена специфика. Не може директно да се използват сензори и управлява апаратура предназначена за общопрмишлено използване. Апаратурата трябва да бъде в руднично нормално изпълнение (РН). А при работа в рудници опасни по газ и прах трябва да бъде руднично взривобезопасно изпълнение (РВИ). За получаване на големи усилия при относително малки размери на изпълнителните механизми те са хидравлични. Това налага използването на електрохидравлични преобразуватели.

Определена представа за системите за управление на роботи може да се получи от блоковата схема дадена на фиг. 5.3. Контролно-измерителните уреди КИУ са електрически. Те събират информация за положението на изпълнителните органи на работа за неговото състояние. Тази информация се подава към микропроцесорната управляваща система МПУ. Тя обработва получената информация и в съответствие със заложената програма подава управляващи сигнали към електро-хидравличните преобразуватели и електрохидравличните усилватели. От там сигналите преобразувани в хидравлични (налягане) се подават към хидравличните изпълнителни механизми ХИМ. Последните въздействат върху изпълнителните органи на работа (роботизирания комплекс). Така се отработват необходимите работни операции.



Фиг. 5.3

Роботизирани комплекси се прилагат и при прокарване на вертикални минни изработки – шахти и комини. Те работят напълно автоматично. Пригодени са за работа и в твърди скали, тъй като работните им органи са ролкови длета.

### Автоматизация на добивните процеси в подземните рудници

Добивният процес като обект за автоматизация

Процесът на добиване на полезното изкопаемо се изразява в разграничаването на полезното изкопаемо от вместиращите скали, отделянето му от масива и натоварването му на транспортните средства. В подземните рудници добивният процес е непосредствено свързан с процеса на крепене и въобще на следене на поведението на скалния масив в местата на провеждане на добивните работи.

Наложили са се два вида добивни процеси – непрекъснат и цикличен. Както е известно непрекъснати добив е характерен за пластовите находища, най-вече при добива на въглища.

По отношение на възможностите, които предоставят за автоматизация поточните (непрекъснатите) технологии са много по-благодатни от цикличните. Поради това те са в много по-висока степен автоматизирани. Във връзка с бързото развитие на роботиката и роботизираните комплекси през последните десетилетия днес има добри възможности за механизация и автоматизация и на цикличните производства.

При добива на полезни изкопаеми от пластови находища понастоящем широко се използват теснозахватни комбайни за отбиване на полезното изкопаемо, хидравличен крепеж за поддържане на горнището и конвейерен транспорт за транспортиране на отбитото полезно изкопаемо до извозната галерия. У нас работят механизирани комплекси внесени от Германия, Англия и Русия. Все още участието на човека при добивния процес е сравнително високо, макар че тези процеси могат да бъдат в голяма степен автоматизирани.

Обект на автоматизация са добивните машини, транспорта на полезното изкопаемо по дължината на фронта и съоръженията за поддържане на горнището непосредствено до добивния фронт, т.е. целия добивен комплекс. Системата за управление на добивния комплекс трябва да се състои от следните подсистеми:

- подсистема за регулиране на натоварването на добивния комбайн;
- подсистема за следене границата полезно изкопаемо – вместващи скали;
- подсистема за диагностика състоянието на комплекса, включително системата за управление;
- подсистема за управление на крепежа, включваща контрол на поведението на скалния масив
- подсистема за визуално наблюдение на добивния процес.

От системата за автоматизация се изисква да отговаря на ограниченията налагани от: механичната якост на машината; мощността и механичните характеристики на електрозадвижването; съдържанието на метан в околната атмосфера; скоростта на придвижване на крепежа; производителността на транспорта и др.

### **Подсистема за регулиране на натоварването на добивната машина**

Натоварването на главния задвижващ двигател на комбайна зависи от съпротивителните сили, действащи върху режещия и товарния му орган. Тези сили зависят от физико-механичните свойства на масива (пласта) и от скоростите на рязане и подаване на работния орган, както и от тяхното съотношение. Възможни са следните варианти за регулиране на натоварването: постоянна скорост на рязане и регулиране скоростта на подаване; постоянна скорост на подаване и регулиране скоростта на рязане; едновременно регулиране, и скоростта на рязане, и скоростта на подаване. По-често се прилага постоянна скорост на рязане и изменение скоростта на подаване. Това опростява кинематиката на комбайна. По добри резултати се получават при едновременно регулиране, и на скоростта на рязане, и на скоростта на подаване. Тяхното съотношение може да се пазва постоянно или да се променя. При изменение съотношението на двете скорости се получават най-добри резултати. Това изисква екстремално регулиране. По въведени критерии за

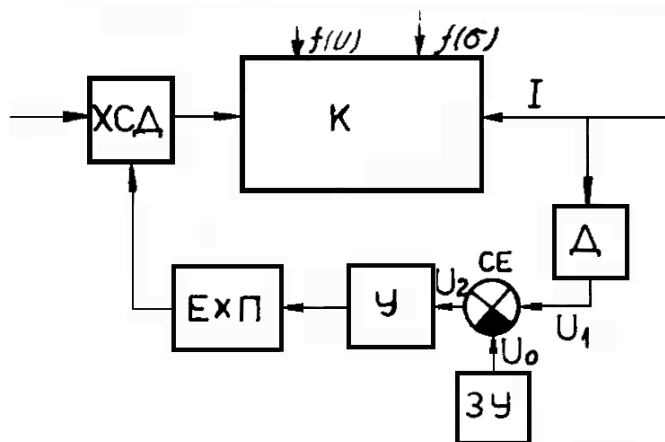
оптималност регулаторът търси екстремума за дадените в момента миннотехнически условия. Осъществяването на такъв режим на работа изисква усложняване на конструкцията и системата за управление.

Постоянното съотношение на двете скорости изисква по-прости решения на системата за управление.

Регулирането на скоростите за рязане и подаване изисква регулируеми задвижвания. Това се осъществява чрез използване на регулируеми електрозадвижвания за постоянен или променлив ток или чрез използване на хидрообемни регулируеми задвижвания. Регулируемите задвижвания се реализират чрез използване на мощни тиристорни преобразуватели. За постояннотоковите задвижвания се използват регулируеми изправители, а при променливотоковите двигатели – регулируеми преобразуватели на честота.

Отбелязано беше, че за поддържане постоянно натоварване на двигателя, най-често се използва регулиране скоростта на подаване. Качеството на регулиране зависи от избора на регулируемата величина. Тя трябва да бъде еднозначно свързана с натоварването на двигателя. Такива величини са: тока на двигателя, мощността, която черпи, момента на вала на двигателя, големината на усилието на подаване. Различните производители на минни машини имат различни предпочитания в това отношение. Най-често се използва токът и на второ място черпената мощност.

На фиг. 5.4 е дадена примерна блокова схема на подсистема за регулиране натоварването на комбайна. Регулира се скоростта на подаване на режещия орган. Обектът на управление, комбайнът К, е подложен на редица смущаващи въздействия: изменение на физико-механичните свойства на въглищата  $f(\delta)$ ; изменение на мрежовото напрежение  $f(U)$ ; износването на зъбите на режещия орган и др., които водят до изменение на натоварването. Системата за управление се състои от датчик Д, за измерване на черпения от мрежата ток, отчиташ натоварването на двигателя, задаващото устройство ЗУ, елемента за сравнение СЕ, усилвателя У, електрохидравличния преобразувател ЕХП и хидравличния серводвигател ХСД.



Фиг. 5.4

При изменение на натоварването на двигателя в резултат на изменение на смущаващите въздействия, токът, който двигателят черпи от мрежата се променя. Променя се сигнала на изхода на датчика Д. Елемента за сравнение отчита разлика между зададения  $U_0$  и действителния  $U_1$  сигнал. Тази разлика

$U_2 = U_0 - U_1$  се подава на входа на усилвателя У. Усилва се и се подава към



електрохидравличния преобразувател ЕХП, който задейства хидравличния серводвигател. Променя се скоростта на подаване на работния орган и токът черпен от двигателя се връща към зададената стойност.

Скоростта на подаване може да се задава и ръчно от пулт за управление (не е показан на схемата). Съществуват решения при които скоростта на подаване се задава ръчно от машиниста, а автоматиката се намесва само когато токът черпен от двигателя надхвърли зададената стойност.

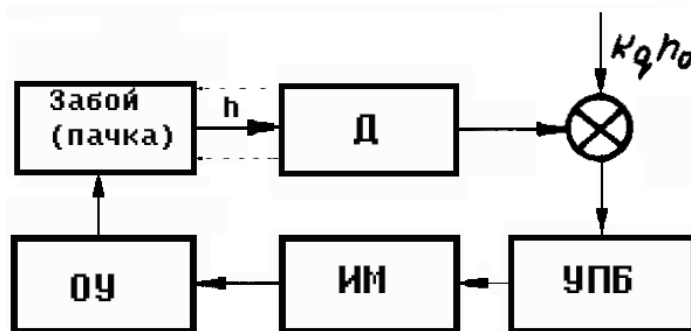
### Подсистема за управление на работния орган по хипсометрията на пласта

Положението на въгледобивната машина се определя от конвейера, базовата греда или от секциите на крепежа. Поради това не е необходимо специална подсистема за водене на машината в пространството. Това се осъществява в процеса на управление на механизирания крепеж или на добивния комплекс като цяло. Необходимост възниква само в случаите когато добивната машина не е свързана непосредствено с конвейера или крепежа.

В случая с добивните комбайни се налага система за управление на работния орган по хипсометрията на пласта. Това се налага по много причини. Ако поради изкривяване на пласта се наложи работния орган да изземва вместиращи скали това води до бързо износване на режещите зъби, особено при твърди вместиращи скали. Освен това изземването на вместиращи скали обеднява добитите въглища. Поради тези причини е необходимо да се определя при работа непрекъснато границата въглища – вместиращи скали и работния орган да се движи така, че винаги да остава една тясна ивица (пачка) неиззети въглища. Това се осъществява с управляващи стабилизиращи или следящи системи за автоматично управление положението на работния (работните) органи на комбайна.

Проблем в този случай е разработването на система за определяне границата между вместиращите скали и полезното изкопаемо. За сега голямо приложение за определянето на тази граница са намерили радиоизотопните, ултразвуковите и радиовълновите датчици.

В случая радиоизотопните преобразуватели работят на принципа на различната отражателна способност на скалата и въглищата при облъчването им с гама-лъчи. Различната отражателна способност се определя от различната плътност на двата материала. Въглищата имат около два пъти по-малка плътност и следователно по-



Фиг. 5.5

малка отражателна способност на лъчите спрямо скалите.

Полученият от радиоизотопния преобразувател сигнал се използва за управление положението на работния орган. Функционална схема на такава система е показана на фиг. 5.5.

Регулируем параметър е

дебелината на въглищната пачка  $h$ , която се оставя в горнището и долнището на пласта. Сигналът от датчика се сравнява с зададения опорен сигнал  $k_q \cdot h_o$  пропорционален на зададената дебелина на въглищната пачка  $h$ . Разликата от двата сигнала се подава към усилвателно-преобразователен блок УПБ. Тук сигналът се усилва и се преобразува във вид удобен за въздействие на изпълнителния механизъм ИМ. Последният представлява серводвигател, който премества работния орган на комбайна (ОУ) в необходимото положение. Така дебелината на оставяната пачка се връща до зададения размер.

### **Дистанционно управление на комбайните**

Дистанционното управление на комбайните се налага най-вече от гледна точка на безопасността на работа. То се налага и поради все по-голямата скорост на движение на добивните комбайни, което затруднява следенето им от машиниста. То се осъществява от страничната галерия с помощна на многожилен кабел. Управлението включва пускане, спиране и задаване на скоростта на подаване. Освен това е предвидена възможност за предупредителна сигнализация и аварийно изключване на комбайна от всяко място на фронта, както и за двустранна говореща връзка.

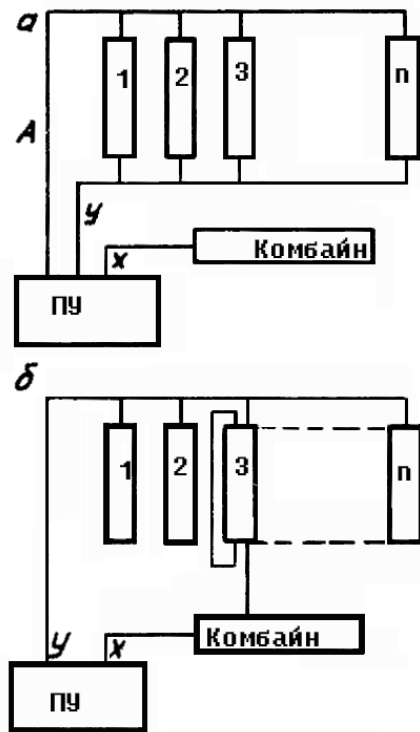
Разработени са системи и за радиоуправление на комбайните. Те имат съществени предимства пред кабелното дистанционно управление. Предимствата се изразяват в по-големите възможности по отношение на предавани и приемани команди, по-голямата свобода при установяване на командния пункт и др.

### **Автоматизация на предвижването на хидравличния крепеж и добивните комплекси**

Автоматизираното управление на предвижването на крепежа и добивните комплекси се осъществява с ограничено участие на човека или без негово участие.

Управлението на крепежа може да се извърши по два начина – централизирано за всички секции и индивидуално за всяка отделна секция.

При централизираното дистанционно управление, към пулта за управление, разположен в страничната галерия, се подава информация  $Y$  за положението на всяка секция и информация  $X$  за положението на добивната машина. Въз основа на постъпилата информация операторът изпраща команди  $A$  към секциите. Те могат да бъдат придвижвани последователно или шахматно.



Фиг. 5.6

При индивидуалните системи за управление секциите се предвиждат автоматично в зависимост от движението и положението на работната машина.

И при двете системи се предвижда контрол за работата на крепежа: сигнализация за неразпъната стойка; за опасност от съприкосновение с комбайна; контролира се налягането на маслото в хидравличната система, както и в работните цилиндри. На пулта за управление постъпва светлинна сигнализация за състоянието на всяка секция и звукова сигнализация при ненормално състояние.

В добивните комплекси автоматичното управление всички му елементи: комбайн, конвейер, крепеж. Основните

функции, които изпълнява автоматизираната система на комплекса са следните: автоматично управление на натоварването на добивната машина с възможност и за дистанционно управление; автоматично следене на хипсометрията и мощността на пласта; управление на големината на незакрепеното пространство; автоматично (с възможност за дистанционно) управление на разтоварването, придвижването и разпъването на секциите на хидравличния крепеж; възможност за автоматично регулиране скоростта на фронтния конвейер.

### Автоматизация на добивните процеси в откритите рудници

#### Автоматизация на добива с еднокотови багери

Еднокотовите багери се явяват универсални машини, способни да изпълняват работи в сложни минно-геоложки условия, разработват практически всякакви почви. При работа в скали е необходимо предварително взривяване на масива.

Управлението на еднокотовите багери изисква висока квалификация, граничеща с изкуство. Това е така защото възможностите на багера могат да се претворят в действителност ако машинистът извършва пестеливи движения с работния орган, ако изпълнява едновременно по няколко движения. Анализът на операциите по ръчното управление показва, че осигуряването на правилното водене на процеса изцяло се определя от квалификацията на машиниста. Воденето на процеса близо до оптималното е трудно и поради липса на достатъчно информация. Глямото психическо и физическо натоварване (въпреки опростеното и облекчено управление на съвременните багери) е причина за спадане на производителността на багера в края на смяната с 15-20%. Неквалифицираното управление понижава производителността от 30 до 40%. Освен това квалификацията на машиниста определя и динамичните натоварвания на конструкцията на багера. Това е свързано

с износванията на въжетата и други конструктивни елементи на машината, със счупвания и аварии. Необходимостта от намаляване на зависимостта на ефективната работа на багера от субективните фактори определя актуалността от автоматизация на управлението им.

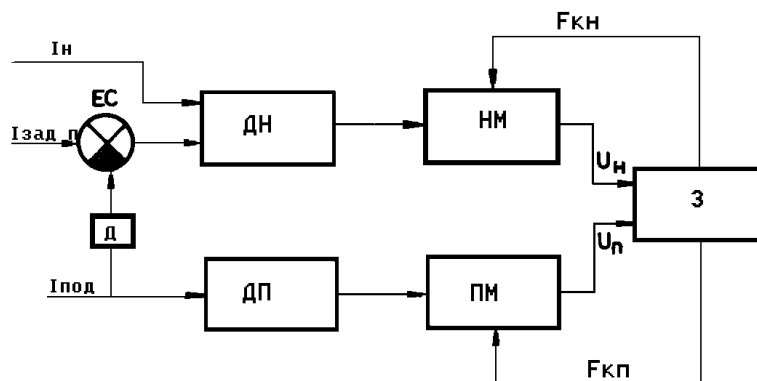
Ефективна и лесноосъществима е автоматизацията на процесите с висока степен на повтаряемост, на еднообразие на производствените ситуации. Процеса копаене с еднокотлови багери се характеризира с голямо разнообразие и неопределеност на производствени ситуации (различна конфигурация на забоя, различни физико-механични свойства на скалите, разнообразие в местото на разтоварване и др.). Това създава принципни и технически трудности при разработването на система за автоматизация. Така предимствата които имат еднокотловите багери – универсалност и приспособимост към изменение на условията на работа, създават трудности при автоматизацията им. Системата за автоматизация на багера трябва да притежава същата приспособимост към изменение на производствените ситуации, както и самата машина. Голямата приспособимост на багера управляван от машинист се обяснява с големите адаптивни възможности на човека.

Анализът на управлението на еднокотловите багери показва, че логиката на управлението е много сложна. Количеството на използваната информация е голямо, а техническите средства за получаване на тази информация (напр. аналог на зрителния анализатор на човека) са сложни. Поради изтъкнатите причини разработването на система за пълна автоматизация на еднокотловите багери е сложно. Макар и възможно една такава система ще бъде сложна, скъпа и малко надеждна. Ето защо и за близко бъдеще системата за управление на еднокотловите багери ще остане човеко-машинна. Те съчетават предимствата на човека-оператор (голяма адаптивност) с тези на автоматиката (бърза реакция). Усилията са насочени не към отстраняване на машиниста от управлението, а към въвеждане на автоматични устройства улесняващи неговата работа.

Такива системи са основани на йерархичен принцип с две нива на управление. На горното ниво е машинистът. Долното ниво включва локални системи за управление на основните задвижвания в моменти когато се изискват бързи и точни действия.

Еднокотловите багери извършват няколко основни операции - същинско копаене, завъртане на горното строене до местото на изсипване на материала в кофата, изсипване на материала. Стремешът при операцията копаене е да се изразходва минимално време и енергия. Това се получава при оптимални стойности на ъгъла на рязане и дебелината на стружката. От своя страна това изисква автоматична координация в работата на подемния и напорния механизъм, със стремеш за

максимално запълване на кофата, при дадената мощност на задвижването на двата механизма. В повечето от системите за автоматично



Фиг. 5.7

управление на копаенето се поддържа постоянен токът черпен от двигателя на подемния механизъм, до стойност близка до максимално допустимата. Това се постига чрез регулиране дебелината на стружката, т.е чрез регулиране скоростта на напорния механизъм. На фиг. е показана блокова схема за автоматизация на процеса копане. Обект за управление е подемният двигател, чийто ток (или мощност) се поддържат постоянни чрез увеличаване или намаляване на напорното усилие  $F_{кн}$ . Това означава, че изпълнителното устройство е задвижването на напорния механизъм ДН. Забойт 3 противодейства на работния орган (кофата) при внедряване  $F_{кн}$  и при подем  $F_{кп}$ . Тези усилия се възприемат от задвижването на напорния механизъм ДН и на подемния механизъм ДП. Зададен е токът на подемния механизъм  $I_{зад п}$ . Управляващото въздействие на задвижването на напора се формира от разликата между зададения и действителния ток на двигателя на подема, получена в елемента за сравнение ЕС. Токът на двигателя на подема се измерва от датчика Д. Регулира се честота на въртене на напорния двигател и се променя дебелината на стружката.

Съществуват и други принципи за работа на системи за автоматизация на копаенето. Напр. може да се регулира скоростта на напора във функция от скоростта на подема, като се въвежда корекция при недопустимо натоварването на кой да е от двигателите.

Разработването на системи за автоматизация на операцията въртене е сложна задача. Оптималното управление се изразява в прилагане на максимално допустимо ускорение при започване на въртенето и започване на спирането. Таке се получава минимизиране на времето за операцията завъртане на кофата. Това е от съществено значение, защото това време достига до 65% от един цикъл. Обикновено се приема половината от ъгъла за завъртане платформата да се ускорява (двигателят развива двигателен момент), а другата половина от ъгъла платформата да се спира (двигателят работи в спирачен режим). За да се осъществи автоматично операцията завъртане, е необходимо първоначално машинистът или система да фиксира големината на ъгъла на завъртане.

За повишаването на производителността на багерите много допринасят и системите за автоматична диагностика и отчитане работата им – престои, време за работа, степен на натоварване на машината по време на работа, производителността и др.

### **Автоматизация на многокофовите багери и насипообразувателите**

Многокофовите багери са мощни високопроизводителни машини. Те представляват сложни електромеханични системи, включващи голям брой взаимосвързани механизми и електрозадвижвания, тясно свързани със забоя и гумено-лентовия транспорт с прави и обратни връзки. Сравнени с еднокофовите багери те са много по-благодатни за автоматизация обекти. Това се определя от поточната им технология на работа.

Най общо изискванията към системите за управление на багерите се свеждат до максимална производителност, минимално време за спомагателни операции и минимално време за престои. Освен тези общи изисквания системата за автоматизация трябва да осъществява:

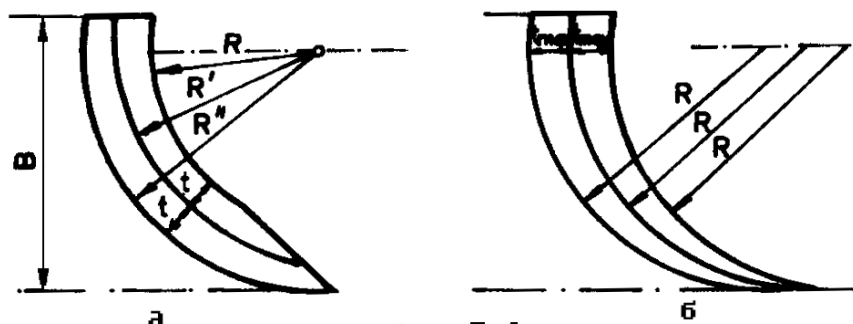
- автоматична блокировка, която осигурява определен ред на пускане и спиране на отделните механизми, изключване на механизми при недопустим режим на работа (автоматична защита от претоварване на електродвигатели, блокиране на ходовия механизъм при недопустимо нарастване на наклона на пътя, изключване на всички механизми и задействане на спирачките при големи стойности на вятъра и др.);
- Управление (стабилизация) на натоварването на роторното колело (кофовата верига);
- Копаене с оптимални параметри на стружката – осигуряване на напълването на кофите при минимален възможен разход на електроенергия;
- Автоматично отработване на параметрите на забоя и платното (ъгъл на наклона на забоя, ъгъл на откоса, надлъжни и напречни наклони на платното) съобразени с предписанията на технолозите;
- Контрол на изправността на отделни агрегати, механизми възли и детайли (контрол на температурата на лагери, контрол на смазването на триещи се детайли, контрол на механичното натоварване и вибрациите на определени възли и детайли и др.).

Тези изисквания към системата за автоматизация се изпълняват от следните нейни подсистеми:

1. Подсистема за управление на процеса копаене.
2. Подсистема за програмно управление отработването на блока за изземване.
3. Подсистема за управление на подравняването.
4. Подсистема за диагностика на механичната част на багера и системата за контрол и управление.

**Системата за автоматично управление на процеса копаене** се изграждат с цел реализиране на максимално използване на добивната машина. При разработването на тази система най-напред трябва да се избере регулируемия параметър. Като регулируеми параметри се използват натоварването на двигателя задвижващ роторното колело или производителността на багера. По често се използва стабилизирането на натоварването на работния орган (роторното колело или кофова верига). Като регулиращо въздействие се използва страничното подаване на работния орган (скоростта на въртене на платформата).

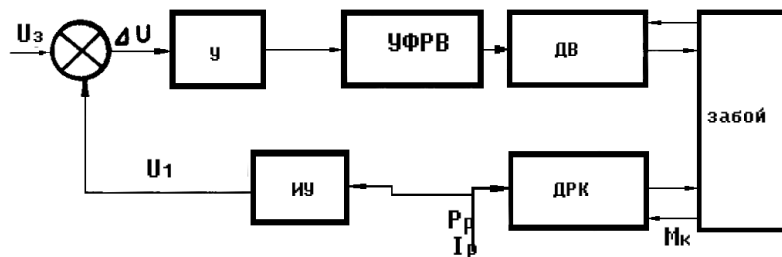
Нека припомним, че роторните багери се произвеждат в две модификации – с изтегляща се и с неподвижна роторна стрела. Характерна особеност на багерите с изтегляща се стрела е концентричността на работните участъци от траекторията на роторното колело (в план на забоя). Поради това дебелината на стружката е



Фиг. 5.8

постоянна и не зависи от ъгъла на завъртане на стрелата (фиг.5.8,а). При багерите с неподвижна стрела дебелината на стружката не е

постоянна и се изменя от тах в горния край на забоя до нула (фиг.5.8,б). Това означава, че системите за автоматично управление при багерите с изтегляща се стрела имат да преодоляват изменение на основното смущаващо въздействие –

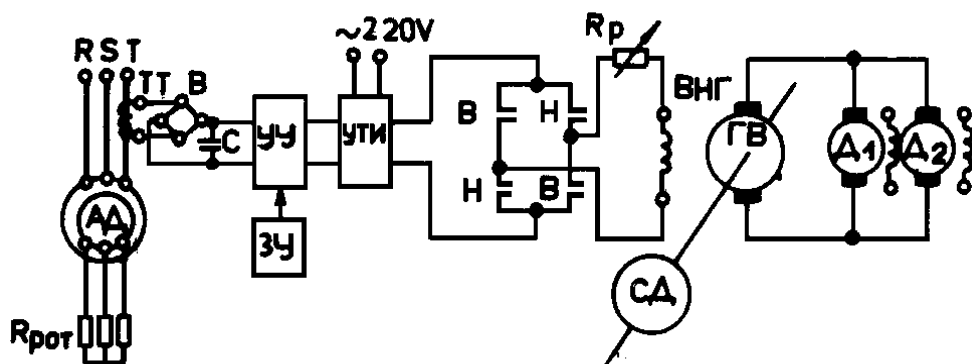


фиг. 5.9

съпротивлението на забоя – от случаен характер (твърди включения, нехомогенна среда). При багерите с неподвижна стрела

смущаващото въздействие се определя и от изменение на сечението на стружката при въртене вследствие сърповидния ѝ характер. Това налага автоматично увеличаване на скоростта на въртене на платформата при намаляване сечението на стружката, за да се поддържа постоянна производителност.

На фиг.5.9 е показана блокова схема на система за автоматично стабилизиране на натоварването на двигателя на роторното колело. Това се постига чрез регулиране на скоростта на механизма на въртене. В зависимост от параметрите на стружката, от скоростта на въртене на стрелата и от физико-механичните свойства на изземания материал от забоя се формира съпротивителния момент при копаене  $M_k$ , който определя натоварването на двигателя на роторното колело ДРК. Мощността на двигателя задвижващ роторното колело  $P_r$  или тока  $I_r$  се отчитат от измервателното устройство ИУ. На неговия изход се формира сигнал  $U_1$ , пропорционален на натоварването. Той се подава към елемента за сравнение ЕС, където постъпва и сигналът пропорционален на зададеното натоварване. Като разлика от двата сигнала се формира сигналът за регулиране  $\Delta U$ . Той се усилва от усилвателя  $У$  и се подава към устройството за формиране на управляващото въздействие УФРВ. Последното променя напрежението подавано към двигателя за въртене, ако двигателя е постояннотоков, или променя честотата на захранващото напрежение, ако е променливотоков. Променя се скоростта на въртене на платформата и се възстановява зададеното натоварване на двигателя за задвижване на роторното колело.



Фиг. 5.10

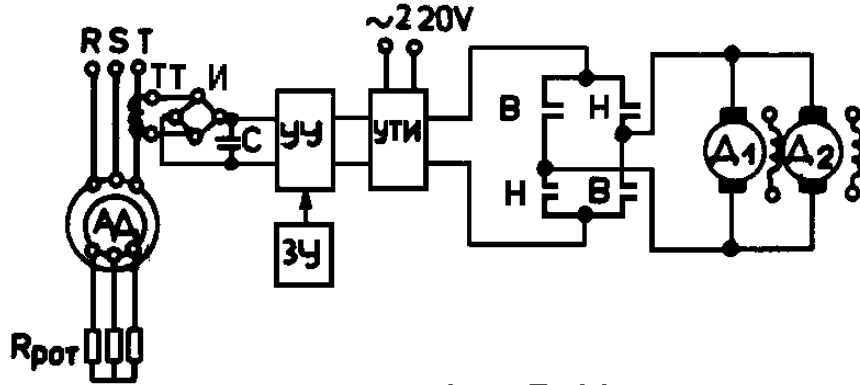
На

фиг.5.10 е показана примерна реализация на разгледаната блокова схема. Постояннотоковите двигатели за въртене се захранват от генератор за постоянен ток ГВ или от регулируем токоизправител. На дадената схема токът във възбудителната намотка на генератора ВНГ се регулира от управляем тиристорен изправител УТИ. Сигнала за управление на регулируемия тиристорен изправител се формира в управляващото устройство УУ. В него постъпва информация от задаващото устройство ЗУ и от измерителното устройство (токовия трансформатор ТТ и изправителя И). Измерва се токът, който двигателят на роторното колело черпи от мрежата и който с приближение се приема за пропорционален на черпената мощност, т.е. на натоварването. Изпращения от изправителя И сигнал се филтрира с кондензатора С. Чрез контактите В и Н се изменя посоката на въртене на двигателя за въртене на платформата (На тази схема изменят посоката на тока във възбудителната намотка на генератора). На фиг. е дадена същата принципна схема, но вместо Г-Д група е използван мощен регулируем изправител. Той захранва директно двигателя за въртене. Управляващото устройство УУ подава сигнали за управление на регулируемия изправител.



Системата за управление на натоварването изпълнява и някои защитни функции. При недопустима натоварване на асинхронния двигател АД, задвижващ роторното колело, се формира управляващ сигнал довеждащ напрежението на регулируемия изправител до нула. В резултат на това рязко спада скоростта на завъртане.

При изземването на определен блок от рудника имаме многократно циклично повторение на едни и същи операции при работа с роторни багери. В такива случаи е целесъобразно въвеждането на автоматизирано програмно управление. То се явява естествена



Фиг. 5.11

основа на автоматизирана система за централизирано управление на комплекса от минни машини в откритите рудници. За да се осъществи програмно управление е необходима голям обем информация. Тя включва: съвкупност от стойностите на геометричните параметри на багера, координатите му в пространството, характеристика на полезното изкопаемо в изземвания блок, параметри характеризиращи формата и пространственото разположение на изземваното геометрично тяло (блока), последователността на технологичните операции в съответствие с възприетия начин на изземване и др.

Всички тези данни трябва да вкарани в компютърната система за управление. В паметта на системата се вкарва и програмата за работа. Задават се координатите на началното и крайното положение на механизмите при изземване на блока, диапазона на изменение на координатите в процеса на изземване и др.

Програмата се съставя въз основа на предварително разработен от технолози, механизатори, автоматизатори и програмисти алгоритъм за управление. Той представлява предписана последователност от операции. За основа при разработването на алгоритъма служи възприетия начин на изземване на блока. В настоящия момент се използват фиксирани (твърди) алгоритми.

В зависимост от начина на задаване на входната информация системите за програмно управление на роторни багери, работещи с фиксирани алгоритми, могат да бъдат разделени на два вида:

- системи за управление, работещи по предварително изчислени програми – системи с твърдо програмно управление;
- системи за управление с изчисляване траекторията на движение на роторното колело по зададени технологични параметри и координати на опорните точки. При тях входната информация се обработва от компютъра на системата за управление. С такива системи може да бъде осъществена автоматична оптимизация на технологичните параметри на забоя.

За нормален водоотлив, платното, върху което стои багерът, трябва да има необходимите надлъжни и напречни наклони. Реализирането на тези наклони от багериста е трудно и силно намалява производителността на багера (до 50%). Това налага използването на системи за автоматично подравняване. Нормално тази система се съвместява със системата за програмно управление.

В близкото минало бяха разработени системи за подравняване използващи гравитационни, магнитни и жирокопични измерителни устройства (За тях стана дума по-напред). След това бяха разработени системи за автоматично подравняване с лазерни устройства. Днес благодарение на въведените през последните години спътниковите позиционни системи (GPS – Global Position System), воденето на багерите в пространството става на базата на тези системи.

## Глава шеста

### АВТОМАТИЗАЦИЯ НА РУДНИЧНИЯ ТРАНСПОРТ

#### Автоматизация на конвейерния транспорт

Начинът на транспортиране на насипни материали с конвейерния транспорт отлично хармонира с поточните технологии на добив на полезни изкопаеми по подземен и открит начин. Съвременните конвейерни линии се характеризират с голяма дължина, разклоненост (възможност за избор на различни маршрути) и мощни многодвигателни задвижвания. От гледна точка на автоматизираното им управление те представляват сложни, разсредоточени обекти. Основна задача на автоматизацията на конвейерните линии се явява автоматично централизирано пускане и спиране при осигуряване защита от ненормални режими на работа.

Пускането на конвейерите трябва да става по команда от технологични датчици или от оператор. Когато конвейерната линия се състои от няколко отделни транспортъра те трябва да се включват последователно във времето за да се избегне претоварването на електрическата мрежа (токов удар). Последователността на включване на отделните транспортъри трябва да става в посока обратна на товаропотока с цел да се избегне засипването на следващата лента и претоварачните пунктове.

Автоматична защита се осъществява чрез контрол на технологичните параметри на конвейера и в случай на отклонението им от зададените значения се изключва задвижването на транспортъра и на пулта за управление се индикира причината за изключване. Защитно изключване се предвижда в следните случаи:

- при снижаване скоростта на задвижващия барабан с повече от 15% от номиналната стойност,
- при повишаване на скоростта на приводния барабан с повече от 5% от номиналната ѝ стойност
- при пробуксуване на лентата спрямо задвижващия барабан с повече от 10% спрямо номиналната скорост,
- при затегнат пуск на конвейера продължаващ повече от 60 s,
- при напречно скъсване на лентата,
- при надлъжно скъсване на лентата,

- при странично изместване на лентата на повече от 10% от нейната ширина,
- при повишаване на температурата на маслото на редуктора над определена зададена стойност,
- при засипване на претоварачните пунктове.

Системата за управление трябва да включва още: подаване на предупредителен сигнал звуков и светлинен по цялото трасе преди пускане на конвейерната линия; дистанционно избиране и самостоятелно пускане и изключване на всеки маршрут при разклонените конвейерни линии; светлинна сигнализация на пулта за управление за работата на маршрута; екстрено изключване от кое да е място по трасето на конвейера посредством въже опънато по дължината на конвейерната линия.

Оперативното спиране на конвейера при нормална работа се извършва по команда от оператора, обслужващия персонал или автоматично от технологични датчици. Последователността на спиране на отделните транспортъри става по посока на товаропотока. По този начин транспортната линия е готова за следващия пуск.

За реализиране на разгледаните дотук изисквания предявявани към системите за автоматизация на конвейерния транспорт са разработени различни датчици и специализирани устройства. За контрол на скоростта на лентата, приплъзването спрямо задвижващия барабан и надлъжната ѝ цялост се използват датчици за скорост (виж. Част първа Измерване на скорост). Устройството за контрол на скоростта се състои от сензор измерващ скоростта и релеен (прагов) елемент, настроен да сработи при определена, предварително зададена скорост. Температурата на задвижващия барабан, маслото в редукторите, както и загряването на електродвигателите и лагерите се контролира чрез сензори за температура. Контролно-измерителният уред за температура също съдържа прагов елемент, който сработва при зададена температура. Разработени са различни устройства за контрол на страничното измества на лентата на гумено-лентовите транспортъри.

Един от проблемите, който до сега не е радикално решен е проблемът за контрол на напречната цялост (сцепването) на лентата. Предлагани са много идеи но нито една от тях не е намерила трайно приложение.

Към системите за автоматизация на конвейерния транспорт се включват също датчици за контрол на наличието на материал върху лентата, датчици за контрол на засипването на претоварачните пунктове и датчици за контрол на нивото на материала в бункерите от които се товари (ако има такива) и в бункерите в които се изсипва транспортирания материал. Сигналите от тези датчици се използват за автоматично пускане и спиране на транспортната линия при наличие/липса на материал за товарене, при засипване на претоварачен пункт и при липса на обем за разтоваряне.

При дългите конвейери се използват автоматични устройства за регулиране натягането на лентата в зависимост от преплъзването ѝ спрямо задвижващия барабан. Тези устройства се състоят от датчик за контрол на преплъзването, датчик за измерване на усилията на опън, приложено върху лентата, регулатор и натегателно устройство.

Системите за управление на конвейерния извоз се различават помежду си по обема на преработваната информация, по апаратното и програмно осигуряване. При изграждането им от множеството възможни структури трябва да се избере тази, която в максимална степен удовлетворява изискванията по отношение на възможност за техническа реализация, стойност, сигурност, минимална дължина на каналите за връзка, шумоустойчивост и др.

В последните години системите за управление на конвейерни линии се изграждат на базата на програмируеми контролери (виж. Програмируеми контролери). Техните възможности добре хармонират с нуждите на системите за управление на конвейери, където преобладават логически сигнали. Благодарение на използването на програмируема логика те позволяват, както лесна и бърза реализация на системата за управление, така и изменение на алгоритъма за управление, когато има нужда и разширяване възможностите на системата по всяко време.

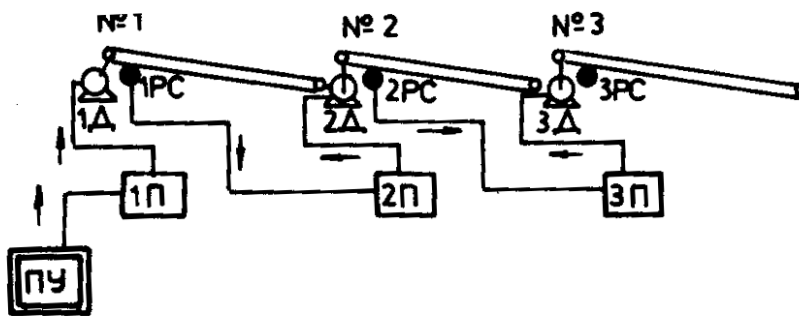
Една перспективна задача, свързана с комплексната автоматизация на добива и транспорта в подземните и открити рудници, е реализирането на система за автоматично регулиране на скоростта на гумено-лентовите транспортъри с цел регулирането скоростта на товаропотока. Техническите средства за реализиране на мощни регулируеми електроздавижения се опростиха и поевтиняха многократно през последните години и стана икономически ефективно използването на такива системи. Икономия се получава от енергия, от намаляване износването на лентата. Регулирането на скоростта на последната лента при извоз на откривка води и до екологически ефект – по-ефективно рекултивиране на почвите.

Последователното пускане на отделните транспортъри от конвейерната линия може да се автоматизира по различни принципи. Отместването във времето за пускане на следващия конвейер от линията може да стане с релета за време. Това се реализира много лесно с програмируемите контролери. Но този начин на пускане има съществения недостатък, че не отчита дали пуснатия преди това транспортър се е развъртял с необходимата скорост. Това води до много неприятни ситуации.

Друг начин за отместването на пускането – наричан принцип на електрическата блокировка, е чрез контрола на тока на двигателя на вече включения конвейер.

Най-добър е пускането по скорост на вече включения транспортър. Този начин - наричан принцип на електромеханичната блокировка, е намерил широка

приложение в  
практиката.  
Принципът на

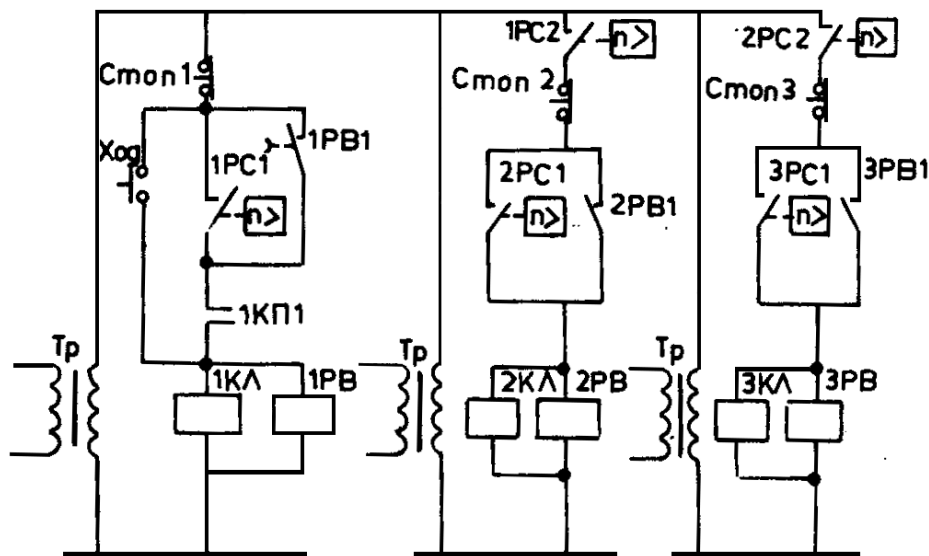


електромеханичната блокировка става ясен от фиг. . От пулта за управление ПУ се подава команда за включване на първия пускател 1П. Той подава напрежение към двигателя за задвижване на първата лента 1Д. Първия транспортър се включва.

Когато той набере необходимата скорост се задейства скоростното реле 1РС и то подава сигнал за включване на пускателя на втория конвейер 2П. След развъртането на втория скоростното реле 2РС подава сигнал за включване на третия пускател 3П. По този начин продължава пуска до включването и на последния конвейер от избрания маршрут. От разгледания принцип се вижда, че скоростно реле осъществява и последователността на включване и необходимото закъснение за включване на следващия конвейер.

Като преобразуватели на скоростта на лентата в електрически сигнал се използват тахогенератори или преобразуватели основаващи се на броене на импулси за единица време. И тахогенераторите и устройствата генериращи импулси се задвижват от ненатоварения клон на лентата или от общателния барабан. По-нататък получения от първичните преобразуватели сигнал се обработва от електронен блок. На изхода на електронния блок се получава релеен сигнал, който се подава към управляващото устройство. В съвременните системи за управление управляващото устройство е програмируем контролер.

На фиг. е показана принципна схема, изградена в миналото с релейно-контакторни елементи, възприета в случая за по-голяма нагледност. На схемата не са показани силовите вериги за захранване на електродвигателите, а само веригите за управление. Те се захранват с понижено напрежение от трансформаторите Тр.



Фиг .

Пускането на първия транспортър става с натискане на бутона ХОД. С това се изчерпват функциите на оператора. Този бутон може да бъде шунтиран от контакт на технологичен датчик и от там да става пускането. По-нататък всички включвания се извършват автоматично и след приключването на пусковия процес системата минава на самоконтрол. Бутон ХОД включва контактора 1КЛ и релето за време 1РВ. Бутонът ХОД се шунтира от контакта 1КЛ1 и нормално затворения контакт на релето за време 1РВ1. Контактът 1КЛ1 подава напрежение към двигателя на първия транспортър и заработва. Когато транспортърът достигне зададена скорост се задейства релето за скорост 1РС (не е показано на принципната

схема). То затваря контакта си 1PC1, които шунтират контактите на релето за време 1PB1. С това системата за управление на първия конвейер преминава на самоконтрол. Тази последователност на превключвания се извършва ако всичко е нормално. В случай, че има причина конвейерът да се развърти с нормална скорост за зададеното с релето PB1 време, неговият контакт 1PB1 се отваря, а контакта 1PC1 не се е затворил и захранването на контактора 1КЛ се прекъсва. Прекъсва се напрежението подавано към двигателя на първия транспортър. Спира процеса на пускане и на пулта за управление светва сигнал показващ причината за прекъсване на пусковия процес.

Ако пускането на първия транспортър е успешно, релето за скорост 1PC ще затвори контактите си 1PC2 във веригата за управление на втория конвейер. Тогава ще задейства контакторната бобина 2КЛ. Тя ще включи контактора за подаване напрежение за захранване на двигателя на втория конвейер. Той, след достигане на определената скорост, посредством контактите на релето 2PC (не показано) ще шунтира с контактите си 2PC1, контактът на релето за време 2PB1. Последният, след изтичане на зададеното време ще се отвори и вторият конвейер ще премине на самоконтрол. Вторият конвейер чрез контактите 2PC2 на скоростното реле 2PC подава захранване към контакторната бобина на третия конвейер и, ако всичко е нормално, процесът продължава до пускане на последния конвейер.

При недопустимо намаляване на скоростта на лентата на някой от транспортърите (буксуване, напречно скъсване, претоварване) автоматично се изключва неизправният и всички други конвейери подаващи материал към него. Например при скъсване на лентата на втория конвейер, скоростното реле 2PC, което се задейства от него, ще отвори контактите си 2PC1 и 2PC2. С това ще се изключи вторият (неизправният) конвейер и третият, който му подава материал.

Както се каза дадената схема за управление е примерна и много опростена. С нея се цели да се покажат принципи, които са лесни за възприемане. Но много от необходимите неща за нормална работа на система за автоматизация на конвейерна линия тук не са показани. Например не са показани датчиците за контрол на температурата на барабана, двигателят, маслото в редуктора и техните контакти. Не са показани устройствата за контрол на страничното изместване на лентата и техните контакти. Не се получава представа за това как системата включва предупредителната звукова и светлинна сигнализация и много други неща. Освен това, трябва да се подчертае, че някои от елементите на системата показани на схемата (например релетата за време PB), при реализирането на системата на програмируеми контролери, липсват като реални елементи. Те се изпълняват програмно от програмируемия контролер.

Натрупаният опит от експлоатацията на системите за автоматизация на конвейерния извоз показва тяхната висока ефективност. Ефективността е резултат от съкращаване на времето за пускане и спиране, освобождаване на обслужващ персонал увеличаване на междуремонтните срокове поради повишаване на експлоатационната надеждност на конвейерите и своевременно откриване и отстраняване на неизправностите.

Автоматизация на релсовия транспорт в подземните рудници

Автоматизацията на подземния релсов транспорт включва управлението на товарищата, обмена на вагонетки в рудничния двор и в надшахтното здание, светофарните уредби, сигнализацията, централизацията и блокировката на стрелките.

**Автоматизация на пунктовете за товарене.** Участъковите бункери за товарене се използват за претоварване на полезното изкопаемо от конвейерите или от междинните бункери във вагонетки. Надеждната работа на механизацията и автоматизацията на пунктовете за товарене е съществено условие за ефективна работа на транспорта.

Основните технологични операции в пунктовете за товарене са: маневрени работи по обмен на пълния и празния състав; придвижване на състава с вагонетки за товарене; прикриване на междувагонното пространство при товарене; обезпращаване и др. За автоматизирано управление на процеса товарене е необходимо автоматично да се контролира: положението на вагонетката спрямо отвора за изтичане на материала; степента на запълване на вагонетката; броя на пълните и празните вагони; положението на първата празна вагонетка (съобразено с положението на стрелките за да се остави възможност за излизане) и др.

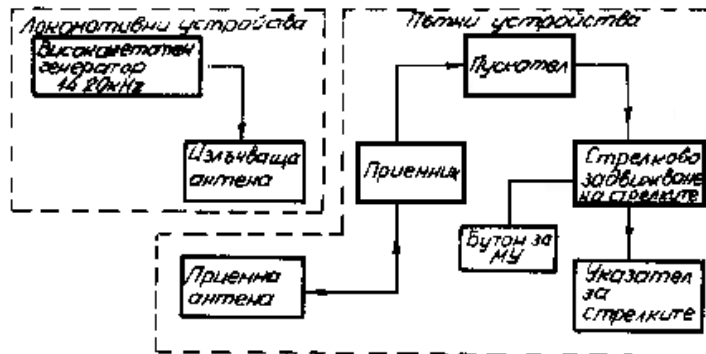
Технически средства за реализиране на всички тези изисквания са налице. Сензори за контрол на положението на вагонетката, на нейното запълване и т.н. Необходимо е само да се разработи такава система и да се заложи съответния алгоритъм за нейната работа в съответно компютърно устройство. Не ми е известно да има работеща такава система у нас.

**Автоматизация на електролокомотивния извоз.** Автоматизацията на електролокомотивния извоз се развива в три посоки:

1. Автоматизация на електролокомотивния извоз посредством система за диспечерска централизация. Тази система се прилага главно в рудодобива, при сложно пълно развитие на рудника и при едновременна работа на голям брой електролокомотиви.
2. Автоматизирано управление на електролокомотивния извоз и по-специално управление на стрелките и сигнализацията от машиниста на локомотива. Тази система за управление намира приложение във въгледобивните рудници.
3. Автоматично управление на влаковия състав без машинист. Може да се говори, че това е интересно и перспективно направление за работа. Но тук освен всичко друго се намесват и проблеми свързани с безопасната работа в рудника. Големи са изискванията към качеството на ж.п. линиите и др.

Към въпросите за автоматизация на електролокомотивния транспорт трябва да се отнесат също така: автоматизация на тяговите подстанции; автоматизация на устройствата за зареждане на батериите на електролокомотивите; усъвършенстване на електрозавиждането на локомотивите и пр. Всички тези проблеми са в голяма степен решени.

На фиг. е показана структурна схема на система за дистанционно управление на



Фиг.

стрелките от машиниста на локомотива. Управлението се осъществява в движение. В локомотива се намира високочестотен генератор и излъчваща антена. Генераторът работи на две честоти

(14 и 20 kHz), които могат да се превключват от машиниста с бутон. Преди разклонението на пътя се поставят две приемни рамки, а след разклонението по една рамка на всяко отклонение. При приближаване на стрелката машинистът задава желаната посока на движение, включвайки съответната честота на генератора. Излъчената от антената на локомотива електромагнитна енергия се приема от приемната антена разположена на пътното трасе. Сигналът се усилва и се подава към пускател, който подава напрежение към задвижването на стрелката. Стрелката се премества. Към задвижването на стрелките има вградена контактна система, която се използва за включването на съответната светлинна сигнализация.

Преместването на стрелките освен от кабината на машиниста, може да става дистанционно или местно в непосредствена близост до задвижването им.

Този тип апаратура се произвежда в руднично нормално и руднично взривобезопасно изпълнение. Тя може да се използва, както при контактните, така и при акумулаторните локомотиви.

В не опасните по газ и прах рудници, за управление на стрелките от машиниста на локомотива се използват и по-прости решения. Така например при контактните електролокомотиви, като датчик за управление се използва допълнителен контактен проводник. При акумулаторните локомотиви могат да се превключващи устройства с фоточувствителни сензори.

В рудодобивните предприятия при прости транспортни схеми се прилага и управление на контактните електролокомотиви чрез регулиране напрежението на контактната мрежа. На този принцип има осъществени системи за дистанционно управление на електролокомотивите в зоните на товарене и разтоварване. За целта захранването в товарните/разтоварните (рудничните дворове) пунктове се локализира за да може да се изменя напрежението и така да се извършват маневрените операции на съставите.

Интересна идея за автоматично (без машинист) управление на електролокомотивния извоз е чрез полагане вълноводи по които се подава сигнал с различна честота. Предварително релсовия път се разделя на участъци. В участъците се поставят вълноводите. По тях се подава честота характерна за скоростта на движение на композицията за дадения участък. Честотните сигнали се възприемат от антена монтирана на локомотива. По получаваща от антената информация се управлява локомотива – регулира се скоростта на движение.



Експерименти за управление на подземния релсов транспорт във въглищни рудници на Англия с изчислителни машини са правени още по времето на ламповите компютри. Тогава резултатът не е добър и се отказват от по-нататъшното използване на разработката. Причината е в честите откази на управляващата машина. Днес този недостатък на компютрите е отстранен и пречка в това отношение няма. Натрупан е сериозен опит по управление на метрополитени и нормалните ж.п. линии с компютри, в това число и програмно управление. Използваните принципи за автоматизацията в метрополитените могат да се използват и в подземния транспорт, но една от причините да не са приложени са изискванията за безопасна работа, както и състоянието на рудничните ж.п. линии. Някои от рудничните линии са с непродължителен период на експлоатация и не се изпълняват с необходимото качество.

Дистанционното управление освен по току що посочените причини се задържа още от това, че дистанционното предаване на сигналите по кабел създава сериозни проблеми, а радиоуправлението е неприложимо, защото в отделни участъци съставите излизат извън радиовидимост. Би могло да се управляват съставите чрез вълноводи, но системата се усложнява, когато по един вълновод трябва да се водят повече от един състав.

Автоматизирането на електролокомотивния транспорт води до повишаване на пропускателната му способност с 7-15%.

#### Автоматизация на обmena на вагони в рудничния двор

Полезното изкопаемо или скалната маса транспортирани с ж.п. транспорт постъпват в рудничния двор. Ако рудникът е разкрит с вертикална шахта транспортирания материал се извозва през нея. Това става, или чрез скипове, или чрез клетки. Вида на подеъм в голяма степен определя характера на механизацията и автоматизацията на товаро-разтоварните и вагонообменните работи.

Ако подеъмната уредба е клеткова в рудничния двор се извършва цикъл операции, с който се подават пълни вагони към клетката, а от там се изтеглят празни вагони, от които се композира влаковия състав. Механизацията и автоматизацията на този процес се извършва чрез автоматизиран вагонообмен. Прибутвачи подават към клетката товарните вагони и изтеглят от там празните. Механизираният вагонообмен напълно или частично се автоматизира. За осигуряване на правилната работа на механизмите и безопасността на обслужващия персонал в схемите за автоматизация са предвидени следните блокировки: не се допуска включване на прибутвача от момента на подаване на натоварения състав до момента на разкачването на локомотива и всички вагони, за което се подава сигнал; не се допуска включване на прибутвачи или стопори при затворени шахтни врати; не се допуска отваряне на шахтни врати ако клетката не се намира на нивото на приемната площадка; при работа на подеъмната уредба в режим “извоз на хора”, всички механизми, с изключение на шахтните врати се блокират.

По описания начин е организирана и работата по вагонообмена на повърхността на рудниците, когато вертикалния подеъм се извършва с клеткова подеъмна уредба.

При извоза със скипови подедни уредби за разтоварване на вагоните се използват обръщатели, които изсипват транспортирания материал в бункера за товарене на скипа. Вагоните се подават към обръщателя с прибутвачи, които прибутват пълните и изтеглят празните вагони. Във високомеханизираните руднични дворове се прилага разтоварване на вагоните, без да се разкачат от състава. Когато вагонетката е постъпила в обръщателя, задейства се задвижването и той обръща вагонетката на  $180^\circ$ , така че материала да изтече в бункера. След това се връща в изходно положение и се задейства отново когато празната вагонетка е изтеглена и нейното място е заето от пълна вагонетка. Задвижването на обръщателите е хидравлично, пневматично или електрическо.

Автоматичното управление на механизирания руднични дворове, в които разтоварването на вагонетките става по единично, се осъществява чрез синхронизирано изпълнение на следните операции: подаване на вагона към обръщача; обръщане на вагона; връщане на вагона в изходно положение; изтласкване на празния вагон от обръщача и подаването му към формация се празен състав; подаване на следващата пълна вагонетка. При изпълнение на тези операции се осъществяват следните блокировки: не се допуска включване на обръщача при включен прибутвач; не се допуска включване на обръщача при отворени стопори, фиксиращи вагона в обръщача; не се включва обръщача при запълнен бункер на скипа; не се допуска работа на прибутвача преди да е откачен локомотива и да е зает местото си за очакване на празния състав.

В системата за автоматизация се предвижда автоматичен контрол на долно и горно ниво на бункера, на изходното положение на обръщателя, на положението на стопорите и прибутвачите, на наличието на вагонетка в обръщача.

Автоматизирания системи за вагонообмен или за разтоварване на вагоните в рудничните дворове за стартиране изискват начален сигнал за започване на процеса. Този сигнал може да се задава от оператор или технологично от транспортната система.

В миналото разгледалия системи за вагонообмен и разтоварване на вагоните се реализираха на основата на релейно-контакторна апаратура. Такива системи съществуват в наши рудници. По-нататък разработките се реализираха на основата на безконтактни логически елементи. Новопроектирания системи са на основата на микропроцесорната техника. Както беше казано и по-напред особено подходящи микропроцесорни средства за замяна релейно-контакторните схеми са програмируемите контролери. Именно те се използват за целта.

#### Автоматизация на релсовия транспорт в откритите рудници

Релсовия транспорт се прилага широко в откритите рудници. Прилага се успешно както при използване на добивни машини с циклично действие, така и при използване на добивни машини с непрекъснато действие. В сравнение с другите видове използван в рудниците транспорт, той има предимството, че когато транспортирания материал трябва да се транспортира на далечни разстояния няма нужда от претоварване.

Интензивността на движение на съставите в откритите рудници е значителна и това налага необходимостта от системи за автоматично и телемеханично

управление. Тези системи подобряват организацията на движението, повишават неговата безопасност, облекчават условията на работа и увеличават пропускателната способност на ж.п. линията.

Основни съставни елементи на автоматиката и телемеханиката в релсовия транспорт са устройствата за сигнализация (С), централизация (Ц) и блокировка (Б), обединени по общото наименование системи за СЦБ.

Устройствата за сигнализация, чрез подаване на сигнали разрешават или забраняват движението в участъците, които сигнализират. Предпазват влаковете от навлизане в заети пътища и от взаимното им застигане.

Устройствата за централизация обединяват управлението на стрелките и сигналите от един пункт. По този начин ускоряват изработването и задаването на маршрутите за движение.

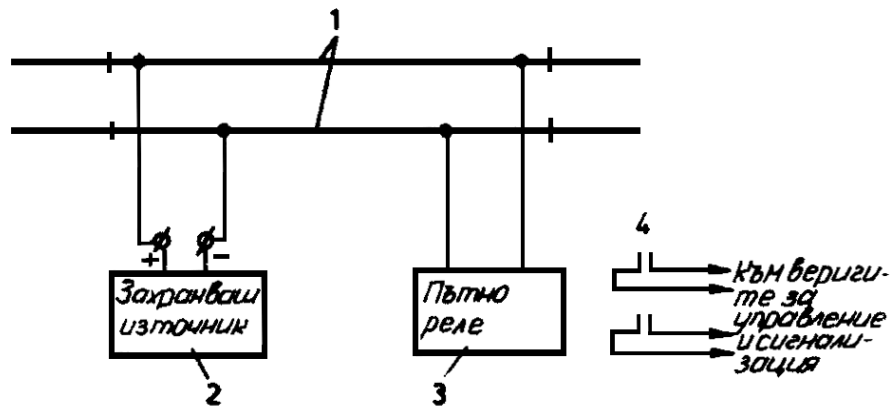
Устройствата за блокировка предотвратяват възможността за задаване на маршрути през заети участъци от линиите, да преминават влакови състави през тези участъци, предотвратяват застигането и челното сблъскване на влаковете композиции. Те създават възможност за по-пълно използване пропускателната възможност на железопътните линии.

Системите за СЦБ, прилагани в релсовите пътища на откритите рудници, според предназначението си се делят на три основни групи:

1. Системи за регулиране на движението на съставите между гарите
2. Системи за осигуряване на движението на съставите в района на рудничните гари.
3. Системи за осигуряване управлението на стрелките и сигналите в подвижните участъци.

Рудничните системи за СЦБ се реализират със специални апарати съоръжения. Някои от тях се монтират по протежение на релсовия път: светофари; задвижвания на стрелки; релейни устройства и пр., а други се намират в: постове за централизация; пултове за управление; релейни елементи; захранвания и пр.

Основен елемент на системите за управление на релсовия транспорт (на СЦБ) са релсовите вериги. Те използват релсите като тоководещ елемент. За целта релсовия път се разделя на отделни участъци, електрически изолирани помежду си в двата края с изолационни накрайници. Използват се различни видове релсови вериги, отличаващи се по свързването, принципа на действие, вида на захранването и пр. За да се добие по-реална представа за принципа на действие на релсовите вериги на фиг. е показана елементарна схема на релсова верига. Към двете релси на изолиран участък от релсовия път 1 се подава постоянно напрежение от източника на захранване 2. Към двете релси е свързано и пътното реле 3, контактите 4 на което се използват за управление или сигнализация. Когато на участъка 1 няма влаков състав, през релето протича ток, който привлича котвата му. Нормално отворените



Фиг.

контакти са затворени, нормално затворените отворени. При наличието на локомотив, вагон или влаков състав на разглеждания пътен участък, осите на колелата шунтират пътното реле, защото свързват някъсо двете релси. Напрежението подавано към релето рязко намалява и то отпуска котвата си. Нормално отворените контакти се отварят, а нормално затворените се затварят. С това се правят необходимите превключвания на устройства за сигнализация и управление.

Друг основен елемент на СЦБ са светофарите. Те се използват за даване указания на машинисти и другите работници свързани с водене на движението и провеждане на маневрите на влаковете. Това се постига с различни по цвят светлинни сигнали подаване чрез фаровете. Всеки цвят има съответно значение: червена светлина – забранено движение към и след сигнала; зелена светлина – разрешено движение; бяла светлина – разрешена маневра; синя светлина – забранена маневра; жълта светлина – предупреждение и условно разрешение; червена светлина с мигаща зелена – покана за влизане в района на гарата, но с повишено внимание.

Управлението светофарите става централизирано и чрез релсовите вериги. Управлението на положението на стрелките също става централизирано или местно. Преместването им става чрез електрозадвижвания. Като съставни елементи на системите за управление се използват различни видове сензори, релета и релейни елементи. Управлението на съставите се осъществява от пулт за управление. Върху него е дадена светосхема на пътното развитие и бутони за

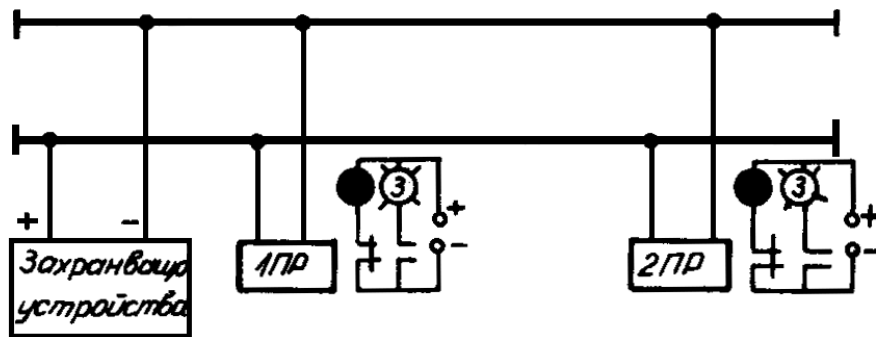
управление. На светосхемата са нанесени релсовия път, разделен на съответни секции, светофарите и всички стрелки. Подадените команди и положението на влаковите състави в съответните железопътни участъци се възпроизвеждат в светосхемата с различни по цвят светлини. В новите системи за управление мнемосхемата на релсовия път, движението на влаковите състави и съответната информация за състоянието се дава на мониторен екран.

#### Управление на движението на съставите между гарите

З повишаване пропускателната способност и безопасността на движение на влаковите състави между гарите се прилагат полуавтоматична и автоматична пътна блокировка, прелезни сигнализации, автостоп, локомотивна сигнализация и др.

При полуавтоматичната пътна блокировка разрешителните сигнали на светофарите се дават от ръководителя на движението, а смяната им с забраняващ сигнал става автоматично от движещия се състав. За целта по протежение на пътя са поставени съответните датчици, наречени релсови педали.

Автоматичната пътна блокировка осъществява регулиране на движението на влаковите състави с постоянни пътни сигнали, които се променят автоматично от движещия се състав. За целта релсовия път се разделя на отделни блок-участъци, всеки от които се огражда със светофари. Промяната на сигналите се осъществява с помощта релсови вериги. На фиг. е показана принципна схема за автоблокировка в участък от релсовия път с използване на релсови вериги. От захранващото устройство се подава постоянно напрежение към двете релси. В двата края на

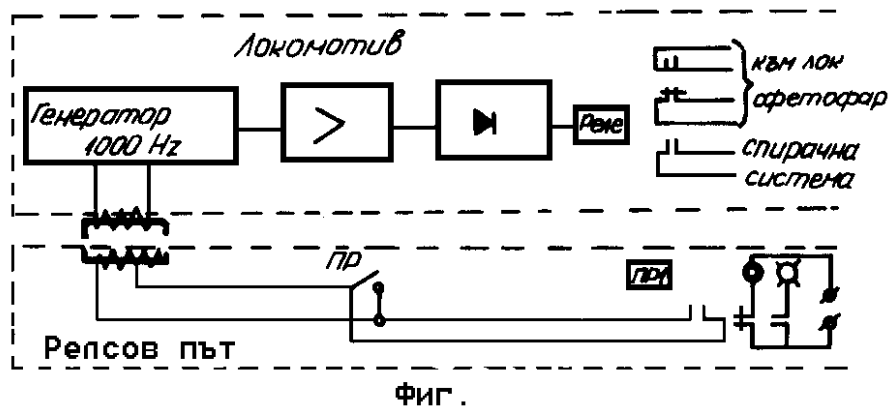


ФИГ .

участъка са включени пътни релета 1ПР и 2ПР. Те имат по един нормално отворен контакт, към който са включени зелените лампи на светофарите и по един нормално затворен, към който са включени червените лампи. Когато в участъка няма влаков състав, двете пътни релета са задействани, нормално отворените контакти са задействани и участъка е ограден със зелена светлина – т.е. пътят е отворен. Когато в участъка се намира влаков състав, релетата са шунтирани от осите на колелата. Релетата са отпуснали котви. Тогава нормално отворените контакти се отварят (изгасват зелените лампи), а се затварят нормално затворените контакти – светват червените лампи на светофарите. Участъкът се огражда с червена светлина, забраняваща влизането на друг състав в него. Светофарите ще сменят сигналите си след като влаковият състав напусне участъка.

На същия принцип се реализира сигнализация и управление на прелезните бариери в местата на пресичане на релсовия път с автотранспортни пътища.

При автоматизираното управление е необходимо сигналите да светофарите към които се приближава локомотивът да се възпроизвеждат и в кабината на машиниста. Необходимо е също така да се предвиди автоматично спиране на локомотива при приближаване към червен светофар. Така ще се избягват инцидентите при разсеян или задрямал машинист. Автоматичната локомотивна сигнализация и автостопът се реализират с телемеханични системи. Това може да стане по различни начини. Една примерна принципна схема на такава система е показана на фиг. .В локомотива се намира генератор със звукова честота, към



който е свързана бобина с отворена желязна сърцевина. Тя е монтирана в долната част на локомотива. На определено разстояние пред светофара на железопътната

линия е поставена друга бобина с отворена желязна сърцевина. Част от намотките на тази бобина се затварят накъсо от контактите на пътното реле, което управлява светофара. В зависимост от състоянието на пътното реле (отворени или затворени контакти), т.е. от указанията на светофара (забраняващ или разрешаващ сигнал) се нарушава резонансът във веригата на генератор. Той прекъсва генерациите си и се изключва електромагнитното реле, включено през усилвател към генератора. Релето включва съответен сигнал в кабината на машиниста и автоматичната спирална система.

#### Управление на движението в района на рудничните гари

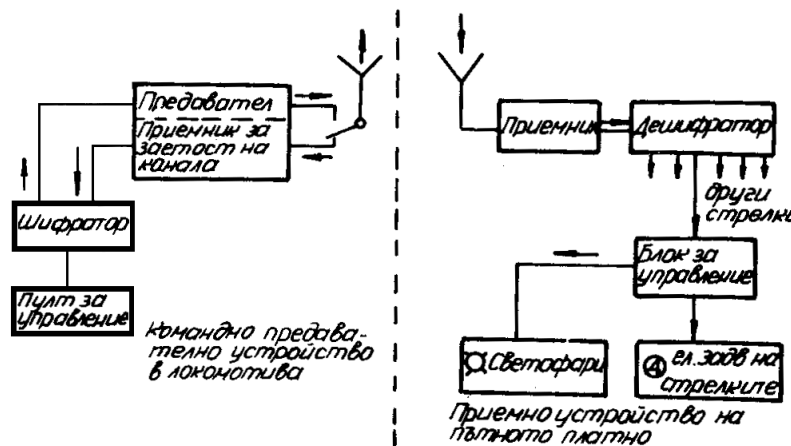
Управлението на движението на влаковете състави в района на рудничните гари включва централизирано управление на стрелките и светофарите. То се реализира чрез електрическа мрежа за подаване на управляващи сигнали. Електрическата централизация може да се осъществи с дистанционна или телемеханична система. Дистанционното управление се прилага при неголяма отдалеченост на стрелките и светофарите, примерно в рамките на неголям гаров район. Когато централизацията се налага да обхване стрелки и светофари отдалечени на голямо разстояние, с цел да се намали броят на линиите за връзка, се прилагат телемеханични системи за управление и сигнализация. С телемеханични системи могат да се обхванат гарови райони и цели пътни участъци. Тези системи се наричат системи за диспечерска централизация.

Управлението на стрелките и сигналите в районите на гарите може да бъде индивидуално или маршрутно. При индивидуалното управление се задейства всяка стрелка и светофар поотделно. При маршрутното управление се задават само началната и крайната точка на маршрута. Свободният маршрут между двете точки се избира автоматично и се задействат съответните задвижвания и включвания на сигналите. Това се извършва от компютърни системи за управление. На мнемосхемата, давана на монитор, се означава възприетия маршрут и се вижда състоянието на стрелките и сигналите. Въвеждането на компютърната техника дава възможност за обединение на функциите на транспортния и минния диспечер.

#### Управление на релсовия транспорт в подвижните участъци

Характерна особеност на релсовия транспорт в откритите рудници е наличието на голям брой подвижни ж.п. линии. Те имат малък срок на служба, тъй като непрекъснато следят преместването на добивните и разкривни машини. При подвижните ж.п. линии трудно се създават качествени релсови вериги. Тези причини ограничават въвеждането на автоматизираното им управление и създаването на централизирано диспечерско управление на целия рудник. В някои страни се строят локални централизации за малък брой стрелки и светофари. По-перспективна насока за управление на стрелките и светофарите се счита въвеждането на радиотелемеханични системи. Управлението на стрелките се извършва от кабината на машиниста. На фиг. е показана блоковата схема на една такава система за управление на стрелките. Системата обхваща район с радиус 400-

500 м. Времето на задействане е до 2,5 s.



Фиг.

Системата се състои от командно-предавателно устройство, разположено в полеви шкафове, непосредствено до управляемите стрелки. Връзката между устройството в кабината на машиниста и

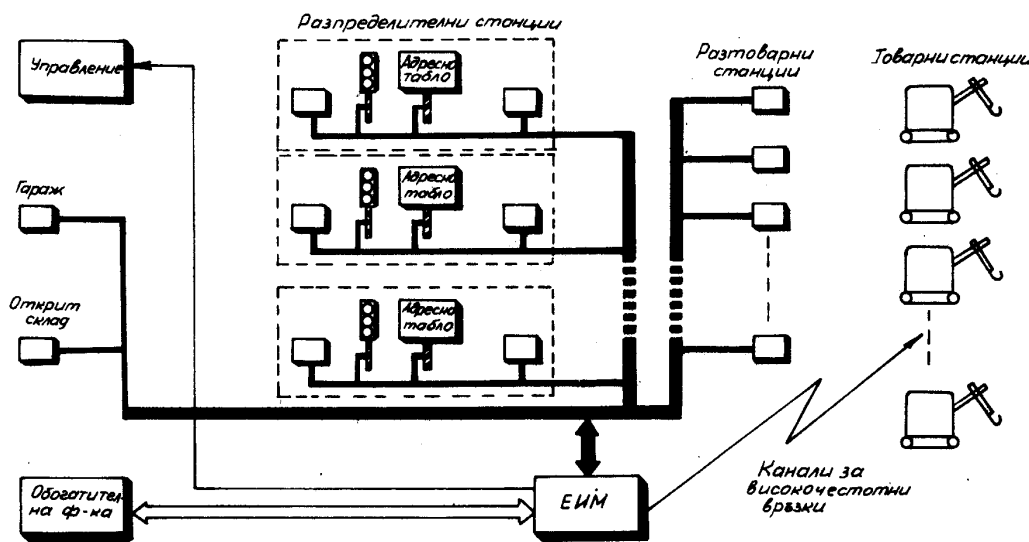
полезовото устройство се осъществява по радиоканал с честотно управление. За да се изключи едновременното подаване на сигнал от няколко локомотива, в системата е предвидена блокировка. При изпращане на разпоредителна команда от един локомотив, Командно-предавателните устройства на другите локомотиви се блокират.

## Система за управление на автомобилния транспорт в открити рудници

Автомобилния транспорт намира приложение като основен транспорт в откритите рудници, при които откривката и добива на полезното изкопаемо се извършва с еднокофови багери. На настоящия етап на развитието на техниката не може да се говори за автоматично управление на автотранспорта. Автоматичното управление означава автомобилите да се движат без водач. Въпреки това съществуват и трябва да съществуват системи за управление на автомобилния транспорт. Това са системи за оперативно управление. Обект и цел на тези системи е организирането на автомобилното движение. Организирането се състои в насочването на автомобилите към съответните добивни машини и разтоварни пунктове. Системата за оперативно управление не внася сериозни промени в автомобилите. Те си остават такива каквито са произведени от завода производител. Ако нещо се внася от системата то е някакво средство за информация относно положението на автомобила в пространството, запълването на коша му и др.

Системите за оперативно управление на автотранспорта осигуряват висока ефективност на добивно-транспортния процес, подобряват използването по време както на транспортните, така и на добивните машини, създават условия за оптимално шихтоване на рудата в приемните бункери и складове.

На фиг. е дадена примерна блокова система за управление на автомобилния транспорт в открит рудник. Системата осигурява три режима на работа: отворен,



Фиг.

смесен и затворен цикъл на работа. Използването на един от тези три режима зависи от състоянието на производствения процес.

Затворения цикъл се използва при пусковия период на рудника в аварийни ситуации. При този режим самосвалите имат постоянен адрес спрямо багерите.

При смесения цикъл част от транспортните единици (автомобилите) имат постоянни адреси към багерите, а останалата част се адресират в зависимост от нуждите в дадения момент. Този цикъл се използва когато част от самосвалите,



поради технически причини (голям наклон, тесен път и др.) не могат да бъдат адресирани към определени багери.

При отворения цикъл на работа се прилага индивидуално адресиране на транспортните единици. Това води до увеличаване на производителността на транспортните и добивните машини, поради намаляване на престоите им. При този режим може да се получи и най-добро осредняване на добитата руда.

Оперативната система за управление осъществява пълен контрол на движението на транспортните средства по отделните участъци на пътната мрежа. В случай на нарушение – неизпълнение на инструкцията за отиване на зададен адрес или самопроизволно отклонение от зададения маршрут, включително спиране на автомобила от движение се регистрират автоматично от системата. Тези неща се разпечатват в края на смяната и се представят на ръководството.

Системата регистрира поотделно и общо производителността на багери и самосвали в курсове. Когато на самосвалите са монтирани сензори за контрол на натоварването производителността може да бъде дадена в единици за маса или единици за обем (като се взема предвид коефициента на разбухване). По искане на съответния отговорен персонал тези данни могат да бъдат представени във всеки даден момент. По принцип се дават в края на смяна, денонощие, седмица, месец. Системата ги обработва за технико-икономическа оценка.

Системите за оперативно управление се състоят от: подсистема за формиране на управляващи въздействия; подсистема осигуряваща връзката между централния компютър (диспечера) и обектите за управление; подсистема за събиране и предаване на информация за товаро-разтоварните и транспортни процеси; подсистема за обработка и представяне на информацията.

Подсистемата за формиране на управляващи въздействия включва технически и програмни средства за приемане, обработка и подаване на управляващи въздействия.

Подсистемата за събиране и предаване на информацията включва технически средства за идентификация (разпознаване) на самосвалите и техните водачи, средства за адресиране на местата за товарене и разтоварване технически средства за предаване на информация от самосвала към централния компютър (диспечера). В близкото минало идентификацията на отделните транспортни единици ставаше с излъчван от тях радиосигнал със индивидуална честота. Днес когато в новите системи за оперативно управление се използва спътникова система за позициониране (в частност системата GPS) елементът за връзка със системата е и идентификатор.

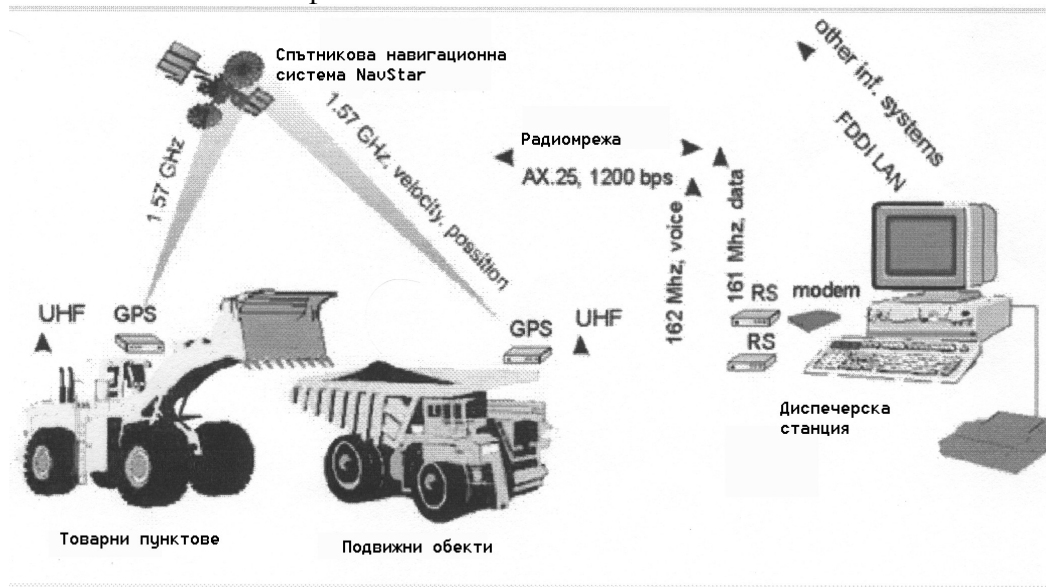
Подсистемата осигуряваща връзката между централния компютър (диспечера), включва проводникова говоряща връзка на диспечера с по-важните стационарни звена на системата. Телефонна връзка има и с другите участъци на минно-добивното предприятие. Другата необходима информация се подава чрез радиоканали.

Подсистемата за събиране и предаване на информация за товаро-разтоварните и транспортни процеси се отчита по местоположението на самосвала което се следи от GPS.

Подсистемата за обработка и представяне на информацията включва програмни и технически средства за обработка и представяне на технико-икономическа

информация – производителност на отделните багери и рудника, брой курсове на отделните самосвали и общо за добивен участък или за рудника. Представянето се извършва на монитори и/или се разпечатва на печатащи устройства.

До преди няколко години в нашите открити рудници работеше системата за управление на автотранспорта “ТРАСИ-20”. С получаването на възможност за използване на спътниковата навигационна система GPS за граждански цели, бяха разработени оперативни системи на нейна основа. Принципът на действие на системата става ясен от фиг.



Фиг.

Системата изпълнява следните функции: наблюдава в реално време позициите, скоростите, направленията, натоварването и други параметри на транспортните средства; отчита натоварването на техниката и водачите; събира статистическа информация с цел оптимизация на товарните маршрути. Основни съставни хардуерни елементи на системата са диспечерската станция и контролерите, разположени в мобилните елементи. Диспечерската станция е оборудвана с компютър индустриално изпълнение с печатащо устройство. Компютърът работи с високонадеждна операционна система, приложно и комуникационно програмно осигуряване с графичен интерфейс. На екрана на диспечера се изобразява картата на терена с транспортните пътища, контролните, товарните и разтоварните пунктове, текущото положение на транспортните единици. В станцията има още радиомодем, радиостанция за обмен на данни, радиостанция за разговорна връзка, антенно-фидерни устройства и непрекъсваемо захранващо устройство. Диспечерите имат възможност да получават данни от всяка транспортна единица и да говорят с всеки водач на автомобил.

На борда на транспортните средства има микроконтролер с програмно осигуряване написано на език от високо ниво, радиостанция с два канала – за данни и разговорна връзка, радиомодем, датчик за позициониране свързан със спътниковата навигационна система, течнокристален дисплей за изобразяване на буквено-цифрова информация..

## Автоматизирани системи за управление на добивно-транспортните процеси

Тясната връзка на добивните и транспортни процеси в рудниците налага необходимостта от разглеждането им като единен процес. Защото транспортните задачи трябва да се решават по такъв начин, че да способстват за оптимално водене на добивния процес и управление на качеството на добиваното полезно изкопаемо. Разглеждането на добивно-транспортните работи като единен процес поставя сериозни проблеми. Това е сложен за управление процес. Сложността му се определя от: мащабите на производство; значителната териториална разсъредоточеност на съставлящите го обекти; разнородността на обектите за управление; разклонеността на транспортната система; интензивността на движението на транспортните средства; непрекъснатото преместване на добивните работи в пространството.

Основните параметри на добивно-транспортните процеси се определят от много фактори: размерите на рудното тяло (пластът на полезното изкопаемо); характеристиките на полезното изкопаемо и вместващите скали; вида и състоянието на добивната и транспортна техника; организацията и механизацията на товаро-разтоварните работи; възприетата система на разработване на находището и др. Протичането на добивно-транспортните процеси зависи от много случайни фактори, в това число от климатичните условия (особено силно важи за откритите рудници), изправността на машините, състоянието на приемните съоръжения (бункери, насипища) и много други. Поради това автоматизираното управление на добивно-транспортните процеси може да се разглежда като задача за управление на обект с разпределени параметри и стохастичен характер на процесите протичащи в него. Сложността и стохастичния характер на процесите създават проблеми, както при управлението им от инженерно-техническия персонал, така и при разработването на система за автоматизираното им управление. При неавтоматизирани системи за управление човек трудно може да анализира и предвиди хода на процесите. Това води до неритмичност в работата, излишни престои и влошаване качеството на добитото полезно изкопаемо. От друга страна такива сложни системи с вероятностен характер на протичащите процеси не могат да бъдат напълно алгоритмично описани, за да се създаде система за автоматичното им управление. Именно тук е необходим човекът-оператор, с големите си адаптивни способности. Именно той може да работи в условия на алгоритмична неопределеност. От всичко казано до тук, като се отчете и условието за безопасност, може да се направи извода че системата за управление на добивно-транспортните процеси (поне за този етап на развитие на техниката) може да бъде само ергатична система, т.е. техническа система предполагаща задължителното участие на човек-оператор при управлението.

След първите значими успехи на автоматизацията, специалистите в тази област повярваха, че всичко може да се автоматизира без участието на човек. Този необоснован отказ от “ергатичността” дълго време беше причина за неуспехи при автоматизацията на сложни системи, какъвто е случая с добивно-транспортните процеси.

Качеството на управление на всяка система се оценява по показатели наречени критерии за ефективност на управлението. При системата за управление на

добивно транспортните процеси достатъчно пълна и всеотраслова оценка се дава с икономически критерии като себестойност, печалба и др. Съществуват и други критерии за оценка на такива системи за автоматизация, като производителност, качество на осредняването на добитото полезно изкопаемо, загуби предизвикани от престоя на добивно-транспортните машини и др.

Задачите възлагани на системите за управление на добивно-транспортен процес могат да бъдат разделени на три групи:

1. Оперативно планиране на добивно-транспортните процеси, включващо се в определяне на обемите за добив по добивни машини, по участъци и за целия рудник, разпределение на добитото полезно изкопаемо и скална маса по транспортни машини и по разтоварни пунктове. Оперативното планиране се прави за всяка смяна, денонощие, седмица. То се основава на информацията с която разполага системата от геоложките проучвания, маркшейдерските замервания и др.

2. Оперативно управление, което представлява реализация на плана заложен вече в системата (компютрите) в условията на смущаващи въздействия (аварии, климатични проблеми и др.). Системата се стреми непрекъснато да съблюдава планираните показатели и да предприема мерки за преразпределение на натоварването на добивните и транспортни машини, при излизане на някоя от тях от строя или при инцидент на забой или добивен фронт.

3. Оперативен контрол, който включва, отчет и анализ на процесите. Контролът позволява системата своевременно да се откриват отклоненията от плана и да се предприемат мерки за ликвидиране на възникналите нарушения и оперативно да се въздейства на процесите с цел тяхното подобряване.

Сложността, вида на използваните технически средства и обхвата на автоматизираните операции на системите за управление на добивно-транспортните процеси силно зависят от вида на добива на полезно изкопаемо – открит или подземен, използваната система за разработване на находището, възприетата механизация на добива и транспорта и други фактори.

При открит добив на въглища с роторни багери, транспортни мостове и насипообразователи системата за управление автоматизира всички процеси. Намесата на човека-оператор в една такава система е минимална. Подобно е положението при добива с роторни багери и транспорт гумено-лентови транспортъори. При добивно-транспортните комплекси с непрекъснато действие системата за управление анализира производствената ситуация и решава пускането и спирането на комплекса.

Обратно при открит добив с еднокоровни багери и автомобилен или ж.п. транспорт, системите за управление ще останат, вероятно още за дълго време, ергатични. Ще се запазят функциите на багериста и шофьорите (машинистите) на транспортните средства. Системата за управление на добивно-транспортния процес в този случай само разпределя и насочва транспортните единици към съответната добивна машина. При ж.п. транспорта системата избира и осигурява маршрута за движение на влаковия състав.

Подобно е положението и при подземния добив. При добив на въглища с комбайнови добивни комплекси гумено-лентов транспорт на добитото полезно изкопаемо се автоматизират основните операции по добива и транспорта.

Философията на системите за управление е различна при разглежданите случаи. Винаги е йерархична. На ниското ниво е автоматизацията на операции и машини. На горното ниво е управлението на добивно-транспортния процес като единно цяло. На това ниво се използва компютър с по-големи възможности, като обем памет, бързодействие и др., със съответна периферия – монитор, печатащо устройство, клавиатура, мишка, сигнални устройства и т.н. Докато на долното ниво се използват специализирани контролно-измервателни и регулиращи уреди.

Системата за управление на добивно-транспортните процеси трябва да бъде алгоритмично, програмно и апаратно (хардуерно) осигурена. Алгоритъмът за работа на системата се подготвя от технолозите съвместно с програмистите, които ще разработват програмата за функциониране на системата. При добивно-транспортните процеси с непрекъснато действие алгоритъмът трябва да описва последователността на действие на системата, като се започне от самотестване и мине се през условието за задаване на стартовия сигнал и по-нататък се проследяват всички контролируеми величини и се стига до причините или условия, които довеждат до подаване сигнал за спиране на системата.

При цикличните добивно-транспортни процеси алгоритъмът за функциониране на системите за оперативно управление на добивно-транспортния процес включва само последователността от стъпки, които извършва системата за следене и направляване на транспортните единици.

Програмното осигуряване включва операционна система за функциониране на управляващия компютър, работни програми, програми за начално пускане, програми за външен обмен, диагностични тестове и др.

Апаратното осигуряване на системата включва контролно-измервателните и регулиращи уреди, средствата за предаване на информация, управляващия компютър и неговите периферни устройства.

## Глава седма

### АВТОМАТИЗАЦИЯ НА РУДНИЧНИЯ ПОДЕМ

Рудничната подемна уредба като обект за автоматизация

**Рудничните подемни уредби са най-сложните и отговорни обекти от общата технологична верига за транспортиране на полезното изкопаемо от забоя до повърхността. Отказите на механичната или електрическата части, или на автоматиката на подемните машини са свързани не само с материални разходи, но и с риск на живота на миньорите. Това налага високи изисквания по отношение на сигурността на всички съставни елементи на подемните уредби.**

Подемните уредби в зависимост от предназначението им биват за извоз на: хора; товари и хора; товари. В зависимост от вида на подемния съд биват: клеткови и скипови. В зависимост от вида на подемната машина се делят на барабанни и с триеща шайба. Всеки един от видовете подемни уредби налага определени изисквания към системата за автоматичното им управление. Изисквания налага и

вида на товаро-разтоварните работи. Подемните уредби за извоз само на хора и за извоз на хора и товари, от съображение за безопасност, не могат да работят в автоматичен режим. Могат да работят в автоматизиран режим. Машинистът подава началния импулс за осъществяване на цикъла и следи за изпълнението му. При подемните машини за товар на хора и товари е за предпочитане управлението да бъде дистанционно с елементи на автоматизация. Управлението може да става от приемната площадка на повърхността. Системите за управление на клетковия подем се усложняват и от необходимостта за извършване на операции по точно установяване на клетката на дадения хоризонт, поради необходимост от операции за фиксиране на следващия етаж от клетката (при моноетажни клетки) на хоризонта за товарене и разтоварване.

Подемните уредби за извоз само на товари (главно скипови уредби) могат да работят и е препоръчително да работят в напълно автоматичен режим. Участието на човек в управлението е напълно изключено. Началния импулс на цикъла се подава от датчик следящ напълването на коша на скипа с материал. По-нататък движението се осъществява по програма, предварително зададена и контролирана от системата. При всички подемни уредби обаче се запазва едно задължително изискване – точно изпълнение на зададената програма за движение на подемния съд независимо от изменението на товара и другите смущаващи въздействия.

Системата за управление на подемната уредба трябва да осъществява:

1. Движение на подемния съд в съответствие със зададената тахограма.

2. Защита от: преподем на подемния съд на 0,5 m над нивото на приемната площадка; превишаване на скоростта с 15% над номиналната; приближаване на подемния съд към приемната площадка със скорост по-висока от зададената от правилника стойност; провисване на въжето; засядане на подемния съд; недопустимо износване на спирачните накладки; спадане на налягането в спирачната система под допустимото; изчезване на напрежението във веригите за управление; повреда на електрическите ограничители на скоростта.

3. Блокировки изключващи: работа на подемната машина при отворени врати на приемните площадки; включване на подемния двигател в нежелана посока след преподем или засядане на подемния съд и др.

Автоматизирането на рудничните подемни уредби дава следните предимства:

1. Увеличава се пропускателната способност (производителността) на подемната уредба с 10-20% поради уплътняване на цикъла, премахването на сигналите между машиниста и хоризонтите, отстраняването на влиянието на умората на машиниста.

2. Повишава се срокът на служба и се съкращава 1,5-2 пъти разходът за подемни въжета. Повишава се сигурността на работа и се увеличават междуремонтните срокове. Получават се икономии от намаляване на експлоатационните разходи.

3. Изключва се възможността от грешки на машиниста. Това води и до повишаване на безопасността при работа.

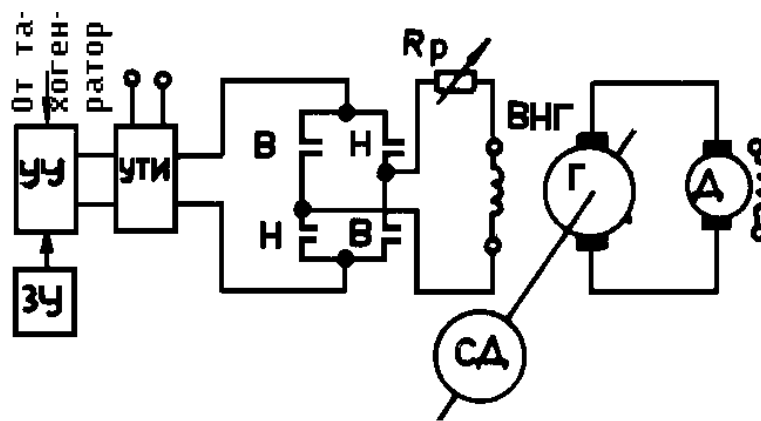
### **Системи за автоматизация на подемни уредби**

Както беше подчертано по-напред системата за автоматизация на подемна уредба трябва на първо място да осигурява движение на подемния съд в съответствие със зададената тахограма. Това означава, че управлението, както и

при други електромеханични обекти, се свежда до управление на електрозадвижването.

В рудничните подеми уредби се прилагат две системи на електрозадвижване – с двигатели за постоянен ток и с асинхронни двигатели. И двете системи се развиват непрекъснато и трудно може да се отдаде предпочитание на едната или другата. Усъвършенстванията и на двете системи през последните години са свързани със създаването на мощни полупроводникови преобразуватели на ток (управляеми изправители и честотопреобразуватели).

Само до преди 2-3 десетилетия се считаше, че най-подходящо задвижване на подемните машини е постояннотоковото. Основното му предимство беше, че има добри регулировъчни характеристики по скорост, което добре хармонира с изискванията на подемните машини. То се прилагаше ограничено при подеми машини с малка товароподемност и неголяма дълбочина на шахтата. Причината беше неговата сложност и големите капиталовложения. За да се използва двигател Д за постоянен ток, се налагаше той да се захранва от постояннотоков генератор Г.

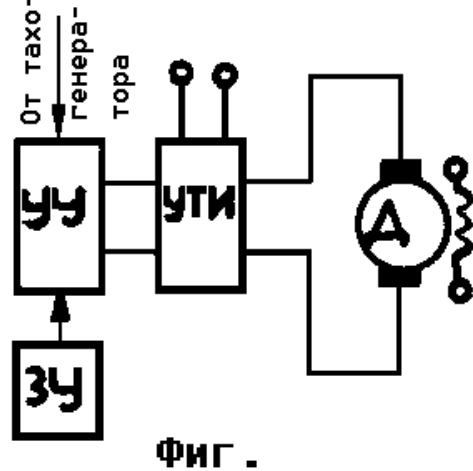


Фиг. 1

А от своя страна генераторът се задвижваше от синхронен двигател СД. Задвижването изискваше закупуването и монтажа на три мощни електрически машини (Фиг. 1). С разработването на мощни регулируеми изправители структурата на постояннотоковото се

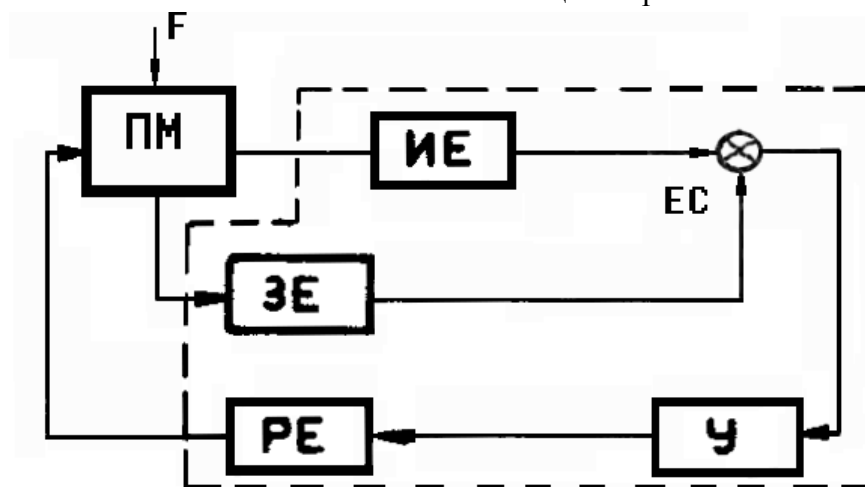
опрости и в настоящият момент има вида показан на фиг. 2. Синхронният двигател и генератора са заменени с регулируем тиристорен изправител УТИ. Последният се захранва от мрежата. При такава простота на задвижването с постояннотокови двигатели напълно закономерно се наблюдава разширение на тяхното приложение и при по-малки мощности.

Но почти аналогични опростявания претърпяха и задвижванията с променливотокови (синхронни и асинхронни) двигатели. Преди за честотно регулиране при тях също бяха необходими три мощни електрически машини. Сега са разработени мощни полупроводникови регулируеми преобразуватели на честота. Така че структурата на електрозадвижванията става като при постояннотоковите.



Фиг. .

Блок-схема на система за регулиране на скоростта на подемния двигател на подемна машина е показана на фиг. . Програмата за движение се задава от управляващото устройство, посредством задатчика ЗЕ (на фигурата е показано, че той получава информация от подемната машина ПМ, защото при някои машини има ретардиращ



Фиг. .

диск, който по същество е програматор). Информацията от ретардиращия диск се сравнява с

действителната скорост на подемния съд. Разликата се усилва от усилвателя У и се подава към регулатора РЕ. Той въздейства върху задвижването на подемната машина. По-конкретно въздейства върху управлението на управляемия тиристорен изправител УТИ от принципните схеми дадени на фиг. и фиг. . Управляващото устройство въздейства също върху спирачната система на подемната машина.

За по-голяма надеждност се поставят две независими устройства за контрол на скоростта.

За реализиране на изискванията предявявани към системата за управление, последната трябва да получава много и разнообразна информация от контролно-измерителните уреди. Основната регулируема величина – скоростта – се измерваше в по-старите подемни уредби с тахогенератори. Днес освен тахогенераторите има различни други уреди за измерване на скорост. Перспективни са датчиците измерващи скоростта чрез броене на импулси за единица време. Те се задействат от въжето на подемната уредба. Тяхно предимство е и това, че те могат да се използват и като дълбокомери (показват положението на подемния съд в шахтата). Този тип дълбокомери имат това предимство, че те могат да се нулират автоматично при всеки подемен цикъл, в горно крайно положение. По този начин се отстранява грешката която се натрупва от удължаването на въжето.

Точният дълбокомер може да се използва от системата за автоматизация за подаване на сигнал за започване на ускорителен или закъснителен период от тахограмата. Тази функция може да се изпълнява и от индуктивни или индукционни датчици, състоящи се от две части. Едната част (бобината) е монтирана на определени места в шахтата, а другата част (постоянния магнит при



индукционните) е монтирана на подемния съд. Когато елементът монтиран на подемния съд мине покрай частта монтирана в шахтата се подава импулс към управляващата система за промяна на скоростта. С такива датчици може да се сигнализира препреда на товарния съд.

Налигането на флуида в спирачната система се контролира чрез уреди за налягане. Те съдържат прагов елемент и щом налягането падне под допустимото подават сигнал за спиране на системата.

С индуктивни и взаимноиндуктивни преобразуватели се контролира износването на накладките на спирачната система.

Контролира се непрекъснато износването на подемното въже с уреди на индукционен принцип. Това дублира задължителната проверка на въжето, която прави механика на шахтата периодично.

Автоматично се контролира долно и горно ниво на бункера от който се товари скипа. Най-подходящи са радиоизотопните нивосигнализатори. За съжаление те са опасни за персонала и стремежът е да се заменят с други видове, като омически, ултразвукови и др.

Запълването на скипа с материал може да се контролира чрез тегловни дозатори. Използват се измерителни уреди с магнитоеластични и тензорезистивни преобразуватели на усилие в електрически сигнал.

Контрола на положението на шахтните врати се осъществява чрез различни видове крайни изключватели. Техния сигнал блокира или деблокира включването на задвижването на подемната машина.

Основният елемент на съвременните системи за управление на подемни уредби е компютър индустриално изпълнение, с монитор и различна друга периферия. Те са поставени в командна зала. За повече информация на машиниста на клеткови подемни уредби, на хоризонтите са поставени камери и той може да наблюдава процеса на товарене и разтоварване. Това се явява като дублиране на съществуващата система за блокировка.

## Глава осма

## АВТОМАТИЗАЦИЯ НА РУДНИЧНИЯ ВОДООТЛИВ

### **Рудничният водоотлив като обект за автоматизация**

В преобладаващата част от подземните и открити рудници съществуват водоотливни уредби. Те са важни обекти, които трябва да осигуряват безотказно отводняване на минните изработки, при възможно малки експлоатационни разходи. За удовлетворяването на тези изисквания автоматичното управление на водоотлива допринася много.

Водоотливните уредби на рудниците представляват сложни съоръжения включващи: водосборник; помпена камера; помпени агрегати; технически средства за заливане на центробежните помпи; тръбни колектори; тръбопроводи, снабдени със съответна арматура; система за електрозахранване; апаратура за автоматизация.

Обект за управление е водосборника. Основна негова характеристика е вместимостта му. Тя е константна величина. Определя се при проектирането на

рудника в зависимост от очакваното количество водоприток и от възприетия алгоритъм за управление на водоотливната уредба. На обема, както и на начина на почистване на водосборника трябва да се обръща сериозно внимание при проектирането. В противен случай те създават сериозни проблеми при експлоатацията на рудника и при избора на системата за автоматизация.

Основно смущаващо въздействие при автоматизацията на водоотлива се явява притокът на вода. Водопритокът е нестационарна случайна величина. Той се изменя в значителни граници, както за една календарна година, така и за срока на съществуване на рудника.

Изпълнителни устройства (изпълнителни механизми, регулиращи органи) се явяват помпените агрегати.

Регулируема величина е нивото на водата във водосборника. Като правило рудничните водоотливни уредби работят в цикличен режим. Включването и изключването на помпените агрегати става именно във функция от нивото на водата във водосборника. Определят се няколко характерни нива. При простите водоотливни уредби състоящи се от работещ и резервен помпен агрегат има две или три характерни нива – горно, долно и аварийно. При рудниците с обилен водоприток се контролират няколко нива – долно, горно, повишено, аварийно. При достигане на водата до горно ниво се включва един помпен агрегат. Ако нивото продължи да се покачва и достигне повишено ниво се включва следващия помпен агрегат. При аварийно ниво се включват всички помпи, както и алармената система за сигнализация на ненормален режим на работа. Когато нивото спадне до долно ниво помпите (помпата) се изключват. Когато се контролират няколко нива имаме типичен пример на многопозиционно регулиране.

През последните години се появи тенденция към използване на по-сложни алгоритми за управление на помпените станции. Обсъжда се идеята за непрекъснато изпомпване на водата от водосборника. Тя има редица предимства: намаляване на обема на водосборника от 30 до 50%; намаляване на инсталираната мощност на помпените агрегати от 35 до 75%, респективно използване на помпи с по-малка производителност; повишава се сигурността на водоотливните уредби, тъй като е установено, че около 60% от отказите възникват в момента на пускане на помпите.

Разглежданата идея се сблъсква и със сериозни проблеми. Първият проблем възниква във връзка с голямото и случайно колебание на водопритока. Това изисква помпени агрегати с възможност за регулиране на производителността им в широки граници. Това е труден проблем.

По-сложни алгоритми за управление се въвеждат и при позиционното регулиране. Основният момент при съставянето на тези алгоритми е отчитането на натоварването на енергосистемата, респективно различната цена на консумираната електроенергия. Има периоди през денонощието (напр. през нощта), когато енергосистемата е разтоварена и енергията е значително по-евтина. Целесъобразно е консуматори, чиято работа може да бъде прекъсвана, без това да се отрази чувствително на производствения процес, да се изключват в пиковите натоварвания на енергосистемата. Такива консуматори в минните предприятия се явяват водоотливните уредби. Те могат да бъдат на свободен график на работа в

течение на денонощието. Като се има предвид, че те консумират значително количество енергия, предприятията могат да направят забележими икономии.

Системата за автоматизация с отчитане на натоварването на енергосистемата работи толкова по добре, колкото по-голяма е вместимостта на водосборника. Голямата вместимост намалява влиянието на неравномерността на притока на вода.

Основен момент при съставянето на алгоритъма за управление е определянето на времето за включване на помпените агрегати, така че водата да бъде изпомпана до началото на върховите натоварвания на енергосистемата. Вместимостта на резервоара трябва да бъде такава, че до края на върховото натоварване, водата да не достига аварийно ниво.

Системата за автоматизация на водоотлива трябва да осигурява:

- автоматично заливане на помпата преди пускането ѝ в работа;
- автоматично включване в работа на поредния помпен агрегат при достигане на водата до горно ниво;
- непрекъснат контрол на температурата на лагерите, положението на шибрите, производителността на помпата (или наличието на поток на водата);
- автоматично включване на резервната помпа, ако е отказала първата включена помпа;
- възможност за дистанционно включване от пулта на диспечера и за преминаване на ръчно управление, когато има такава нужда;

блокировки забраняващи: повторно включване на отказала помпа; пускане на незалята помпа; дистанционно пускане при липса на вода във водосборника; отваряне на шибрите преди включване на помпата; изключване на помпата преди пълното затваряне на шибрите;

- сигнализация в помпената камера и при диспечера за: включване на съответните агрегати; аварийно изключване; нивото на водата във водосборника; наличие на захранващо напрежение;

- възможност за ръчно или автоматично изменение на реда на включваните агрегати и др.

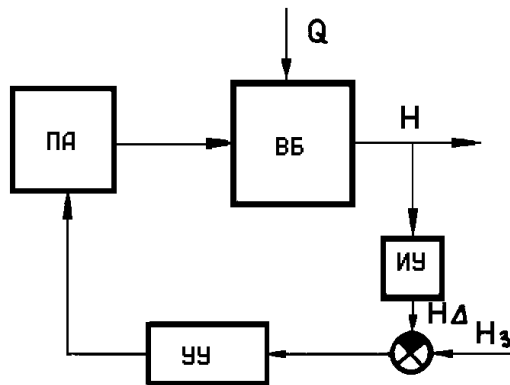
В съответствие с многообразието на хидрогеоложките и миннотехническите условия съществува голямо разнообразие от водоотливни уредби. Това е наложило и съответно и съответно разнообразие на системи и апаратура за автоматизацията им.

Ефективността от автоматизацията на водоотливните уредби се изразява в освобождаване на обслужващ персонал, намаляване на разходите за електроенергия, повишаване сигурността на помпените агрегати и увеличаване на междуремонтните им срокове.

### Системи за автоматизация на рудничните водоотливни уредби

Системите за автоматизация на водоотливните уредби зависят от вида на помпите, техния брой, от мощността на двигателите, които ги задвижват, от използваните напрежения с които се захранват двигателите, от възприетата философия за работа на системата – непрекъснато включени помпи, циклично включване по ниво, циклично включване по ниво с отчитане на натоварването на енергосистемата и др.

Въпреки различията всички системи за автоматизация на рудничния водотлив работят по принципа управление по отклонение. Това се вижда от блок-схемата



Фиг. .

Основно смущаващо въздействие е притокът на вода  $Q$  към водосборника. Нормално се контролира нивото  $H$  на водата във водосборника. Контролира се с измервателни устройства – нивосигнализатори и нивомери. Ако се възприеме непрекъсната работа на водоотливната уредба може да се мери или нивото или притокът на вода.

Когато е възприето циклична работа по ниво нивосигнализаторите се явяват и измервателно и задаващо устройство.

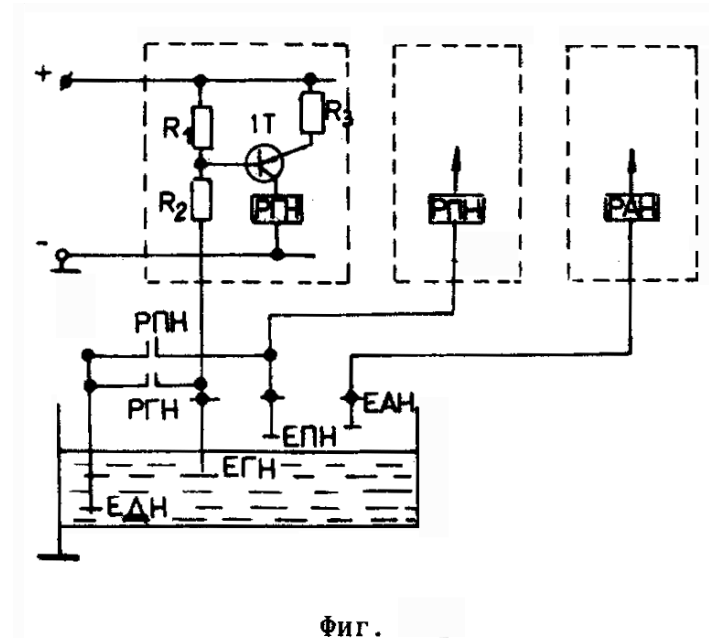
Полученият от елемента за сравнение сигнал се подава към управляващото устройство и то включва един или повече помпени агрегати. Включването се предшества от процедура по заливането на помпите (центробежните) с вода. Самият пуск на помпите е съпроводен с отварянето на шибрите на тръбопроводите.

Ако при проектирането на системата за управление е възприето тя да отчита натоварването на енергийната система, респективно цената на електроенергията, то пускането на помпените агрегати непосредствено преди пиковото натоварване на енергосистемата се включва (ако има необходимост за това) без водата във водосборника да е достигнала горно ниво. В тези периоди от време в денонощието системата работи по друг алгоритъм. Разумно е в тези случаи нивото да се контролира не с нивосигнализатори, а с нивомери. Така системата за управление ще може да отчита скоростта с която нараства нивото на водата и да прецени необходимо ли е да се изпомпва водата непосредствено преди пиковото натоварване.

#### Технически средства за автоматизация на рудничните водоотливни уредби

Автоматичния контрол на нивото на водата във водосборника може да се осъществи с различни видове нивосигнализатори и нивомери. Разпространение в минната промишленост са намерили електродните (съпротивителните), поплавковите, капацитивните и радиоизотопните нивосигнализатори. В практиката по-често се използват термините релета за ниво и датчици за ниво.

Принципна схема на електроден нивосигнализатор с електронно усилвателно стъпало е показан на фиг. . Във водосборника са поставени на различни нива четири електрода: за долно ниво ЕДН, за горно ниво ЕГН, за повишено ниво ЕПН и за аварийно ниво ЕАН. Към електроди за горно, повишено и аварийно ниво са включени едностъпални транзисторни усилватели, работещи в ключов режим. В колекторните им вериги са включени електромагнитни релета. Те с контактните си системи участват във веригите за управление и сигнализация. Резисторите  $R_1$   $R_2$  и съпротивлението на водата образуват делител на напрежение. Когато водата достигне електрода горно ниво ЕГН, транзисторът 1Т се отпушва. През релето РГН



Фиг. .

протича силен ток и то се задейства. С контактите си подава команда за включване на помпен агрегат и за съответна сигнализация. Един от контактите на релето за горно ниво РГН свързва електрода за горно ниво ЕГН с електрода за долно ниво ЕДН. По този начин транзисторът 1Т ще бъде отпушен и релето РГН включено, докато нивото на водата не стигна долно ниво. Тогава транзистора 1Т се запушва, релето РГН отпуска котвата си и помпения агрегат се

изключва. По същия начин са превключванията при достигане на повишено и аварийно ниво. В новите реализации на системите за управление, тази схема ще бъде изпълнена с програмируем контролер.

За контрол на нормалната работа на помпения агрегат е необходимо да се контролира наличието на поток, т.е. дали помпата подава вода към повърхността. Този контрол се осъществява с датчици (сигнализатори) за поток или разходомери (виж. Методи и уреди за измерване разход на флуиди). Датчиците за поток са релейни устройства, които се задействат от движението на флуидния поток.

Необходимо условие за пускането на центробежните помпи е предварителното им заливане с вода. При автоматизирания водоотлив тази операция трябва да се извършва автоматично. В минната промишленост се прилагат следните начини за заливане: непрекъснато заливане на помпите, чрез използване на потопяеми помпи или разполагане на помпената камера под нивото на водосборника; използване на акумулаторни съдове запълвани предварително с вода от помпите; заливане на вода от напорния тръбопровод; използване на помощни помпи и др. Контролът на заливането на помпите се реализира чрез контактни манометри, наричани още релета за налягане или чрез електродни датчици.

В много страни е възприет задължителен контрол на температурата на лагерите на помпените агрегати. За целта се използват терморезистивни преобразуватели. Най-често се използват полупроводникови терморезистори. Особено подходящи са позисторите. На тяхна база са разработени многоточкови уреди за контрол на температурата. С тях се контролират лагерите, пък и електродвигателите на всички помпени агрегати на помпената станция.

В миналото, пък и до сега се дава предпочитание на една твърде проста електромеханична система, състояща се от контакти притискани от пружинка. Пружинката се държи в напрегнато състояние благодарение на щифт от Вудова сплав. Последната се разтапя при точно определена температура. При нарастването на температурата на лагера щифтът от Вудова сплав се разтапя, пружинката се отпуска и се отварят или затварят контакти. Съответно прекъсват или включват електрически вериги.

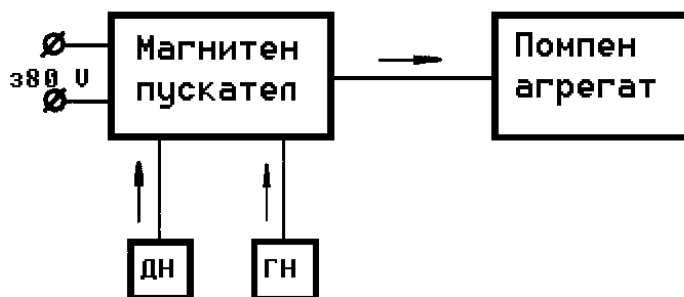
При недопустимо нарастване на температурата на лагерите съответния помпен агрегат се изключва принудително и системата включва изправен агрегат и подава алармен сигнал с индикация на таблото за управление, кой лагер е загрял.

За оценка на ефективната работа на помпените агрегати, респективно за определяне на времето за ремонт е необходимо да се измерва техния к.п.д. Има разработени автоматични системи за измерване на к.п.д. енергопреобразуващи агрегати, каквито са водотливните уредби (преобразуват електрическата енергия в кинетична и потенциална енергия на водата). Тези системи са относително скъпи, защото включват доста измерителни уреди и микропроцесорно изчислително устройство.

Основен елемент на системата за управление на водоотливната уредба е блокът за управление. Той реализира алгоритъма за работа на водотлива. Както вече стана ясно това е последователност от логически операции за пускане спиране, превключване, сигнализация, в зависимост от постъпващата от контролно-измерителните уреди (датчиците) информация. Днес основен елемент на блока за управление е програмируем контролер.

Разбира се съществуват малки помпи за локално отводняване с много просто устройство. Блок-схема на такава система е показана на фиг. . Датчиците за долно (ДН) и горно (ГН) ниво директно въздействат на магнитния пускател за включване и изключване на помпения агрегат.

#### Глава девета



Фиг. .

## АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ВЕНТИЛАЦИОННИТЕ СИСТЕМИ

### Вентилационните системи като обект за автоматизация

Проветряването на подземните и открити рудници е един от сериозните проблеми на минно-добивната промишленост. Трудностите нарастват с увеличаване на дълбочината на рудниците, с концентрацията и интензификацията на производството.

Рудничната вентилационна система включва главния вентилатор на рудника със съоръженията за подаване на струята и възможности за реверсирането ѝ, при случаи на нужда, рудничните вертикални, хоризонтални и наклонени изработки с вентилационните врати и други съоръжения за насочване и регулиране на струята, вентилаторите за местно проветряване

Като обект за автоматизация рудничната вентилационна система се характеризира с параметри разпределени в пространството и променливи във времето (с развитието на рудника). Част от тези параметри са случайни величини (напр. температура и химичен състав на въздуха), а други се изменят по определен ред и могат точно да бъдат прогнозирани (напр. геометричните размери на изработките и разположението им в пространството). Вентилационната система е сложен обект за управление. Сложността и се определя от:

- сложната взаимовръзка на процесите при регулиране разпределението (разхода) на въздух по изработките;
- изменението на топологията и параметрите на вентилационната система във времето.
- сложните и даже противоречиви динамични връзки между входното въздействие – регулирането (промяната) на количеството въздух подавано към участъка, изработката, фронта, забоя – и множеството изходни параметри на обекта, които са обект (цел) на регулирането – концентрацията на метан, въглероден окис, прах и др.;
- стохастичния характер на процесите;
- разсъсредоточеността на регулиращите устройства и липсата на универсални такива;
- големия брой и разсъсредоточеност на датчиците, използвани за контрол на параметрите на рудничната атмосфера, което усложнява системата за събиране и предаване на информацията;
- сложният химичен състав на рудничната атмосфера, който изисква различни видове датчици за контрол на състава ѝ;

Трябва се подчертае дебело една особеност на рудничната вентилационна система, която създава проблеми, както при проектирането, така и при експлоатацията на системата за управлението ѝ. Вентилаторите за централно проветряване се избират по гранични параметри на рудничната вентилационна система, т.е. по крайните стойности на еквивалентния отвор и съпротивлението на вентилационната мрежа, които се постигат след период от 10-15 и повече години експлоатация на рудника. Това означава, че за целия период на служба на рудника се налага изменение на необходимото количество въздух от 1,8 до 2 пъти. Ако не се регулира количеството въздух произвеждано от вентилатора, предприятието ще

губи значими средства от неикономичен режим. При подземния добив на полезни изкопаеми от 15 до 30% от разходите на рудника за електроенергия отиват за вентилация.

Това че част от контролно-измерителните и регулиращи уреди на системата за автоматизация ще се монтират в продължение на много години в зависимост от прокарването на минните изработки, също създава проблеми. За такъв дълъг период от време се променят съществено произвежданите контролно-измервателни уреди.

Като обект за автоматизация рудничната вентилация отдавна привлича вниманието на специалистите. Извършена е обемна изследователска работа. Но не може да се каже, че проблемите са решени. Във водещите страни с развита минна промишленост са внедрени масово системи за непрекъснат автоматичен контрол на рудничната атмосфера, с елементи на регулиране. Тук трябва да прибавим и това, че рудниците са нестандартни обекти за управление и вентилационната система на всеки рудник е неповторима, със своите специфични особености.

Автоматизацията на проветряването си затруднява и от необходимостта от голяма сигурност на системата. Отказа на системата за управление застрашава живота на миньорите, нараства вероятността от възникване на руднични пожари и експлозии в рудниците опасни по газ и прах.

Системите за автоматично управление на проветряването трябва да изпълняват следните функции:

- събиране и предаване на информация за състоянието на рудничната атмосфера;
- анализ на получената информация, формиране на управляващи въздействия и реализирането им;
- изобразяване на информацията за състоянието на рудничната атмосфера.

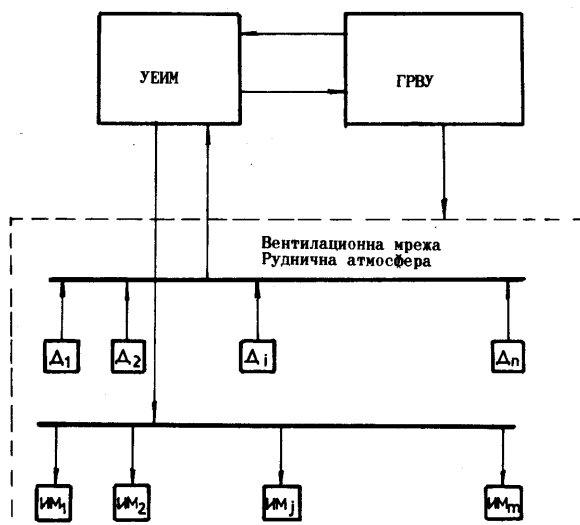
### Система за управление проветряването на рудника

Характерна особеност на рудничната вентилационна система е наличието на вентилатор за централно проветряване. Този факт налага централизирана система за управление. Има вентилатори за местно проветряване, които имат автономен

характер, но са част от цялата вентилационна система.

Една силно опростена система за управление на рудничната вентилация е показана на фиг. . Тя съдържа подсистема за събиране на информация за състоянието на рудничната атмосфера, обхващаща датчиците  $D_1 \dots D_n$  и подсистема от органи за регулиране, обхващаща изпълнителните механизми  $ИМ_1 \dots ИМ_m$ .

Информацията от контролно-измервателните средства постъпва в управляващия компютър УЕИМ и

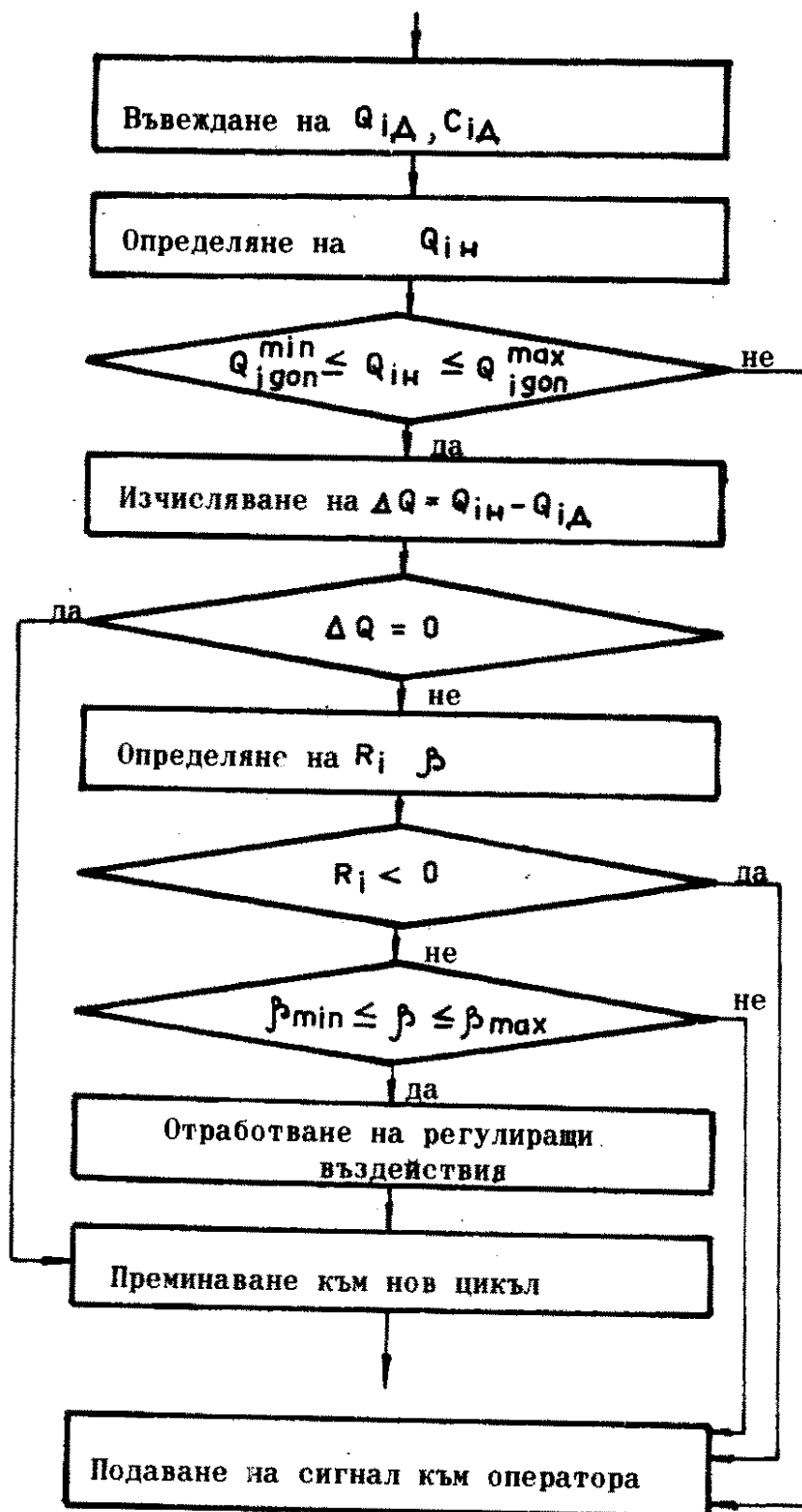


Фиг. .



се обработва по предварително зададен алгоритъм. Част от получените резултати се запамятват за определен период от време. Информацията и резултатите от обработката ѝ могат да се визуализират по желание на оператора. В зависимост от състоянието на рудничната атмосфера и на главната руднична вентилационна уредба се формират регулиращите въздействия. Те се подават към изпълнителните механизми и регулиращите органи, които осъществяват преразпределението на количеството въздух по отделните изработки.

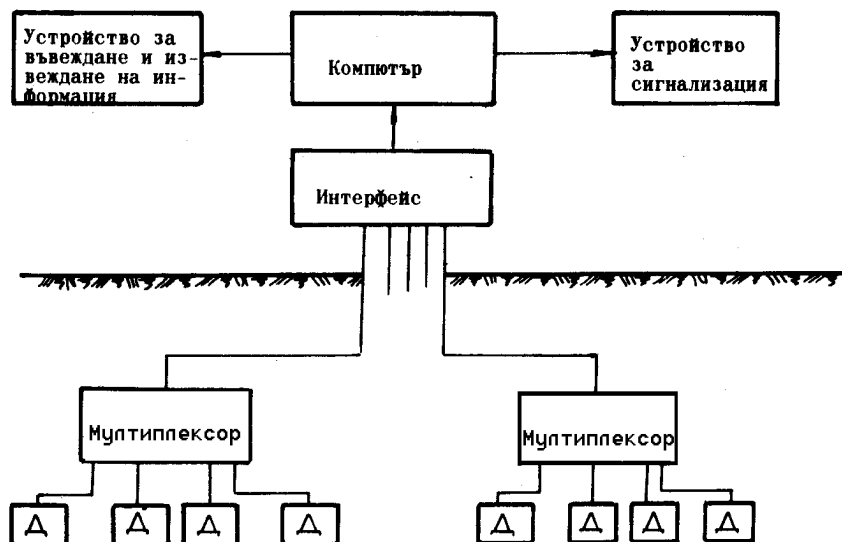
Принципът на работа на системата ще бъде пояснен на основата на един силно опростен алгоритъм, показан на фиг. . От датчиците постъпва информация за разхода на въздух, съдържанието на метан, въглероден окис и други контролируеми параметри на рудничната атмосфера в I-тата изработка. Управляващия компютър пресмята необходимия разход на въздух въз основа на заложи данни (съществуващи норми) за безопасна работа.



Фиг.

## Информационно-измерителни системи за контрол на рудничната атмосфера

Системите за контрол на рудничната атмосфера се произвеждат серийно от много години. Те доказаха своята ефективност. Произвеждат се от много страни. Макар че имат и някои различия произвежданите от различни производители си приличат по структура и по възможности. Структурата им е показана на фиг. .



(Показаната структура е на системата CGA-OLDHAM).

Информацията за състоянието на рудничната атмосфера се получава от датчиците Д. Те измерват: метан ( $\text{CH}_4$ ), въглероден окис ( $\text{CO}$ ), кислород ( $\text{O}_2$ ), скорост на въздуха, температура, налягане и други величини,

характеризиращи рудничната атмосфера.

Датчиците от системата освен, че подават сигнал към мултиплексорите и от там към компютъра на системата, са с цифров дисплей за местно отчитане, устройство за калибриране и бутон за местен контрол. Те могат да се захранват, както местно, така и централно. Захранването се осъществява по искробезопасни вериги.

Датчиците се свързват към мултиплексорите, които представляват устройства за последователното им превключване към компютъра. Към всеки мултиплексор се включват по определен брой датчици (4,8,16). Връзката между датчика и мултиплексора е кабелна. Разстоянието може да бъде до три километра.

Сигнала между мултиплексора и интерфейса на компютъра се осъществява по двупроводна връзка. Разстоянието може да бъде до 10 км.

Подадената в компютъра информация се обработва от заложените в него работни програми. Получената информация се визуализира на монитор. Може да се разпечатва. В случаите, когато в някоя контролируема точка се достигне до гранична стойност на измерваната величина се включва сигнализацията (звукова и светлинна). Когато е достигната гранична стойност на съдържанието на метан, системата може да изключва електрозахранването на застрашения участък.

## Технически средства в системите за автоматизация на проветряването

Както във всяка система за автоматизация и тук основните технически средства са контролно-измерителните уреди, управляващите устройства, изпълнителните механизми и регулиращите органи. В системите за автоматизация на проветряването, наред с уреди с общопроемишлено предназначение (но в руднично нормално или взривозащитено изпълнение) се използват и някои специфични устройства, характерни само за тези системи.

Контролно-измерителните уреди се използват за измерване на величини характеризиращи състоянието на рудничната атмосфера, величини характеризиращи работата и състоянието на машини и съоръжения свързани с проветряването.

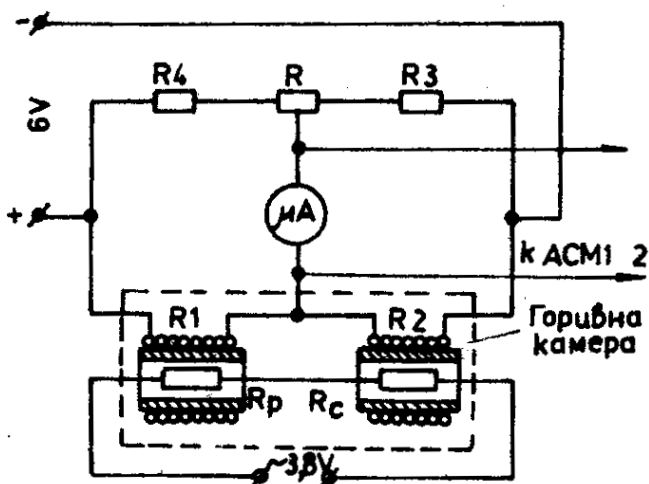
За контрол на състоянието на вентилационни врати, шибри и на други подобни съоръжения се използват крайни изключватели.

Разходът на въздух и депресията на главните руднични вентилатори се измерва с диференциални манометри, в комплект с вторични уреди. Вторичните уреди показват и записват (запамятват) показанията. Те могат да бъдат разположени на местото на измерване и/или в командна зала при диспечер.

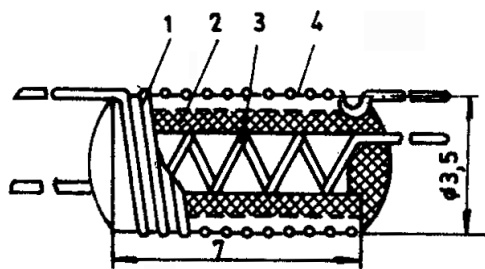
За контрол на температурата на лагерите и електродвигателите се използват уреди за едноточков и многоточков контрол, най-често изпълнени с полупроводникови терморезистори. Нормално имат три режима на работа: нормален, предупредителен и аварийен. При достигане на температурата до предупредителния праг, системата подава предупредителен сигнал. При достигане на прага на аварийните стойности изключва съответното съоръжение. Сигналите за нормален, предупредителен и аварийен режим са изнесени в диспечерната, за всяко контролирана точка.

За контрол на смазването на главните вентилатори се използват контактни манометри.

Измерването на концентрацията на метан в рудничната атмосфера може да става на основата на различни физични принципи. Сравнително голямо разпространение са намерили термокаталитичните анализатори на метан. Те измерват повишаването



на температурата в резултат на каталитичното горене на измервания компонент (в случая на метана) на газовата смес върху чувствителния елемент.



Фиг. .

Двата преобразувателя имат еднаква конструкция (фиг. ) и са поставени при еднакви условия. Разликата помежду им се състои в това, че върху активния е нанесен слой от платино-паладиев катализатор, върху компенсационния не е нанесен.

Конструкцията им се вижда фиг. . върху платино-паладиевият катализатор 4, нанесен Върху повърхността на цилиндъра от алуминиев окис 2 са навити платинени термосъпротивления 1. Вътре в цилиндъра е монтиран нагревател нихромова спирала 3. Само върху цилиндъра на активния преобразувател е нанесен платино-паладиев катализатор 4. Метанът гори при  $633 - 673^{\circ}\text{K}$ . Загриването на катализатора се осъществява от нагревателя 3. Метанът от атмосферата изгаря безпламъчно върху преобразувателя. Полученият топлинен ефект е пропорционален на концентрацията на метан в рудничната атмосферата. Отделената при каталитичното горене топлина повишава температурата на преобразувателя и съпротивлението на резистора R1, включен в едното рамо на измерителния мост. Върху компенсационния преобразувател не се получава каталитично горене, респективно повишаване на температурата от наличието на метан.

Когато във въздуха не се съдържа метан, двата термопреобразувателя R1 и R2 са поставени при еднакви условия и мостът на измерителния уред е в равновесие. Когато се появи метан във въздуха, той изгаря върху катализатора и нагрива активния резистор. Мостът се разбалансира. През измерителния диагонал протича ток, пропорционален на съдържанието на метан във въздуха. Уредът се градуира в процентно съдържание на метан. Нулирането на уреда става чрез потенциометъра R.

За измерване на концентрацията на газове намират приложение и други видове преобразуватели. Разпространени са абсорбционните оптични газоанализатори. Те се основават на поглъщането на светлината преминаваща през газова среда в инфрачервената, ултравиолетовата и видимата част. Свойството да поглъщат инфрачервените лъчи имат всички газове, които съдържат в молекулата си два и повече различни атоми, като въглероден двуокис ( $\text{CO}_2$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ) и др. При това всеки газ поглъща инфрачервеното излъчване в характерна за него част от спектъра. Това различие в спектъра на поглъщане позволява избиращия анализ (селективно измерване) на даден компонент в сложна газова смес.

За използване на концентрацията на кислород се използват потенциометрични (гальванични) и магнитни кислородомери. Потенциометричните кислородомери имат

за основа електрохимични преобразуватели. Състоят се от два електрода – измерителен и спомагателен – потопени в твърд или течен електролит. Електролитът поглъща кислорода от анализираната газова смес, в резултат на това се генерира е.д.н. между електродите. Големината на генерираното е.д.н. е пропорционална на концентрацията на кислород в газовата смес.

За непрекъснат контрол на скоростта на въздуха в минните изработки се използват анемометри с електрически изходен сигнал. Разпространение са намерили термоанемометрите и анемометрите с осова и тангенциални турбинки.

При термоанемометрите първичния преобразувател представлява терморезистор(и) загряван(и) от източник на ток. Степента на загряване (температурата му/им) зависи от интензивността на охлаждането му(им). А охлаждането се явява функция на разликата между температурите на резистора и въздуха, на скоростта на движение на въздуха и на неговата плътност. Ако другите фактори се стабилизират, а остане променлива само скоростта, то температурата на терморезистора, респективно неговото съпротивление ще се явява функция единствено на скоростта. Терморезистора (или терморезисторите) се включва(т) в измервателен мост. По разбалансирането на моста се съди за скоростта на въздуха.

При турбинните анемометри турбинката се задвижва от въздуха. Въртенето на турбинката се преобразува в електрически сигнал. Това може да стане чрез тахогенератор задвижван от турбинката. По-висока чувствителност се получава когато се използват фотопреобразуватели. Турбинката, при въртенето си прекъсва лъча между светодиода и фотопреобразувателя. Така се получават импулси. Те се броят за фиксирано време и полученият брой е пропорционален на скоростта на въртене. Този сигнал много лесно се преобразува в цифров и това е съществено негово предимство.

Фотопреобразувателите са чувствителни към запрашаването на рудничната атмосфера. Те могат да бъдат заменени с индуктивни, индукционни и други видове преобразуватели.

Изпълнителните механизми се прилагат при управление на производителността на рудничните вентилатори, чрез направляващия апарат, при устройствата за реверсиране на струята, при устройствата за преразпределение на въздуха в рудничните изработки и др.

Регулиращи органи се използват за регулиране производителността на главните вентилатори, за регулиране хидравличното съпротивление на минните изработки и др. Един от начините за регулиране на производителността на главните вентилатори е чрез завъртане на лопатките на направляващия апарат. В този случай последният играе ролята на регулиращ орган. Този начин на регулиране води до намаляване на к.п.д. на вентилатора и за в бъдеще ще намира все по-малко приложение.

Проблемен е въпросът с разработването и производството на регулиращи органи за регулиране на хидравличното съпротивление на минните изработки. Класическата конструкция на шибри и вентили не подходяща за случая. По ефективни се считат диафрагмените шибърни устройства.

## АВТОМАТИЗИРАНИ СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНИ ПРОЦЕСИ

Постоянното и прогресивно увеличаване на количеството информация необходимо за формиране на управленческо решение в производствените системи, налага широко използване на съвременна техника и икономико-математически методи за планиране и научна организация на управленческия процес. За тази цел се създават автоматизирани системи за управление на различни нива. Автоматизираните системи за управление представляват комплекс от взаимосвързани технически средства, управлявани въз основа на административни и икономико-математически методи от екип от хора за осъществяване на оптимално управление в различни сфери на човешката дейност. Въз основа на информацията за състоянието на обектите за управление и зададения критерий за ефективност, при отчитане на съществуващите ограничения и чрез подходящ избор на управляващи въздействия се постигат оптимални работни режими.

Автоматизираните системи за управление представляват човеко-машинни системи. В тях централно звено е човекът. Той избира критериите, формира целите и прави окончателния избор на решенията.

Обект на автоматизираните системи за управление могат да бъдат икономически, социални, производствени и други предприятия (институции). Обект на нашето разглеждане са системите за управление на технологични процеси на равнище на производствена единица (участък, рудник, комбинат, цех фабрика, фирма и др.). За разлика от разгледаните до тук системи за управление, които включваха чисто производствени процеси, тук се прибавя и административно-стопанската дейност. Без нея не може да протичат нормално производствените процеси.

Системите за управление на производството в развитието си преминават през следните етапи:

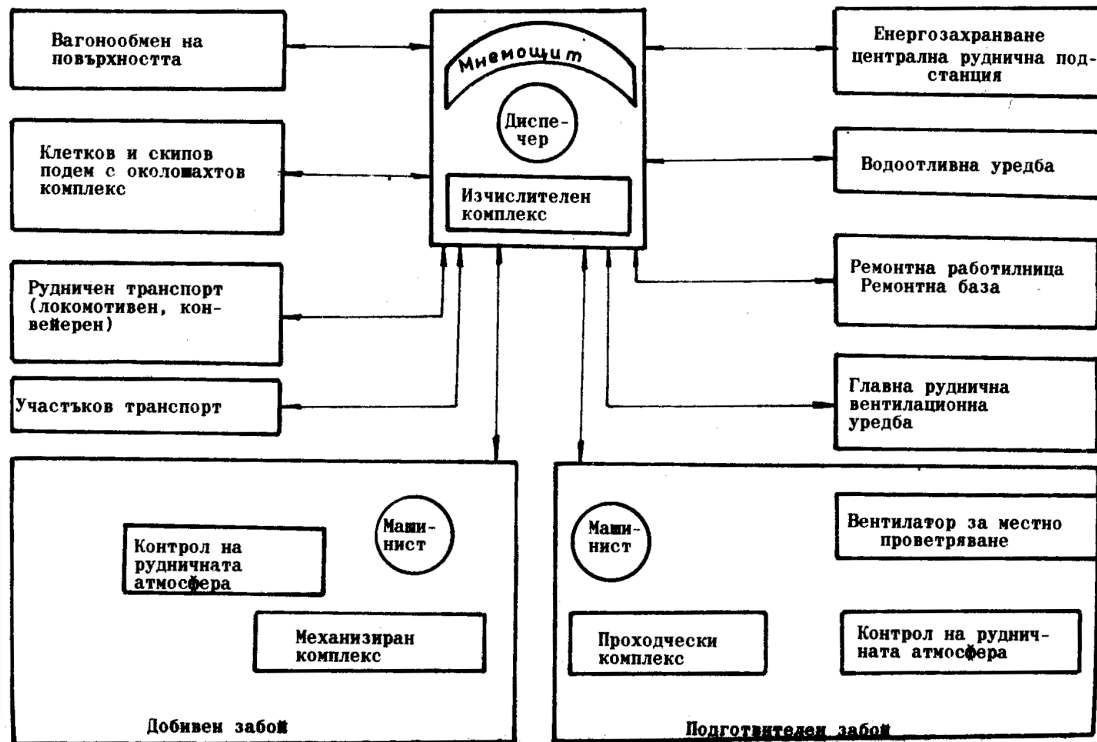
1. Информационно-справочни системи, при които управлението на производството се взема от диспечер. Той взема решения въз основа на информацията, изобразена на мнемощита на системата или получавана по телефона.

2. Информационно-съветващи системи. При тях командите за управление също се вземат от диспечера, но информацията, която той получава се обработва от компютър. Преди да вземе решение диспечерът може да се обърне за съвет към компютъра. В компютъра могат да бъдат заложили системи с изкуствен интелект – експертни, на базата на невронни мрежи.

3. Информационно-управляващи системи. При тях управлението на процесите е от компютър. Диспечерът само ги следи на екран и се намесва при необходимост. Трябва да се отбележи, че когато системите за управление включват и административно стопанската дейност, не всичко може да автоматизира напълно.

Представа за оперативно-диспечерска система на информационно-съветващо ниво е показана на фиг.10.1. Дадената система е за подземен въглищен рудник. Различните обекти за управление са дадени на схемата. Част от производствените обекти диспечерът управлява сам, използвайки системи за телесигнализация,

телеизмерване и телеуправление. Други обекти диспечерът управлява чрез оператори намиращи се на пултовете за управление на тези обекти.



Фиг. 10.1

#### Подсистема за управление качеството на добитото полезно изкопаемо

Качеството на полезното изкопаемо се характеризира с съвкупност от свойства, които удовлетворяват определени изисквания. Основният параметър, характеризиращ качеството е съдържание на полезния компонент (или компоненти). Освен това полезното изкопаемо съдържа редица други съставки и се характеризира с химичен състав, физико-механични, структурно-тексурни и други свойства. Те предопределят технологията за обработката му по-нататък за извличане на желаните съставки.

Полезното изкопаемо трябва да се разглежда в две състояния – в масива и след отделянето му от масива. В първото състояние качеството на полезното изкопаемо зависи от неговата природна даденост. Във второто състояние качеството на полезното изкопаемо зависи още от техниката, технологията и организацията на работата при добиването му. Определящо е качеството на полезното изкопаемо в масива. Информацията за разпределение на качествените показатели на полезното изкопаемо в обема на рудното тяло или пласта е необходимо условие за изграждане на система за управление на качеството. Тази информация се получава от геоложкото проучване на находището. Въз основа на нея се създава информационната база на системата за управление на качеството. На нейна основа се построява цифров модел на находището. Този модел дава разпределението на качествените показатели на полезното изкопаемо в обема на залежа. Цифровия



модел на находището се въвежда в паметта на управляващия компютър на по-високите йерархични нива - оптимизация, оперативно планиране, стратегическо планиране на системата за управление. От тези нива се управлява (разпределя) добива по забои и фронтове (в пространството на находището) за да се получи полезно изкопаемо с желани осреднени показатели.

В рудниците с равномерно разпределение на полезните компоненти по цялото находище задачата е относително лесна. Тя се усложнява когато полезните компоненти, като процентно съдържание, са неравномерно разпределени в находището. Именно тогава се усложнява управлението на ниво оптимизация и по-нагоре. Особено нарастват проблемите, когато някоя от добивните машини излезе временно от строя. Тогава на нивата оптимизация и оперативно планиране трябва да се преразпределя добива за да се получи същото осреднено съдържание на полезното изкопаемо.

Системата за управление на качеството е непосредствено свързана със системите за управление на добива, транспорта и складирането на полезното изкопаемо. По същество това е системата за управление на добивно-транспортните работи. Съществен елемент на тази система са уредите за определяне на металното съдържание (полезния компонент) на рудите и пепелното, сярното, фосфорното съдържание на въглищата.

Уредите за определяне на веществен състав биват преносими и стационарни. Преносимите уреди се носят от оператори и с тях се определя веществения състав на рудните тела непосредствено в масива. Така може да се оконтурява границата на изземване на полезното изкопаемо. Най-напред такива уреди започнаха да се прилагат при добива на уранова руда. Там проблемът е лесно решим, защото за целта се използват Гайгер-Мюлерови броячи. Те работят на принципа на измерване интензитета на йонизиращото лъчение при ядрения разпад.

През последните десетилетия бяха разработени такива преносими уреди за измерване на металното съдържание на други руди. Те се основават на рентгено-спектралния анализ. Атомите на анализираното вещество се възбуждат посредством йонизиращо лъчение, излъчвано от специален източник. Възбудените атоми от своя страна излъчват вторично лъчение. Енергията на това лъчение е характерна за всеки химичен елемент. По енергията на това лъчение се съди за елемента който го излъчва, а по броя на излъчваните частици – за концентрацията на дадения елемент в пробата.

Стационарните уреди за контрол на химичния състав се поставят над товарния клон на гумено-транспортните ленти или на места под които преминават натоварените с полезно изкопаемо вагонетки. По показанията на тези уреди рудата с много ниско метално съдържание може да се отклонява и да не отива за обогатяване. По показанията на тези уреди и кантарните устройства може да се прави баланс на полезния компонент в добитата руда за определен период от време.

#### Подсистема за контрол и управление на поведението на скалния масив

Контролиране поведението на скалния масив около минните изработки се налага основно от съображения за сигурност. Но то е свързано също с избора на

технология за закрепване, както и с определяне на времето за полагане на крепежа, с цел максимално мобилизиране носимоспособността на скалите. Всичко това изисква разработването на технически средства и информационни технологии, доставящи и обработващи информация, за състоянието на масива около прокараните минни изработки.

Новопрокараното изкопно съоръжение нарушава съществуващото равновесие в масива. В известна област около него протича преразпределение на напреженията, предизвикващо деформационни процеси. Как ще се развият във времето, докъде и какви стойности ще имат деформациите в пространството, зависи от характера и големината на напрегнатото състояние и якостните свойства на скалите. При това и двата фактора се изменят във времето и пространството. Така последователно във времето и пространството се образуват зони с различна стойност и характер на деформациите. Особен интерес за крепенето с активни крепежни конструкции, представлява 3-та зона. При нея носимоспособността на масива е запазена, но големите усилия създавани от еластичната деформация, които излишно натоварват крепежа, са вече отминали. Деформациите са пластични, но не се наблюдават пукнатини, т.е. якостните свойства на скалите са запазени.

Определянето на деформациите и напреженията може да стане теоретично, но използваните методи и хипотези не винаги дават реални резултати. Причините за това се крият в голямото разнообразие на природните условия, в които залягат полезните изкопаеми. Това изисква прилагането на комбиниран теоретико-експериментален метод, при който напреженията се определят на базата на измерване на деформациите, предизвикани от тях. При определяне на напреженията и на тази база необходимостта от крепене и вида на крепежа, съществена роля могат да играят методите на изкуствения интелект. Както е известно те се използват в случаите на непълна информация, при несигурност и неточност на данните. А случаят при контрол на поведението на скалния масив е именно такъв. Даже при един и същи вид вместиращи скали якостните свойства на масива зависят от тяхната напуканост, влажност, изветрялост и т.н.

Опирайки се на такава постановка на проблема, могат да се дефинират следните задачи за измерване, обработка на получената информация и предлагане на решения от техническа система:

1. Измерване с цел уточняване характеристиките на крепежната конструкция и технологията на закрепване по време на прокарането на изработките. За максимално мобилизиране носимоспособността на скалите, при прилагане на активни крепежни конструкции, е желателно да се спре развитието на деформациите преди да се появят пукнатини. Определяйки теоретично максималната деформация, предизвикана в резултат на развитието на трета зона, измервайки реалната деформация и съпоставяйки двата резултата, може точно да се определи времето за поставяне на постоянния крепеж.

2. Измервания с цел оперативен контрол на състоянието на масива около минните изработки, с който се цели безопасна работа в рудника.

3. Измервания с цел определяне действителните стойности на параметрите на масива, влизащи в изразите за определяне на деформациите и радиусите на отделните зони.

4. Обработка на получената от измервателната система информация. Обработката може да бъде на различни нива. Първото ниво - първичната обработка на измервателните сигнали, се извършва в самите измервателни уреди или в компютър. По-нататък получената информация съпоставена с резултатите от теоретичен модел на деформационното състояние на масива около минните изработки може да се използва за корекция на параметрите на скалния масив, респективно на теоретичния модел. Измервателната информация, в съчетание със съвременни информационни технологии, може да се използва за оценка на състоянието на скалния масив около изработките и да се предлагат технологични решения.

За измерване на деформациите са необходими точни и надеждни измервателни уреди. Уредите трябва да измерват премествания в зададени диапазони. Необходимо е да се определя първата и втората производна на деформациите, защото дават информация за тенденцията на процеса към затихване или към обрушаване. Това ще позволява далеч преди приключването на процеса да се предвиди неговия характер.

Максималните премествания, характерни за изработки в меки скали, достигат до 0,2 m. В твърди скали тези премествания са до 0,002 m. Тази голяма разлика налага използването на уреди с различни обхвати за скални масиви с различна якост.

Подземните рудници и по-специално рудниците опасни по газ и прах налагат някои специфични изисквания. Най-напред за всички рудници изпълнението трябва да бъде руднично нормално (РН), а за въглищните рудници опасни по газ и прах трябва да бъде руднично взривобезопасно (РВ). Изисква се първичния преобразувател на уреда да може да се монтира в размерите на взривна дупка. Очевидно не могат да се използват уреди общопромислено изпълнение.

От методите за обработката и представяне на информацията за разглеждания случай – контрол на поведението на скалния масив около минните изработки – особен интерес представляват методите на изкуствения интелект. В настоящия момент тези методи се делят на две големи групи: логически методи и собствени методи.

Логическите методи, които представляват формални логически системи, са възникнали преди появата на научното направление Изкуствен интелект. Собствените методи, а именно: невронните мрежи, генетичните алгоритми, размитите системи, се появяват в процеса на развитието на изкуствения интелект.

Обобщено може да се каже, че логическите методи, които са в основата на експертните системи, са по-пълно развити. Техническа система за измерване на деформациите в масива около изработките добре хармонира с експертна система, използваща база от знания на специалисти в областта на скалната механика и минните технологии. Техническата система доставя данни за моментното състояние. При необходимост тези данни претърпяват първична обработка (напр. намиране на първата и втора производна на деформациите и др.) и в подходяща форма се представят и съпоставят със систематизираната база знания на експерти. На такава основа се предлагат решения.

**Контролът на поведението на скалния масив може да се разглежда и като задача от разпознаването на образи, по-специално на индустриални ситуации. В този случай се въвежда набор от признаци (симптоми), с които се**

**характеризира скалният масив с прокараните в него минни изработки. Въвежда се и множество на класовите образи. Обработката на информацията се осъществява с невронна мрежа.**

В качеството на признаци се въвеждат модулът на еластичността, коефициентът на Поасон, напреженията, деформациите, честота на звуковите сигнали (пуканията) от геофоните и др.

Особен интерес представляват хибридните методи на изкуствения интелект. Невронните експертните системи съчетават предимствата на експертните системи с възможностите на невронните мрежи за самообучение. В случая експертните знания се въвеждат в невронни мрежи.

За разработването на експертна система екипът трябва да бъде съставен от технолози специалисти в областта на минния натиск и скалната механика, програмисти специалисти в областта на програмните продукти за обработка на знания (използващи програмните езици Лисп, Пролог и др.), инженери специалисти в областта на информационно-измервателната техника.

Екипът трябва най-напред да формира базата данни и базата експертни знания.

В базата данни трябва да влязат данни за масива в обема на който ще се развиват минните работи. Тук се включват якостните характеристики на скалите получени на базата на геоложките проучвания. Имат се предвид данни като: модул на еластичност, коефициент на Поасон, плътност, гранични стойности на нормални и тангенциални напрежения, електрическо съпротивление, магнитна проникваемост и т.н. Тези параметри се задават за фиксирани обеми от масива и са уточнявани непрекъснато с напредването на минните работи

На базата на съществуващите теории за определяне на напрежението в скалния масив се определя напрежението и стойността на деформациите във всяка точка на масива. Специално трябва да се отбележат границите на напреженията, при които деформацията преминава от зоната на еластичните в зоната на пластичните деформации.

В базата данни трябва да влязат още проекта на рудника – изработките с техните параметри.

Въз основа на посочената до тук информация се прави предварителен (теоретичен) пространствен модел на напрегнатото състояние на рудника.

Към базата данни трябва да се прибавят още видовете крепежи с техните характеристики.

Базата знания се формира чрез извличане на знания от експерти.

Експертната система оценява ситуацията в момента на започване разработването на рудника. С разработването на рудника базата данни се попълва от маркшайдерските замервания и от информацията, която постъпва от информационно-измервателната система (ИИС). Предвижда се информацията от ИИС да съдържа данни за деформацията на стените на изработките в характерни точки, скорост на нарастването на тези деформации (динамика на процеса), информация от геофоните, информация за напрежението в масива получена на базата геофизични методи на измерване.

Съпоставяйки реалните данни с тези получени в модела на напрегнатото състояние на рудника, системата регистрира отклоненията. На тази основа търси причините и предлага решения от рода на трябва ли да се смени видът на крепежа

даден по проект, в кой момент да се крепи за да се използва максимално носимоспособността на масива и т.н.

На фиг.1 е даден общ вид на концепцията на експертна система за контрол на поведението на скалния масив около минните изработки. От фигурата се добива представа как функционира системата.

Както се вижда и от фигурата основната, стартовата информация, която трябва да съдържа всяка експертна система са базата данни и базата знания. Те се вкарват в системата посредством потребителския интерфейс. За всеки отделен случай те се допълват за конкретния рудник и непрекъснато се обогатяват с неговото развитие във времето и пространството.

Рудниците могат предварително да се типизират и това да е залегнало в основата на системата. На базата на получената информация за конкретния рудник, той може да се отнесе към конкретен тип. Това би опростило по-нататък функционирането на системата, защото ще насочи системата каква теория за оразмеряване да избере за конкретния случай, какви измервателни уреди (като измервателен диапазон) да се използват и др.

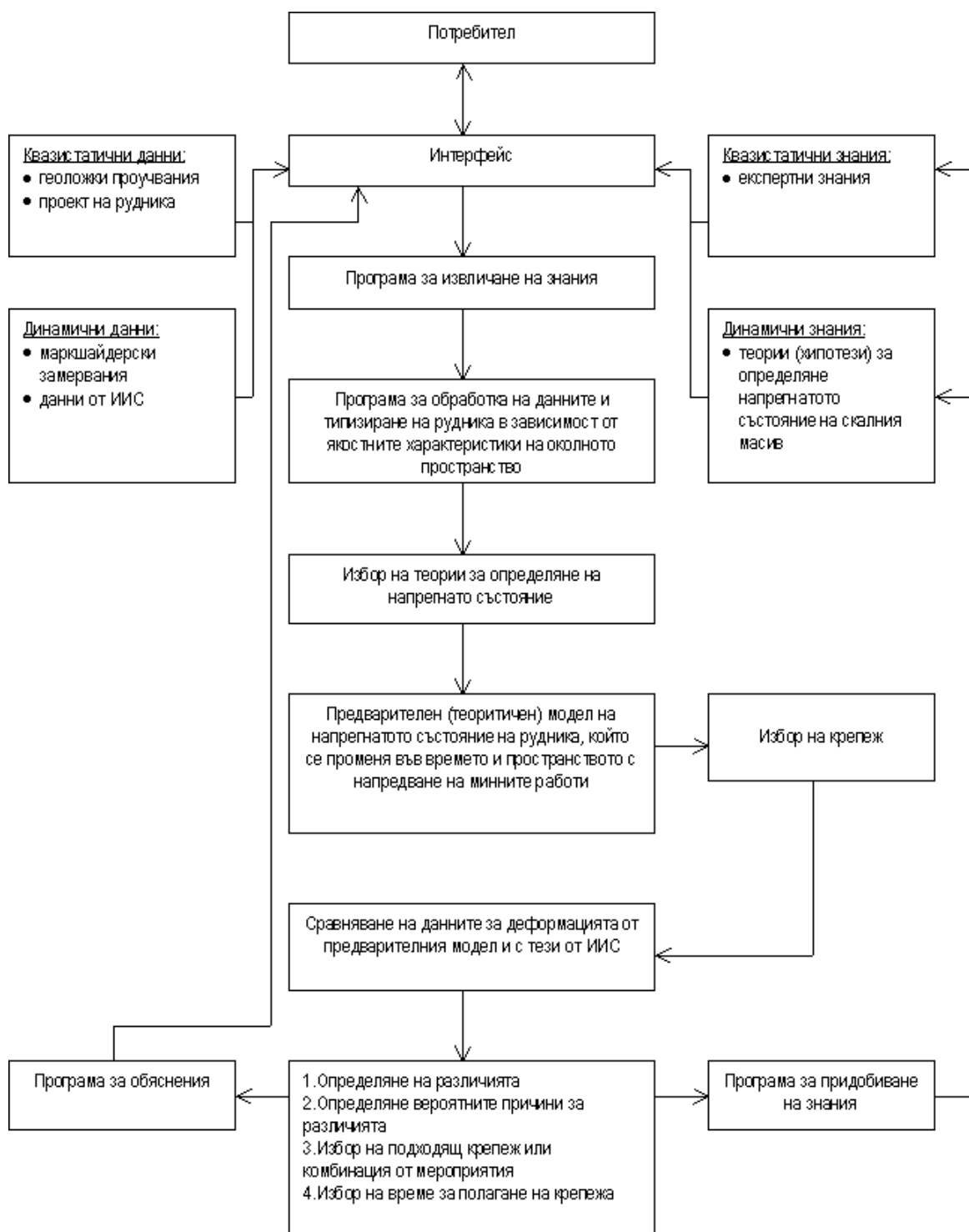
По-нататък се съставя предварителния (теоретичен, на етапа на проектирането на рудника) модел на напрегнатото състояние на рудника. Този модел се променя във времето и пространството с напредването на минните работи. На базата на този модел се прави избор на проекта за крепеж.

С започване експлоатацията на рудника и монтиране на уредите и системата за непрекъснат контрол на напрегнатото (деформационното) състояние експертната система започва сравняване на реалните данни за деформационното състояние с тези от предварителния модел.

При установяване на разлика се търси вероятната причина довела до разликата в деформационното състояние. Може да се заложи алгоритъм и програма за проверка и уточняване параметрите на скалите ( $E$ ,  $G$ ,  $\mu$  и др.) залегнали на етапа на проектиране на деформационния модел на рудника. Ако е необходимо експертната система препоръчва смяна на крепежа или други мероприятия за управление на скалния натиск.

От анализа за причините за възникналата разлика между теоретично определената и реалната деформация се придобиват нови знания, които се вкарват в базата знания.

Експертната система обяснява на ползвателите вероятните причини за получаваните разлики и мотивира препоръчваните мероприятия (смяна типа на крепежа и др.).



Фиг. 10.2

### Подсистема за автоматичен отчет на работещите в рудника

Тази система е информационна. Тя е предназначена за събиране, предаване, запаметяване, обработка и представяне на информацията за работещите в рудника миньори. Отчита също работната време на всеки един работник. Чрез нея се

контролира личния състав, подготвя се първична информация за изчисляване на заплатите и за отчитане производителността на труда.

Основни съставни части на системата са носителите на данни, линиите за връзка и компютърна конфигурация за обработка и визуализация на резултатите.

Носители на данни:

#### **Магнитна ивица**

Магнитната ивица като носител на данни е една от най-разпространените технологии използвани в системите за автоматичната идентификация. Технологията с магнитни ивици, заедно с подобренията в сигурността, може удачно да се използва за приложения в обслужващия сектор, където има необходимост от голямо количество трайни, евтини носители на данни върху карти за идентификация. Системата с магнитни ивици включва носител на магнитната ивица (PVC карта) и записващо/четящо устройство. Магнитната ивица представлява тънка лента, която съдържа магнитни частици и е способна да записва информация. Данните се записват върху ивицата чрез променящо се магнитно поле в записващата глава в зависимост от данните. Информацията от ивицата се прочита чрез ръчно или механично прокарване на носителя на ивицата (картата) през магнитната глава на четящото устройство. Магнитното поле, съответстващо на записаните данни, се преобразува от четящата магнитна глава в електрически сигнал, който се усилва, обработва и декодира. В стандартния ISO формат, информацията може да се съхранява като комбинация от фиксирани и променливи данни с капацитет приблизително 240 буквено-цифрови знака върху стандартна ивица с 3" дължина и 0.5" височина.

**Предимства и недостатъци на технологията с магнитни ивици:**Добре развита технология за запис/четене.Нисък до среден капацитет на съхраняваните данни. Ниска цена на носителите на данни и свързаните с тях устройства.Защитни механизми за разнообразни приложения.Относително устойчиви и трайни носители, особено PVC картите.Контактни четящи устройства.

#### **Чип-карти.**

Чип-картите обхващат набор от носители на данни, които използват технологията на полупроводниковата памет и обработка. Тяхната сфера на приложение се увеличава поради възможността за пренасяне и локална обработка на данни, с което се постига гъвкавост и сигурност. Чип-картите са подходящи за приложения с относително голям обем данни, които трябва да се съхраняват в компактна форма с възможност за запис/четене. Те се произвеждат във формата и размерите на кредитни PVC карти със запечатани вътре интегрални схеми. Четенето на картата става чрез вкарването на картата в терминал, където данните се прехвърлят по електронен път през набор от контактни пластини. Съществуват и безконтактни карти, при които данните се прехвърлят по радиокомуникация. В зависимост от интегрираните в картата чипове те са с различна сложност. Най-ниското ниво е карта само с енергонезависима памет. Този тип карти не извършват никаква обработка на данните, а само ги запомнят, съхраняват и възпроизвеждат.

#### **Радио-честотна идентификация**

Радио-честотната идентификация (RFID) е термин, който покрива диапазон от технологии за пренос на данни, при които трансфера на данни от носителя към системата се извършва с радио честота. Въпреки, че се отнасят към системите с

радио честота, те варират от относително ниска (120kHz) до микровълнова (няколко гигагерца) честота. Радио-връзката позволява четене на данните без пряка видимост и носителите на данни (транспондерите или т.нар. "тагове") могат да работят при условия, неподходящи за другите носители на данни. Възможността за четене или четене/запис, комуникационните възможности, както и капацитета на съхраняваните данни зависят от вида на носителя. За разлика от оптичните скенери, носещата честота и мощността на излъчване на RFID устройствата е ограничена от законовите разпоредби. Въпреки правните ограничения и липсата на единни стандарти, RFID технологията намира все повече и повече привърженици. Радио-честотната система за идентификация се състои от транспондери или тагове и четящи/записващи устройства. Някои видове тагове се програмират от производителя. Те се класифицират като само читаеми (read-only) и съдържат уникален сериен номер, но има read-only видове, които могат да се програмират и от потребителя. Таговете се класифицират и на пасивни и активни. Пасивните се захранват от радио-честотната енергия, излъчвана от четящото устройство. Активните RFID устройства имат вградена батерия с много дълъг живот. Активните тагове имат по-добри комуникационни възможности и са шумозащитени от пасивните. Пасивните тагове имат ограничени капацитет на съхраняваните данни, изходна мощност и шумозащита. Въпреки тези ограничения, пасивните са с по-ниска цена и практически безкраен живот. Капацитетът на данните на таговете варира от един бит при системите за електронно наблюдение на продукти (EAS - Electronic Article Surveillance), преминават през 128-битовите фабрично програмирани тагове и стигат до устройства с капацитет 64KB.

#### **Разпознаване на образи**

Системите за разпознаването на образи са способни да въвеждат визуално изображение и след процес на обработка и анализ, автоматично да идентифицират определени мркировки, символи, кодови структури и други параметри, представени във вид на изображение. Те могат да работят с няколко технологии за идентификация. Образът се възприема от камера (микрофон и др.) и с подходящ софтуер може да се използва за съответните нужди. Към този клас системи се отнасят:

Системите за разпознаването на реч или глас. Те включват микрофон, модул за обработка на говор, синтезатор на реч или дисплей за обратна връзка.

Системите за разпознаване по: **лицеви характеристики** - базирана е върху особеностите на повърхността на лицето и структурата на кръвоносните съдове; **отпечатьци от пръсти** - базирана върху характеристиките на линиите и техните пресечни точки; **характеристики на ръката** - базирана върху размерите и структурата на вените на ръката; **ирисова характеристика** - базирана върху структурата на ириса **ретинална характеристика** - базирана върху структурата на кръвоносните съдове в областта на ретината; **характеристика на подписа** - базира се върху пространствените и динамични характеристики при формиране на подписа. Във всяка ситуация, при която има необходимост да се установи самоличност на даден индивид, биометрията е най-подходящото решение. Освен това тези системи позволяват събирането на данни да става без използването на ръцете за въвеждане на информация.



