

УДК 622.232.8

Каганюк О.К.

Луцький національний технічний університет

## АНАЛІЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВУГІЛЬНО - ДОБУВНИМ КОМБАЙНОМ В СКЛАДНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ.

**Каганюк О.К. Аналіз систем автоматичного керування вугільно - добувним комбайном в складних гірничо-геологічних умовах.** В даній статті проводиться аналіз та будова систем автоматичного управління вугільно-добувними комбайнами для можливої роботи в складних гірничо-геологічних умовах.

**Ключові слова:** вугільно-добувний комбайн, система автоматичного управління, одноконтурна система, двоконтурна система.

**Каганюк А.К. Анализ систем автоматического управления угледобывающим комбайном работающего в сложных горно-геологических условиях.** В Данной статье проводится анализ и построение систем автоматического управления угледобывающими комбайнами, работающими в сложных горно-геологических условиях.

**Ключевые слова:** угледобывающий комбайн, система автоматического управления, одноконтурная система, двухконтурная система.

**Kaganiuk A.K. Analysis of automatic control systems for coal mining combine operating in difficult mining and geological conditions.** This article analyzes and constructs automatic control systems for coal mining combines operating in complex mining and geological conditions

**Keywords:** coal mined processor, automatic control system, flue system, dual-circuit system.

Підвищення продуктивності праці і інтенсифікації виробництва в вугільній промисловості є найбільш **актуальна** в сучасній промисловості по автоматизація технологічних процесів, а також впровадження промислових роботів і маніпуляторів.

Сучасні вимоги до систем автоматичного керування забійним обладнанням припускають рішення **проблеми** за рахунок інтенсивного і високопродуктивного видобутку вугілля без постійної присутності людей в забої.

Відомі дослідження і розробки систем управління вугледобувними комбайнами в профілі пласту дозволяють розділити їх на два основних класи: системи автоматичного управління в профілі пласта (далі САУ ПП) і системи програмного управління в профілі пласта (далі СПУ ПП). Системи автоматичного управління в профілі пласту здійснюють управління комбайном в профілі пласта безпосередньо на основі інформації датчика «порода вугілля» (далі ДПВ), яка поступає при переміщенні комбайну по довжині лави. САУ ПП при відповідному налаштуванні, беруть на себе всі повноваження по управлінню ріжучими органами вугільно – добувного комбайна без втручання людини.

Системи програмного управління в профілі пласту СПУ ПП припускають дистанційне управління ріжучим органом по програмі, яка записується в програмний блок на основі даних огляду лави через декілька циклів роботи. Більш раціональним рішенням є реалізація автоматичного програмного управління, яка припускає автоматичний збір інформації про товщину вугільної пачки по довжині лави, що дає можливість виключити трудомістку ручну операцію по збору даних про товщину вугільної пачки, яка остається як в «почві» так і в «кровлі» пласта, при знятті вугільної стружки. [15]. При такому варіанті збору інформації, необхідно розташовувати датчики контролю по всій довжині лави. При такому аналізі, виникає задача оптимального розташуванні тих датчиків контролю по довжині лави з раціональним шагом на відповідній відстані останніх між собою, бо від цього буде залежати точність відпрацювання СПУ ПП. Але це є **проблематичним** питанням.

По точності і ефективності управління САУ ПП випереджують СПУ ПП, оскільки в САУ ПП може бути збудовані, як слідкуюча система, яка дозволяє оперативно поставляти інформацію в блок управління без всякого транспортного спізнання. Крім того, будова САУ ПП дозволяє реалізувати її в вигляді бортових регуляторів, що виключає необхідність використання ліній зв'язку і систем телемеханіки і дозволяє практично ідеально відслідкувати границю розділу між породою та вугіллям. Це дуже важливий аргумент при роботі вугільно – добувного комбайна в складних гірничо – геологічних порушень (далі ГПП)

Однак, така система не дозволяє використати всі свої можливості, коли в лаві виникають дуже складні геологічні умови, які не підлягають технічному опису. В цьому випадку необхідно доповнювати дану систему додатковим блоком програмного управління, якій дозволяє проходити ці

складні геологічні порушення з раціональною технологічною схемою видобуду вугілля, притому область функціонування програми повинна задаватись за допомогою датчику місцезнаходження комбайну (далі ДМК). Але в цьому випадку САУ ПП спроможна виконувати визначені функції контролю формованої машинної дороги і фіксувати факт проходження ГПП. В цьому зв'язку ідеальним представляється поєднання САУ ПП з елементами програмного управління. Способи побудови таких САУ ПП обумовлені рядом наступних основних факторів:

- наявність і тип використовуваних датчиків;
- спосіб і конструктивні можливості управління ріжучими органами;
- можливість і спосіб управління кутом нахилу комбайну;
- вимоги до точності регулювання і якості формованої машинної дороги.

Будова такої системи визначається вибраним способом управління комбайном в профілі пласту [12,]. Можливі варіанти цих способів ілюструються класифікаційною схемою на рис.1.1.



Рис. 1.1. Класифікаційна схема способів управління комбайнами в профілі пласта

Відмітимо зразу, що по результатам обробки керуючих впливів нахил комбайну відносно поперечної осі, еквівалентний плоско-паралельному переміщенню ріжучих органів, а з точки зору простоти і точності управління уступає йому.

Нахил комбайну відносно поздовжньої осі, застосований для управління в профілі пласту автономно, обмежений допустимим кутами взаємного скручування рештаків конвеєру і при неспокійній гіпсометрії не здатен забезпечити необхідний діапазон регулювання. Найбільш ефективним способом управління в профіль пласту являється двоконтурне управління, при якому поєднується плоско-паралельне переміщення ріжучого органа (далі РО) і нахил комбайну відносно поздовжньої осі.

**Нижче наведений аналіз результатів практичної реалізації способів управління.**

. Обов'язковою умовою створення такої САУ ПП являється ДПВ. Як відмічається в літературних джерелах [17,18,19]. існують ДПВ відкритої і прихованої границі «порода-вугілля». Перший тип ДПВ видає інформацію практично релейного типу, фіксуючи факти переходу РО із вугілля в породу і навпаки. Відповідно, САУ ПП, в який використовується ДПВ відкритої границі «порода-вугілля», будуються в більшості як релейна двопозиційна система управління [17,18,19,20]. Характерна структурна схема таких САУ ПП приведена на рис.1.2.

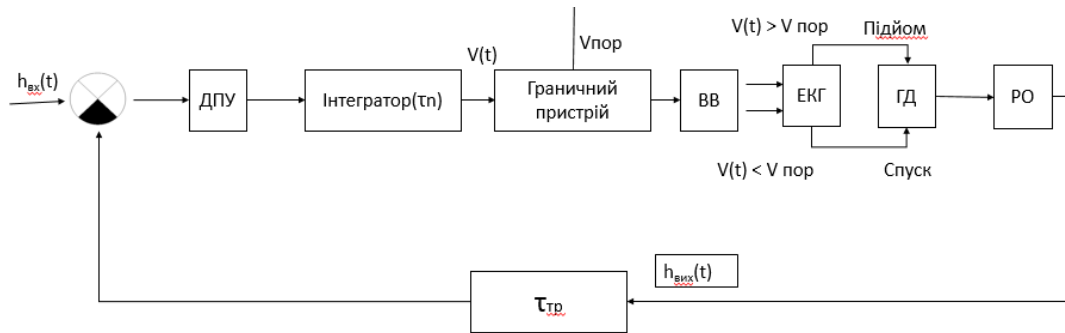


Рис. 1.2. Структурна схема двопозиційної САУ ПП

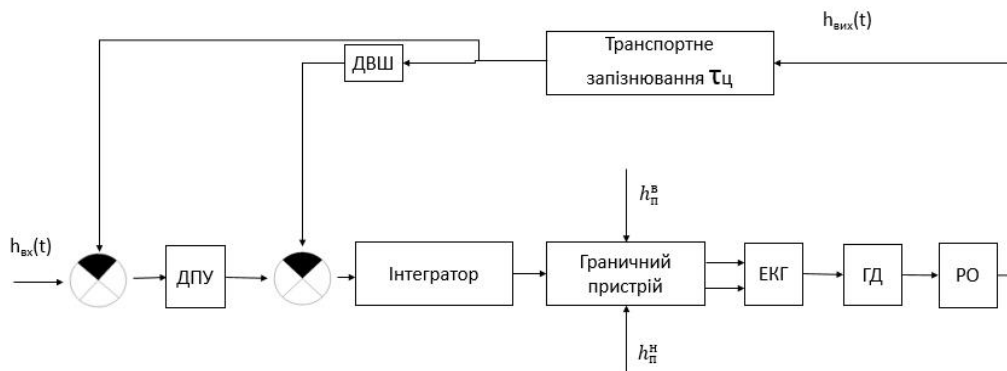
Вона містить одну пряму вітку обробки інформації, яка дає два різнополярних виходи на управління положенням РО. Величина управляючого впливу фіксована і визначається, як правило, часом ввімкнення (витримці часу) виконавчого гідродомкрату (далі ГД).

САУ ПП подібного типу являються одно контурна, оскільки в процесі управління здійснюють лише плоско-паралельне переміщення РО. Наявність в системі транспортного запізнення  $\tau_{тр}$  обумовлює необхідність застосування регуляторів з квантуванням по шляху, що виключає нестійкість системи. Доведені до різного рівня розробки такого роду систем описані в [4,9,].

Загальним недоліком такого роду систем являється практично автоколивальний режим роботи, обумовлений відсутністю зони нечутливості. Практичного застосування дані системи не отримали через ряд серйозних конструктивних проблем, виникаючих при прив'язці ДПВ тензометричного, радіохвильового і ін. типів, забезпеченню їх надійності і ефективності [17, 22, 16].

Відомий досвід створення САУ ПП з використанням ДПВ відкритої границі «порода-вугілля» показав, що визначену перспективу мають лише системи орієнтовані на використання безконтактних ДПВ (вібраційні, електрогідролічні) [3,13].

Датчик прихованої границі «порода-вугілля» дозволяє створювати САУ ПП з набагато більш розвиненими функціональними можливостями. Перш за все, представляється можливість вести управління з залишенням запобіжної вугільної пачки товщиною  $\geq 10$  мм, що практично виключає впровадження РО в породу. Такі ДПВ мають лінеарізовану вихідну характеристику, що дозволяє реалізувати трьох позиційні САУ ПП з зоною нечутливості, що різко скорочує інтенсивність управляючих впливів. Крім того, для підвищення точності регулювання можливо використання широтно-імпульсної модуляції, яка дозволяє зробити управляючі впливи пропорційними по величині розгалужуванню сигналу з порогоми спрацювання. САУ ПП з глибинним ДПВ легко сполучається з додатковою віткою програмного управління і з віткою, яка реалізує управління кутом нахилу комбайну, тоб то. другим контуром регулювання. З використанням глибинних ДПВ, як правило, радіаційного типу, побудована більшість відомих систем управління в профілі пласту [5, 6, 10]. Типова структурна схема САУ ПП з глибинним ДПВ і з датчиком обраного зв'язку представлена на рис.1.3.

Рис. 1.3. Структурна схема трьохпозиційної САУ ПП ІДА-ЗМ з глибинним ДПВ  
ЕГК – електрогідроклапан, ГД – гідродомкрат

Така САУ ПП була реалізована на комбайні 2К-52 (сумісна розробка ІГД ім. А.А.Скочинського і Гіпровуглемашу) [8]. Те, що дана система не дала позитивних результатів при проведенні її випробувань, пояснюється цілком і повністю недоліками при її побудові і технічній реалізації. Як видно з рис.1.3, ДПВ знаходився на «старій» машинній дорозі, що і обумовило запізнення на цикл  $\tau_{ц}$  (стружку) по ступання інформації. Випадковий характер мінливості гіпсометрії пласта і наявність штибу обумовили велику похибку регулювання. Система працювала нестійко, крім того, використання ДПВ притискного типу викликало більше складностей при його прив'язці і малу надійність його функціонування. Будучи притиснути до ґрунту пласту гідродомкратом, датчик діяв як якір, спиняючий подачу комбайну.

Принципово нові можливості в створенні САУ ПП дала розробка безконтактного ДПВ, вбудованого безпосередньо в ріжучий органу комбайна [10]. На основі такого ДПВ був розроблений і успішно випробуваний цифровий регулятор для управління комбайном (1ГШ-68) в профілі пласта [11]. Структурна схема такої САУ ПП приведена на рис.1.4.

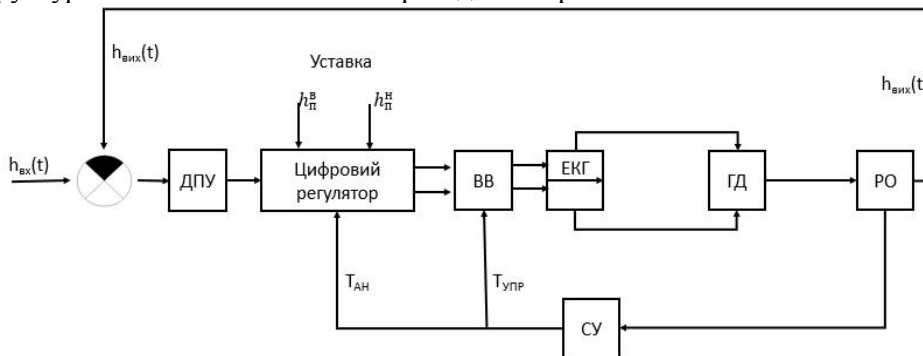


Рис. 1.4. Структурна схема САУ ПП «Квант» на комбайні 1ГШ-68

Сигнал з безконтактного ДПУ, розміщеного в зоні кутових зубків РО, надходить в цифровий регулятор, створений на базі двухпорогового частотного компаратора [6]. Накопичення сигналу в цифровій формі проводиться протягом часу ( $T_{ан}$ ), що задається внутрішнім лічильником, на який, в свою чергу, надходять імпульси синхронізуючого пристрою (далі СП). СП сприймає імпульси з кожним оборотом РО, тобто з частотою = 1Гц. Сигнал з ДПВ, інтегрований за час ( $T_{ан}$ ) порівнюється з цифровими уставками ( $H_{пв}$ ) і ( $H_{пн}$ ), в результаті чого формується дво полярний сигнал управління, тривалість якого визначається елементом витримки часу. Цей елемент також синхронізується імпульсами СП. Керуючі впливи включають електрогідроклапани (далі ЕГК) і пускають у хід гідродомкрат (далі ГД), що переміщає поворотний редуктор з РО. Дана САУ ПП – швидкодіюча слідкуюча система без транспортного запізнювання, яка здатна з високою точністю відстежувати лінію розділу «порода-вугілля», залишаючи в процесі регулювання запобіжну вугільну пачку заданої товщини. Однак ретельний аналіз дозволяє встановити ряд принципів обмежень області її функціонування, що робить малоперспективною її практичне використання. Основний недолік даної САУ ПП, що є наслідком її точності і швидкодії, полягає в тому, що вона відстежує лінію розділу «порода-вугілля» при будь-якій її зміні, прагнучі точно її повторити. При цьому формується машинна дорога з усіма впадинами і виступами, наявними на лінії розділу «порода-вугілля». У той же час відомо, що забійний конвеєр, в силу обмеження рухливості риштаків, накладає суворі обмеження на висоту уступів і абсолютні перепади висот на довжині риштака. Так, кожен окремий риштак не може бути поміщений на уступ вище 3 см, а при великому перепаді висот на краях риштака кут його вигину щодо сусіднього може перевищити допустимі (3гр), що призведе до поломки конвеєра. Таким чином, в цій системі не вистачає блоку обмежень відпрацювань, що безумовно знижує точність регулювання, але гарантує надійне функціонування комплексу.

Другий недолік системи пов'язаний з принципом її синхронізації. При змінній в широких межах швидкості подачі комбайна (від 0 до 10 м/хв) сталість часу вимірювання призводить до формування майданчиків змінної довжини, що створює додаткові труднощі при укладанні конвеєра на сформовану дорогу. Нарешті, головний недолік пов'язаний з тим, що за принципом управління дана система є одно контурною, оскільки впливає лише на вертикальне положення РО. У той же час показано, в тому числі і дослідженнями автора при проведенні випробувань, що переміщення комплексу в напрямку простягання пласта пов'язано з подштибовкою забійного конвеєра [14]. При

цьому в автоматичному режимі управління має бути ручна операція видалення штибу з машинної дороги.

В результаті буде мати місце систематичне «спливання» комплексу, що приводить до зменшення діапазону переміщених вниз ріжучого органу. Через кілька відрізів (в залежності від темпу підштибовки) [12].цей діапазон може бути вичерпаний, що зробить САУ ПП недієздатною. Те ж явище неминуче буде спостерігатися при природній зміні кута залягання пласта, відстежити які шляхом управління плоско-паралельним переміщенням РО можна лише у виняткових випадках малих його змін. При цьому слід зазначити, що одночасні подштибовка конвеєра і зміна кута залягання в сторону почви пласта погіршують ситуацію. Дія даних факторів вивчалася і описана в ряді робіт [23,]. Випробування комплексів .Ролфа показали, що системи регулювання, що виконують тільки функції стабілізації товщини вугільної пачки, не дозволяють вирішити задачу управління рухом комплексу в профілі пласта, оскільки в даній ситуації не враховуються деякі фактори, що впливають на стан конвеєра щодо почви пласта, а також особливості останнього при його пересуванні на нову машинну дорогу. Це, в свою чергу, призводило до нестабільного стану вугледобувної машини на конвеєрі при виїмці чергової стружки і виникненню нових спотворень профілю забою. При цьому уступи, утворені на почві пласта погіршували не тільки пересувку забійного конвеєра, а й приводили до деформації окремих секцій конвеєра [2, 20,]. Це призвело до необхідності в подальших шахтних експериментах враховувати кутове положення конвеєра по простяганню пласта і здійснювати управління кутом нахилу комбайна щодо його поздовжньої осі.

При такому способі управління на почві пласта утворюються незначні по висоті сходинок, що не перешкоджають пересуванню забійного конвеєра на нову машинну дорогу.

У фундаментальному дослідженні [23] дано обґрунтовані аргументи щодо доцільності розробки системи, яка поєднувала в собі обидва способи управління - плоско-паралельним переміщенням РО і кутом нахилу комбайна. Однак до теперішнього часу відсутній позитивний досвід створення таких систем. Основна причина відсутності вітчизняних двоконтурних САУ ПП пов'язана з тим, що до теперішнього часу серійно випускаємо вугільно – добувні комбайні і не оснащуються електрогідроперемикачами гілки гідравлічного управління кутом нахилу комбайна. Друга причина пов'язана з відсутністю датчиків кута нахилу, придатних для роботи в шахтарських умовах в складі бортової автоматики. Слід зазначити, що, якщо ставиться завдання підтримки кута нахилу, відповідного кутку залягання пласта, існує можливість створення двоконтурної системи без датчиків кута нахилу. Відомий закордонний досвід створення системи управління кутом нахилу не може бути однозначно використаний на вітчизняних комбайнах. У двоконтурній системі на комбайні Андертон (шахта Ньюстед, Великобританія) зміна кута нахилу здійснювалося за допомогою спеціальної платформи [21], що не застосовується в конструкції вітчизняних комбайнів. Проте, позитивні результати даних випробувань показали, що при управлінні кутом нахилу формується плавна траєкторія укладання конвеєра і на машинній дорозі відсутні сходинок, що перешкоджають засувці конвеєра.

Висновки:

Аналіз систем автоматичного управління вугільно – добувними комбайнами в профільній площині вугільного пласта дозволяє зробити наступні допущення щодо створення систем управління:

1. Найбільш ефективним для реалізації в системах автоматичного управління вугільно – добувними комбайнами є засоби контролю скритої границі розділу між породою та вугіллям які створені на основі радіаційних методів контролю товщини вугільної пачки.
2. Для досягнення високої якості управління вугільно – добувним комбайном в профілі пласта може бути прийнята до розробки двоконтурна система управління, яка включає в собі плоско – паралельне управління РО та зміною кута нахилу комбайном.

1. . Автоматический контроль положения режущего барабана угольных комбайнов. – Mining Journal 1976,286, № 7326, p.59 – 60.
2. Автоматическое управление комбайнами на шахте Уолстентон: Перевод № 1295/71. М.: Гипроуглемаш, 1971г. 33 с.
3. . Автоматическое управление режущими органами угледобывающих комбайнов. Черняк З.А. и др. – «Безопасность труда в промышленности», 1982г, №15, с. 32-33.
4. Вебб Р. Автоматическое управление в профиле пласта комбайном Андертон. The Mining Engineer, 1967, V/ 196,№80. P.397.

5. Датчик «порода – уголь», Ильюща А.В., Солнцев В.Б. М., 1981. – 5 с. – Рукопись представлена ИГД им. А.А. Скочинского. Деп. В ЦНИЭИуголь 28 дек. 1981г. № 2242 уп – Д81.
6. А.С. № 790264 (СССР), Двухпороговый частотный компаратор/ ИГД им. А.А.Скочинского, и Научно-производственное объединение «Автоматгормаш»; Авт. изобретения Каганюк А.К. и др. Заявлено 08.06.78. № 2624593 Приоритет изобретения от 08.06. 1978г. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР от 21. 08. 1980г.
7. Мелькумов Л.Г. , Петунин Н.С. Автоматизация угледобывающих комбайнов: Обзор – М., 1976г. – 50 с.
8. Промышленное опробование авторегулятора ИДА – 3 на комбайне 2К – 52 /Черняк З.А. и др. – В кн.: ИГД им. А.А. Скочинского. Науч. Сообщ. Вып. 69. М., 1969г, с.22 – 28.
9. Разработка методов оптимизации параметров очистных комбайнов в системе управления: Экспериментально – исследовательские работы по программному управлению угольными комбайнами в плоскости пласта: Отчет /Автоматгормашу Научный руководитель работы к.т.н. Ярыгин Б.Е. Инв.№ Б 560527. – Донецк, 1976г. – 157с.
10. Регулятор с изотопным датчиком «порода – уголь» для управления очистными комбайнами по гипсометрии пласта. /Черняк З.А., Нунупаров Г.М. , Омельченко Н.П. – Уголь, 1975, №12, с. 38 – 39.
11. А.С. №1270321 (СССР) Система автоматического управления комбайном в профиле пласта. / «НПО Автоматгормаш»: Каганюк А.К., Евстафьев Д.И. и др. Приоритет изобретения 01.04.85г. № 3875725; Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР 15.07 1986г.
12. Рудановский А.А. О рациональных способах автоматического управления угледобывающими комплексами в профильной плоскости пласта . – Уголь Украины, 1969г., №7, с. 19 – 21.
13. А.С. № 1270323 (СССР) Способ автоматического управления очистным комбайном по гипсометрии пласта и система для его осуществления Каганюк А.К., Евстафьев Д.И. и др. Приоритет изобретения 22.04.85г. № 3908263; Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР 15.07 1986г.
14. Рудановский А.А. Черников И.В. Статистические исследования подштыбовки забойных конвейеров. - В кн.: ИГД им. А.А. Скочинского. Науч. Сообщ. Вып. 84. М., 1971г., с. 105-110.
15. Датчик «порода-уголь». Ильюща А.В. Солнцев В.Б. М., 1981.-5с. Рукопись представлена ИГД им. А.А.Скочинского. Деп. в ЦНИЭИуголь 28 дек. 1981г., №2242 уп-Д81..
16. А.С. № 1250651 (СССР).Способ програмного управления угледобывающим комбайном и система его осуществления. / «НПО Автоматгормаш»: Каганюк А.К., Фрегер Д.И. и др. Приоритет изобретения 28.12.84г. № 3831914; Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР 15.04 1986г.
17. Хенкель Э., Хек Д. Регулирование горизонта резания комбайнов с барабанным исполнительным органом. Глюкауф. 1977г., №23., с. 10 – 15
18. Ярыгин Б.Э. Автоматическое и дистанционное управление горными машинами, комплексами и агрегатами. Киев: Знание, 1977г.- с.12.
19. Ярыгин Б.Э. и др. Система автоматического управления исполнительными органами комбайна с электрогидравлическим датчиком «порода – уголь» типа «Рубин». – Шахтная автоматика. Киев: Техника, 1975г. – 47с.
20. Соре Н/Р/ Philosophy and future developments of ROLF. – The Mining Engineering1965g/ V/125, №62.
21. Патент. 1.187.374(Анг.). Improvements in underframe for cool cutting machnes/ L.I. Madden. Заявлено 08.04.70.кл. E21с. .
22. Плюснин М.И., Мараев И.Д. К обоснованию индукционного способа контроля движения угледобывающих машин по гипсометрии пласта (антрациты). Изв. ВУЗов СССР. Геология и разведка, 1980, №9, с. 119 – 124.
23. Рудановский А.А. Основы автоматического управления комбайнами в профиле пласта: автореферат док. диссертации. / ИГД им. А.А. Скочинского. М.- 1972. 41 с.