

УДК [622.673.1: 681.514.54]

МОБИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ В ГОРНОЙ И НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛЯХ

В.В. Лопатин

Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины
ул. Симферопольская 2а, г. Днепр, 49005. тел. (0562) 46-01-51, факс (0562) 46-24-26,
nani@igtm.dp.ua

Розглянуто проблеми мобільних систем контролю (МСК) в гірничій і нафтогазовій галузях. У конкретній залежності від об'єкта контролю та необхідних вимог точності показано: організація управління, узгодження, структурування і принципи об'єднання в складну структуру мобільної системи контролю. Викладений матеріал дає можливість зрозуміти структуру мобільної системи контролю та її відмінні риси від раніше відомих систем технологічного контролю, а також можливі рішення реалізації складових і принципи побудови МСК. Сформульовано протиріччя при синтезі МСК і вказано можливі шляхи їх подолання. Показано технологічний контроль МСК у гірничій галузі, що виконаний особисто автором.

Ключові слова: мобільна система контролю (МСК), технологічний контроль, система реального часу (СРЧ), синтез, прийнятна точність контролюваного параметра технологічного процесу.

The problems of mobile control systems (MCS) in the mining and oil and gas industries are considered. In a specific dependence on the object of control and the necessary accuracy requirements, it is shown: the organization of management, alignment, structuring and the principles of combining into the complex structure of the mobile control system. The material presented makes it possible to understand the structure of the mobile control system and its distinctive features from the earlier known technological control systems, as well as possible solutions for implementing the components and the principles of constructing MCSs. The contradictions in the synthesis of MCSs are formulated and possible ways of overcoming them are indicated. The technological control of MSC in the mining industry performed by the author himself is shown.

Keywords: mobile control system (MSC), technological control, real-time system (RTOS), synthesis, acceptable accuracy of the controlled parameter of the technological process.

Рассмотрены проблемы мобильных систем контроля (МСК) в горной и нефтегазовой отраслях. В конкретной зависимости от объекта контроля и необходимых требований точности показано: организация управления, согласование, структурирование и принципы объединения в сложную структуру мобильной системы контроля. Изложенный материал дает возможность понять структуру мобильной системы контроля и ее отличительные особенности от ранее известных систем технологического контроля, а также возможные решения реализации составляющих и принципы построения МСК. Сформулированы противоречия при синтезе МСК и указаны возможные пути их преодоления. Показан технологический контроль МСК в горной отрасли, выполненный лично автором.

Ключевые слова: мобильная система контроля (МСК), технологический контроль, система реального времени (СРВ), синтез, приемлемая точность контролируемого параметра технологического процесса.

Вступлення

«Горная наука – это наука, изучающая законы взаимодействия техники с горными породами во взаимосвязи с организационно - технологическими условиями при учёте социальных, экономических и экологических критериев» [1] Горные и нефтегазовые

предприятия Украины имеют ряд своих существенных особенностей специфики, связанной с безопасностью и охраной труда. Специфика и сложность технологических процессов в горной отрасли заключается в проблематичности, а порой невозможности обеспечить непосредственный контакт чувствительного элемента датчика с

контролируемой средой. Кроме того горные и нефтегазовые предприятия оснащены морально устаревшим оборудованием, практически находящимся на грани выработки ресурса. Однако, для полноценной интеграции в мировую экономику и выполнения международных норм по безопасности горные и нефтегазовые предприятия Украины вынуждены внедрять необходимые системы технологического контроля.

Главной спецификой горной и нефтегазовой отраслей является то, что технологические процессы, машины, механизмы, оборудование и другая потенциально опасная продукция **допускаются в эксплуатацию (к применению) только при условии проведения экспертизы на соответствие их нормативно-правовым актам и отраслевым стандартам Украины (СОУ).** В соответствии с действующими законами Украины работодатель несет непосредственную персональную ответственность (вплоть до уголовной включительно) за нарушение указанных требований на его объекте.

Наиболее перспективными средствами технологического контроля в горной и нефтегазовой отраслях являются мобильные системы контроля (МСК) (рис.1), основная задача которых - оснащение потребителей, обслуживающих оборудование потенциально опасных производств, надежными компактными средствами неразрушающего контроля и мониторинга.

Согласно действующим законам Украины МСК подвергаются отраслевой (ведомственной) экспертизе на соответствие МСК нормативно-правовым актам Украины и отраслевым стандартам Украины (СОУ) с согласованием и утверждением актов отраслевой (ведомственной) приемки, нормативных документов контроля в Министерстве промышленной политики Украины и прохождения государственной метрологической аттестации в Госпотребстандарте Украины [2].



Рисунок 1 - Экспериментальная мобильная система контроля типа «Орион-1», смонтированная на крыше скипа ш. «Южная» концерна горнорудных и нерудных компаний Украины "Укррудпром" (на воздухоподающем стволе)

Адекватность и правильная оценка точности проводимого МСК контроля имеет важное государственное значение для горной и нефтегазовой отраслей, играющих решающую роль в экономике Украины. Как понятно из сказанного выше, нельзя быстро создать МСК. Доводка на объектах в горной и нефтегазовых отраслях, требует значительного времени (минимум 8-10 лет) до получения в Государственном комитете Украины по надзору за охраной труда (Гостехнадзорохрантруда Украины) государственного разрешительного документа на контроль в горной и нефтегазовой отрасли (Рис. 2).

Согласно ст.38 Закона Украины об охране труда государственный надзор за соблюдением законодательных и иных актов осуществляют **только должностные лица, специально уполномоченные комитетом Гостехнадзорохрантруда Украины**, имеющие право беспрепятственно посещать подконтрольные предприятия (объекты) и осуществлять в присутствия работодателя или его представителя проверку соблюдения законодательства по вопросам, отнесенных к их компетенции.



Рисунок 2 - Государственный разрешительный документ комитета Гостехнадзорхрантруда Украины на контроль в горной отрасли

Основная часть

Основная задача мобильной системы контроля (МСК) – выявить реальное состояние контролируемого объекта на внешние возмущающие воздействия, определить ограничения и запреты, необходимые для нормального дальнейшего функционирования объекта контроля. МСК - это типичная система реального времени (СРВ), которая должна собрать данные контролируемых параметров, произвести их обработку в соответствии с заданными алгоритмами и выдать результат контроля за такой промежуток времени, который обеспечивает успешное решение сформулированных задач.

МСК синтезируются гибким объединением относительно простых диссипативных структур, обладающих определенными соотношениями непрерывных и дискретных свойств. В гибких объединенных структурах МСК происходит переход количественных изменений, в качественных изменения, чего не может получить никакая либо одна из составляющих частей [2-5].

Как видно из работ [3-8] мобильные системы контроля (МСК) реагируют на изменения в контролируемом объекте и на

внешние воздействия. Это объясняется тем, что МСК свойственны как отрицательные, так и положительные обратные связи, которые обеспечивают скачкообразное изменение свойств с появлением новых качеств - структурирование. Под структурированием в структуре МСК автор понимает гибкое объединение структур в общую для различных начальных условий. Отрицательные обратные связи в МСК обеспечивают стабильность работы системы. Положительные обратные связи в МСК поддерживают требуемый уровень изменчивости и помогают найти (выявить) новые локализованные структуры МСК – новые и более эффективные способы контроля объекта (рис. 3).



Рисунок 3 - Апробация нового способа контроля плавности рабочей скорости противовеса МСК на шахтах им. М. Фрунзе и «Юбилейная» (г. Кривой Рог) ПАО «Криворожский железорудный комбинат»

Формирование локализованных структур и спонтанной упорядоченности мобильной системы контроля (МСК) в пределах области локализации процесса контроля в динамике позволяет забывать в некоторых случаях детали начальных данных (т.е. выходить на одно и то же решение). Характерно, что очень часто решение находится только в определенной комбинации (т.е. решение, связанное с локализацией процесса). Возникновение структурирования в МСК означает уменьшение матрицы измерения и выделение нескольких основных критичных параметров, к которым подстраиваются все остальные. На взгляд автора явление локализации связано с нелинейностью в структуре МСК, а для плавных процессов МСК - характером внешних воздействий. Важно при этом выявить условия контроля МСК, определить ограничения и запреты, необходимые для обеспечения успешного решения сформулированных задач контроля с заданной точностью (рис. 4).



Рисунок 4 - Отработка нового способа контроля шахтной клетки МСК на урановых шахтах "Смолино-Главная", "Смолино-Воспомогательная" (г. Смолино) и шахте "Ингульська-Южная" (г. Крапивницкий) с целью определить ограничения и запреты (ГП «Восточный горно-обогатительный комбинат»)

В рамках «Теории исследования операций» изучается ситуация когда субъект (в пределах МСК) обладает полными правами, возможностями распоряжаться своими ресурсами, соотношением состояния и границей локального сохранения поддержания постоянства внутренней среды. Однако в МСК необходимо решение конфликта, когда каждый субъект имеет свои собственные интересы, не всегда противоположные, но всегда несовпадающие – теория коллективных решений.

С точки зрения автора в МСК возможно два принципа выбора компромисса решения конфликта: принцип Поретто (принцип 20/80) и равновесие по Нэшу (набор стратегий, в которой ни один участник не может увеличить выигрыш, изменив свою стратегию, если другие участники своих стратегий не меняют).

Принцип Поретто выражает эффективность по сравнению с другими вариантами – выполняет оптимизацию структуры МСК. Однако, компромисс должен быть устойчивым, т.е. выбранный вариант должен быть точкой равновесия по Нэшу.

Рассмотрим возможность теоретического решения конфликтных задач в МСК. Например, известна задача «Путешественники в одной лодке» [9]. Суть её в том, что каждый путешественников имеет свои цели, но все путешественники имеют свои собственные цели, однако все связаны одной общей целью – доплыть на одной и той же лодке до берега.

Результатом исследования задачи является теорема Гемейера-Вателя, утверждающая, что любое коллективное решение в конфликтной ситуации всегда является компромиссом – каждый субъект конфликта должен чем-то поступиться ради чего-то. Математическая особенность такой ситуации состоит в существовании монотонной зависимости степени достижения цели от вклада каждого путешественника собственных ресурсов в «общий котел»: чем больше туда будет вложено ресурсов, тем быстрее и легче достигнута общая цель, иначе им просто не добраться до берега.

Очевидно, что коллективное решение в конфликтной ситуации должно быть выгодно всем субъектам конфликта. В противном случае субъектам конфликта просто незачем вступать в кооперацию и принимать коллективное решение. Причем в случае нарушения договорных обязательств в первую очередь должен пострадать нарушитель. Поэтому принятое коллективное решение будет **устойчивым** при существовании гарантии безусловного применения штрафных санкций к нарушителю.

Принятое коллективное решение кроме того должно быть **эффективным** - его нельзя было улучшить сразу для всех объектов конфликта.

Очевидно, что в ситуации, когда интересы субъектов конфликта прямо противоположны (антагонистическая ситуация), компромисс невозможен, т.к. любое решение, выгодное одному из субъектов конфликта, заведомо невыгодно другому.

Таким образом выглядит возможность решения конфликтных задач в МСК на сегодняшний день. Видно, что теория пока не дает каких-либо приемлемых однозначных решений подобных задач.

Как известно, анализ простых моделей не может заменить глубоких исследований сложных явлений, происходящих в структурах МСК. Тем не менее, анализ на простых моделях в некоторых случаях способен подсказать исследователям нужное направление поисков и главное - выделить наиболее существенные черты в изучаемом явлении. Когда выделены существенные черты в изучаемом явлении, возможно синтезировать функциональную модель, отражающую основные закономерности и получить новую информацию явлений, происходящих в структурах МСК. Однако, практически любой сложный контролируемый МСК процесс может быть описан различными математическими моделями, т.к. можно по-разному вводить характеристики контролируемого процесса и параметризовать

данные контроля. Однако, горные объекты контроля очень сложны и плохо поддаются самым совершенным математическим описаниям. Экономико-математическая модель, составленная для одного объекта контроля МСК, как правило, без существенных переработок не рациональна для другого. Результат полученный по экономико-математической модели не может быть однозначным – это всегда более или менее широкая область значений. С точки зрения автора это объясняется высоким уровнем неопределенности практически любого сложного контролируемого МСК горного процесса, т.к. все исходные данные нам доступны с определенной точностью. В таких условиях становится бессмысленным построение очень точных математических моделей. С точки зрения автора, модель должна отвечать требуемому уровню точности и возможности её практического использования в МСК. Основные усилия разработчиков МСК должны быть направлены на разработку простейших моделей и необходимого математического обеспечения по «принципу лезвия Окаямы» - «не умножай сущностей без надобности». Автор считает такую модель в МСК достаточной. Однако, к сожалению для построения достаточной модели нет готовых рецептов и на каждом контролируемом объекте приходится действовать «согласно обстоятельствам». Практическим путем изучается в МСК чувствительность достаточной модели к изменению тех или других исходных данных и оценке роли неопределенностей которые, они содержат (рис. 5).



Рисунок 5 - Опробование нового способа контроля скипа МСК на шахте "Эксплуатационная" ЗАО «Запорожского железорудного комбината» (г. Днепропрудное) для определения достаточной чувствительности модели

Автором выявлено, что таким образом может быть найдена приемлемая точность контролируемого параметра технологического процесса, согласуемого в МСК, с точностью остальных параметров. Следовательно, необходимо принимать решение только после всестороннего анализа результатов контроля.

Правда, здесь часто возникает вопрос неустойчивости контролируемого МСК процесса – сильного влияния малых изменений и граничных условий. С точки зрения автора, малые ошибки не должны приводить к серьезным последствиям контроля МСК. Для этого автором выполнены исследования [10], полностью согласуемые с теорией академика А.Н. Тихонова [11-14], моделями П.Е. Эльясенберга [15-19] и Ю. П. Пытьева [20-21].

В работе автора [22] предлагается последовательная процедура принятия решения относительно вектора характеристик контролируемого МСК параметра, которая является некоторым обобщением процедуры Вальда и позволяет получить выигрыш в среднем объеме контроля, аналогичный обычному «вальдовскому» выигрышу для случая двух гипотез. Предлагаемая последовательная процедура позволяет учитывать дополнительную информацию и за счет этого получить добавочный выигрыш в объеме контроля МСК.

Рассмотрим стандартную процедуру контроля параметров МСК [22] последовательными независимыми циклами. Результатом одного цикла будет случайная величина x , т.е. на n цикле - x_n . Предполагается последовательность независимых случайных векторных величин на разных циклах контроля МСК.

$$\Phi = (\Phi_1, \dots, \Phi_m), \quad (1)$$

где i -я контролируемая характеристика МСК параметра представляет собой математическое ожидание функции от x

$$\Phi_i = E\zeta_i(x), \quad i = 1, \dots, m, \quad (2)$$

где E математическое ожидание эмпирического параметра $\zeta_i = \zeta_i(x)$.

Задача принятия решения по контролю в МСК формулируется следующим образом. Множество возможных значений характеристики Φ разбито на $m+1$ непересекающихся областей

$$\bar{E}_1, \dots, \bar{E}_m, I, \quad (3)$$

где Ξ_1, \dots, Ξ_m – области различного качества состояния контролируемого МСК объекта, I – область «безразличия» контролируемого МСК объекта.

Качеству контролируемого МСК объекта присваивается оценка g , если $\Phi \in \Xi_g$. Необходимо по результатам контроля МСК (\hat{I}) принять одну из m гипотез [22].

Например, по каждой контролируемой характеристике Φ_i задан критический уровень K_i . Качество контролируемого МСК объекта принимается хорошим, если $\Phi_i \leq K_i$ для каждого $i = 1, \dots, M$, и плохим в остальных случаях. Понятно, что область хорошего качества имеет вид выпуклого M - мерного «прямоугольника».

Решающее правило для МСК может реализовываться по двум различным схемам.

1. Когда число циклов контроля МСК назначается заранее.

2. Последовательная схема, в которой момент останова МСК определяется по результатам в зависимости от получаемых данных контроля.

В настоящее время характеристики чаще всего определяются только по соответствующим эмпирическим характеристикам, без учета элементов (рис.6).

Это вызвано сложностью учета связи между характеристиками элементов контролируемого МСК объекта в целом.



Рисунок 6 - Полный комплект мобильной системы контроля типа «МАК-2» для действующего нормативного документа Министерства промышленной политики Украины ГР-032-204

Разработанное автором правило последовательного принятия решений основанного на результатах контроля МСК и продолжающегося до исключения всех решений, кроме одного [22]. При этом, в МСК используется алгоритм типа стохастического программирования, оптимизирующий свойства контроля.

Предлагаемая схема, позволяет рационально и оптимально, в некотором смысле, учитывать указанную дополнительную информацию и за её счет получать

значительный дополнительный выигрыш в объеме контроля МСК [22].

Как показано в работе [2] глобальная проблема МСК заключается в том, что в МСК количественная оценка точности целесообразна только тогда, когда есть полная уверенность в адекватности и соответствии результатов контроля МСК истинному поведению, характеристикам и параметрам контролируемого объекта.

Кроме того, в работе [2] показано, что вопрос выбора пороговых значений для погрешностей МСК упирается в ресурсы-затраты, а так как все функции контроля МСК получаются из эксперимента то их точность тоже конечна. Таким образом, решение об адекватности результатов контроля МСК всегда выносится неформально и неалгоритмировано (рис.7).



**Рисунок 7 - Инструментальный контроль мобильной системой контроля закончен, впереди демонтаж аппаратуры МСК с подъемного сосуда, обработка полученных результатов и всесторонний анализ результатов контроля.
Концерн горнорудных и нерудных компаний Украины "Укррудпром"**

Выводы

МСК - это типичная система реального времени, которая должна собрать данные контролируемых параметров, произвести их обработку в соответствии с заданными алгоритмами и выдать результат контроля за такой промежуток времени, который обеспечивает успешное решение сформулированных задач.

МСК синтезируются гибким объединением относительно простых диссипативных структур [23-24], обладающих определенными соотношениями непрерывных и дискретных свойств. В гибких объединенных структурах

МСК происходят структурирование и качественные изменения, которыми не обладает ни одна из составляющих структур.

Формирование локализованных структур и спонтанного структурирования мобильной системы контроля уменьшает матрицы измерения и выделяет несколько основных критических параметров, к которым подстраиваются все остальные.

В МСК практическим путем подбирается чувствительность достаточной модели к изменению тех или других исходных данных, а также оценке роли неопределенностей, которые они содержат, и находится приемлемая точность контролируемого параметра технологического процесса, согласуемого в МСК с точностью остальных параметров.

Вопрос выбора пороговых значений для погрешностей МСК упирается в ресурсы-затраты. Решение об адекватности результатов контроля МСК всегда выносится неформально, неалгоритмировано и только после всестороннего анализа результатов контроля.

Автором разработано правило последовательного принятия решений и продолжающегося до исключения всех решений, кроме одного. При этом, в МСК используется алгоритм типа стохастического программирования, оптимизирующий свойства контроля. Предлагаемая автором схема позволяет рационально и оптимально, в некотором смысле, учитывать указанную дополнительную информацию и за её счет получать значительный дополнительный выигрыш в объеме контроля МСК.

Таким образом:

1. МСК – гибкая система для каждого конкретного случая и объекта контроля.

2. МСК – под действием меняющихся условий может структурироваться, что является своеобразным приспособлением закрытой системы к конкретным условиям контроля (требуемая точность контроля, температура, давление, радиация, энергетические помехи и т.п.).

3. МСК – может контролироваться внутри и внешне, но внешний контроль является в разработке.

1. А. И. Арсентьев, *Беседы о горной науке/ Арсентьев А. И., Падуков В. А.// Л., «Наука», 1981. 160 с.* 2. В. В. Лопатин, *Обеспечение необходимой точности мобильных систем контроля в горной и нефтегазовой отраслях/ Лопатин В. В.// Методи та прилади контролю якості. Науково технічний журнал - Івано -*

Франківськ - № 2 (37), 2016, С. 5-13 3. В. В. Лопатин, *Дослідження експериментальної мобільної системи контролю вібрації свердловинної штангової насосної установки/ Лопатин В. В.// Методи та прилади контролю якості. Науково технічний журнал - Івано-Франківськ .- №1(30), 2013, с. 8-15.* 4. В. В. Лопатин, *Теорія обробки многоканальними мобільними системами контролю більшого об'єму фактичних даних/ Лопатин В. В.// Методи та прилади контролю якості. Науково технічний журнал - Івано-Франківськ - № 1 (36), 2016, С. 68-75.* 5. В. В. Лопатин, *Методи і технічні пристрої експрес-діагностики динамічного стану системи "підйомна посудина - жорстка арміровка": Автореферат дис. канд. техн. наук: 05.05.06/ В. В. Лопатин. - Дніпропетровськ, 2001. - 18 с.* 6. Ю. Б. Гермейер, *Введение в теорию исследования операций/ Гермейер Ю. Б.// — М.: Наука, 1971. — 384 с.* 7. Хемди А. Таха, *Введение в исследование операций // Operations Research: An Introduction. — М.: Вильямс, 2007. — 912 с. — ISBN 0-13-032374-8.* 8. А. А. Грешилов *Математические методы принятия решений/ Грешилов А. А. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 584 с. — ISBN 5-7038-2893-7.* 9. Ю. Б. Гермейер, *Игры с иерархическим вектором интересов / Гермейер Ю. Б., Ватель И. А. // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. — 1974. — № 3. — С. 54—69.* 10. В. В. Лопатин, *Наукові основи розроблення системи контролю технічного стану жорсткого армування шахтних стовбурів. Автореферат дис. доктора техн. наук: 05.11.13./ Лопатин В. В. - Івано-Франківськ 2013. - 34с.* 11. А. Н. Тихонов, *Методы решения некорректных задач/ Тихонов А. Н. , Арсенин В. Я.// - М., Наука, 1974, 222 с.* 12. А. Н. Тихонов, *Численные методы решения некорректных задач / Тихонов А. Н., Гончарский А. В., Степанов В. В., Ягола А. Г.// - М., Наука, 1990, 232 с.* 13. А. Н. Тихонов, *О решении некорректно поставленных задач / Тихонов А. Н.// Докл. АН СССР, 1963, т. 151, № 3, с. 501-504* 14. А. Н. Тихонов, *О задачах с неточно заданной информацией/ Тихонов А. Н. // Докл. АН СССР, 1985, т. 280, № 3, с. 559-563.* 15. П. Е. Эльясберг, *Определение и коррекция движения (гарантирующий подход)/ Бахшиян Б. Ц., Назиров Р. Р., Эльясберг П. Е. //М.: Наука, 1980. 362 с.* 16. П. Е. Эльясберг, *Определение движения по результатам измерений / Эльясберг П. Е. - М.; Наука, 1976. - 416с.* 17. П. Е. Эльясберг, *Определение движения по результатам измерений / Эльясберг П. Е. - М. ЛИБРОКОМ, 2011. - 510 с.* 18. П. Е. Эльясберг, *Гарантированная оценка точности*

определения движения космических аппаратов / Эльясенберг П. Е. // Космические исследования. – 1974. - Т. 12, вып. 1. - С. 423-436. 19 П. Е. Эльясенберг, Про стойкость оценок точности определения орбит по результатам измерений / Эльясенберг П. Е. // Космические исследования. - 1978. - Т.16, вып. 5. - С. 658-667. 20. Ю. П. Пытьев Измерительно-вычислительный преобразователь как модель идеального средства измерения/ Сборник трудов 21-го Международного конгресса "Новые технологии газовой, нефтяной промышленности, энергетики и связи", М. – 2013, том 21, с. 428-435 21. Ю. П. Пытьев, Математическое моделирование субъективных суждений в теории измерительно-вычислительных систем/ Балакин Д. А., Волков Б. И., Еленина Т. Г., Кузнецов А. С., Пытьев Ю. П. // Интеллектуальные системы. Теория и приложения, М. – 2015, том 18, № 2, с. 33-78. 22. В. В. Лопатін, Підготовка і проведення експерименту із застосуванням мобільної

системи контролю стаціонарної підйомної установки/ Лопатін В. В. // Геотехническая механика: Межвед. науч.- техн. сб. - Дн-ск. – 2012. - Вып. 97.- С. 272-281 23. В. В. Лопатін, Мобільні вимірювальні системи в нафтогазовій та гірничій промисловості/ Копей Б. В., Лопатін В. В., Стефанишин О. І. Монографія. Івано-Франківськ, ІФНТУНГ, 2010, - 392с. 24. В. В. Лопатін, Вимірювальні засоби контролю і експрес діагностики обладнання нафтогазового машинобудування /Копей Б. В., Лопатін В. В., Копей І. Б. //Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Всеукраїнський цюквартальний науково технічний журнал. - Ів.-Фр.- 2003 .-№1(6) С. 129-13

Поступила в редакцію 3.10.2017 р.

**Рекомендували до друку: докт.техн.наук,
проф. Райтер П. М., докт. техн. наук, проф.
Середюк О. Є.**