

## МЕТОДИ І ЗАСОБИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

УДК 622.673.1: 681.514.54

### ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ ТОЧНОСТИ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ 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  
e-mail [nanu@igtm.dp.ua](mailto:nanu@igtm.dp.ua)

*Розглянута нова, раніше невирішена проблема організації управління, узгодження, самоорганізації і завдання об'єднання в складну структуру мобільної системи контролю в конкретній залежності від об'єкта контролю та вимог необхідної точності. Викладений матеріал дає можливість зрозуміти сенс нової проблеми і її відмінні риси від відомих, а також можливі рішення. Сформульовані протиріччя при синтезі МСК і вказані шляхи їх подолання. Розглянуто отримання державних дозвільних документів на контроль в гірській і нафтогазовій галузях на основі особистого досвіду автора.*

*Ключові слова: мобільна система контролю (МСК), точність, система реального часу (СРЧ), синтез, похибка.*

*A new, previously unsolved problem of the organization of management, coordination, self-organization and task associations in the complex structure of the mobile control system in particular, depending on the object of verification and the necessary accuracy requirements has been considered. The material makes it possible to understand the meaning of a new problem and its features to explore, as well as possible solutions. The contradictions in the synthesis of MCS and shown how to overcome them have been formulated. Consider The getting government permits to control the mining and oil and gas industries on the basis of personal experience of the author has been considered.*

*Keywords: mobile control system (MCS), accuracy, real-time operating system (RTOS), synthesis error.*

*Рассмотрена новая, ранее нерешенная проблема организации управления, согласования, самоорганизации и задачи объединения в сложную структуру мобильной системы контроля в конкретной зависимости от объекта контроля и требований необходимой точности. Изложенный материал дает возможность понять смысл новой проблемы и ее отличительные особенности от известных, а также возможные решения. Сформулированы противоречия при синтезе МСК и указаны пути их преодоления. Рассмотрено получение государственных разрешительных документов на контроль в горной и нефтегазовой отраслях на основе личного опыта автора.*

*Ключевые слова: мобильная система контроля (МСК), точность, система реального времени (СРВ), синтез, погрешность.*

#### **Вступлення**

Несмотря на мировой кризис, в последние годы наблюдается рост внедрения систем неразрушающего контроля и непрерывного мониторинга в различные отрасли промышленности. Накануне вступления Украины в ассоциацию ЕС предъявляются возрастающие требования к контрольной аппаратуре, непосредственно применяемой в производстве. В горной и нефтегазовой отрасли это связано с безопасностью и охраной труда. В соответствии со статьей 13 Закона Украины об охране труда ведомственный контроль по охране труда возлагается на работодателя, и с

этой целью работодатель внедряет прогрессивные технологии, достижения науки и техники, поэтому вопрос стоит наиболее остро. Это на наш взгляд объясняется тем, что:

1. Горные и нефтегазовые предприятия, ориентированные на долгосрочную перспективу, вынуждены нести затраты на внедрение систем неразрушающего контроля, чтобы в дальнейшем получить конкурентные преимущества за счет снижения числа аварий и простоя оборудования при проведении регламентных работ.

2. Современные технологии неразрушающего контроля и непрерывного

мониторинга позволяют своевременно и эффективно выявить аварийные узлы и вовремя принять необходимые меры.

3. Украина, к сожалению, продолжает практику экстенсивного развития бывшего СССР, когда горные и нефтегазовые предприятия оснащены морально устаревшим оборудованием, находящимся на грани выработки ресурса (рис.1-2.)

4. Для полноценной интеграции в мировую экономику и выполнения



Рисунок 1 - Нефтяная скважина ГАО «Черноморнефтегаз»

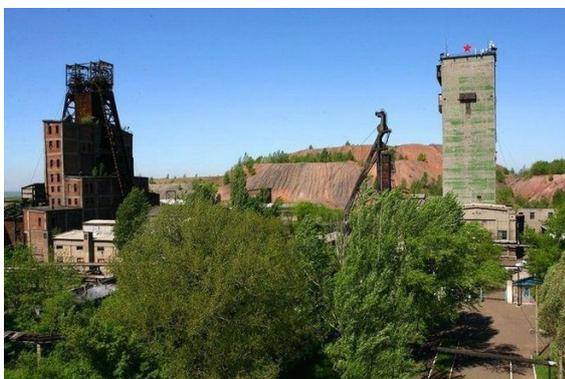


Рисунок 2 - Представительная многокопровая шахта Украины

международных норм по безопасности горные и нефтегазовые предприятия Украины вынуждены внедрять необходимые системы технологического контроля.

Главная особенность и сложность технологических процессов в горной отрасли заключается в проблематичности, а порой невозможности обеспечить непосредственный контакт чувствительного элемента датчика с контролируемой средой. Основные технологические процессы в горной отрасли,

подлежащие обязательному неразрушающему контролю, включают: контроль изменения горного давления, трещин и заколов в массиве горных пород для обеспечения выемочных работ; контроль открытой и закрытой границы уголь - порода для автоматизации движения выемочных машин, измерение ширины угольных целиков в плоскости простираения пласта для движения выемочного комбайна; определение расстояний между элементами горных машин и горными породами для автоматизации выемочных и транспортных машин при открытом и подземном способе добычи полезных ископаемых; выявление неоднородностей в грунте для защиты землеройных машин от поломок; распознавание кусков угля и породы для автоматизации шахтной сортировки; определение влажности угля после обогащения; определение уровня горной породы в бункерах; определение толщины замерзшего слоя горных пород при проходке методом замораживания; измерение амплитуды, частоты и фазы вибраций машин и конструкций.

В сложившейся аналогичной ситуации (какой оказалась Украина) во многих странах бывшего СССР в корне изменяют сложившуюся промышленную политику, ужесточая требования к контрольной аппаратуре и ее метрологическому обеспечению. Например, для предприятий разрабатывающих и производящих виброизмерительную аппаратуру требуется развитие эталонной базы, а также корректировка существующих и подготовка новых стандартов посредством участия в профильных технических комитетах ТК 183 «Вибрации и удар» и ТК 371 «Неразрушающий контроль».

Наиболее перспективными средствами контроля в этих отраслях являются мобильные системы контроля (МСК) основная задача которых - оснащение потребителей, обслуживающих оборудование потенциально опасных производств надежными компактными средствами неразрушающего контроля и мониторинга. В таких случаях адекватность и правильная оценка точности проводимого МСК контроля имеет важное государственное значение для горной и нефтегазовой отраслей, которые играют решающую роль в экономике Украины.

#### **Нерешенные ранее проблемы.**

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.

Принадлежность МСК к классу СРВ никак не связана с её быстродействием. Это распространённая ошибка, которую автор хотел разобрать детально и выразить своё мнение по данному вопросу. С точки зрения автора, практически все системы промышленной автоматизации, за редким исключением, являются системами реального времени (СРВ). Например, если МСК предназначена для контроля температуры горной выработки, то даже выполняя контроль с периодичностью один раз за час она будет работать в реальном времени. Исходные требования к времени реакции и другим временным параметрам МСК определяются техническим заданием на систему контроля или просто логикой её функционирования.

В литературе встречаются понятия систем: «жесткого» и «мягкого» реального времени, системы квазиреального времени, но автор не разделяет их точку зрения и разработки. Автор воздерживается от оценки этих работ, считая, что они пока проработаны теоретически и практически далеко не до конца.

Как показано в работах [1-3,11-13] мобильные системы контроля (МСК) синтезируются гибким объединением относительно простых диссипативных структур, обладающих определенными соотношениями непрерывных и дискретных свойств. Переход количественных изменений, происходящий в гибких объединенных структурах МСК в качественные изменения, которыми не обладает ни одна из составляющих частей, часто естественным образом выливаются в удачную схему МСК.

Под непрерывными свойствами структуры МСК автор понимает сохранение или плавное изменение своих основных свойств. Под дискретными свойствами структуры МСК автор понимает скачкообразное изменение с появлением новых качеств. Таким образом, возникла совершенно **новая формулировка вопроса организации управления, согласования, самоорганизации (структурирования) и задачи объединения в сложные структуры МСК в конкретной зависимости от объекта контроля и требований необходимой точности.** Под самоорганизацией в структуре МСК автор понимает гибкое объединение структур в общую для различных начальных условий. С точки зрения автора, термин «структурирование» более общий и точнее подходит по физическому смыслу, чем

общепринятый в литературе термин «самоорганизация», т.к. происходит под воздействием внешних влияний, а не сам по себе. Для МСК характерно формирование локализованных структур и спонтанной упорядоченности в пределах области локализации процесса контроля в динамике, что 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. Возникновение самоорганизации (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.

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.

Например, задача контроля МСК технической системы в общем виде [4] существенно зависит от решения конечного уравнения

$$f(x) = a, \quad (1)$$

где  $f(x)$  - функция, а  $a$  - константа, заданные описанием контролируемой системы.

Известно, что любой вычислительный метод приводит к корням этого уравнения  $\tilde{x}_i$ , только приближенно совпадающим с точными корнями  $x_i^0$ . Однако, если допустить, что эти корни и есть требуемый результат контроля МСК, то разности  $|\tilde{x}_i - x_i^0|$  могут служить мерой точности контроля. Поэтому, чтобы не оперировать со многими числами в оценке точности в МСК поступают следующим образом. В МСК формируется: вектор точных решений

$$\|x_{\Delta}\| = x_1^0, x_2^0, \dots, x_p^0$$

и вектор приближенных решений

$$\tilde{x} = \tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_p.$$

Затем формируется вектор, составленный из разностей соответствующих компонентов, т.е. число, характеризующее величину – норму. В МСК вводят норму различными способами, например

$$\|x_{\Delta}\| = \max_i |\tilde{x}_i - x_i^0| \quad (2)$$

Правая часть зависимости (2) означает, что в МСК вычисляется наибольшая из величин

$$|\tilde{x}_1 - x_1^0|, |\tilde{x}_2 - x_2^0|, \dots, |\tilde{x}_p - x_p^0|. \quad (3)$$

Поэтому, очевидно мы можем утверждать, что предлагаемый метод оценки адекватности в МСК тем точнее, чем меньше неотрицательная величина  $\|x_{\Delta}\|$ . В идеале, если бы все величины (3) стали бы равны нулю, мы получили бы точное решение (1).

Таким образом в общем виде  $\|x_{\Delta}\|$  является нормой – адекватной оценкой точности контроля МСК контролируемой системы в целом.

Тем не менее, углубленный и критический анализ заставляет отнестись к полученному, казалось бы, логическому и правильному выводу осторожнее. Например, вызывает сомнения, что МСК найдет все  $p$  корни точного решения и, что число компонентов в обоих  $\tilde{x}_i$  и  $x_i^0$  векторах МСК одинаково. Из этого возникают задачи сформировать в МСК:  $\tilde{x}_i$  и  $x_i^0$  векторы с равным числом составляющих, разностный вектор  $\tilde{x}_{\Delta}$  и вычислить его  $\|x_{\Delta}\|$ .

За вышеприведенными, кажущимися чисто формальными проблемами скрывается глобальная проблема МСК. 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.

В практике применения МСК можно привести достаточно случаев, когда при решении разностных и более сложных уравнений находились не все корни. Очевидно, что требования к адекватному соответствию результатов контроля должны возникнуть и в других задачах МСК, совсем не обязательно связанных с решением уравнений.

Не менее важным вопросом является измерение ошибок анализа и контроля МСК. Например, для контроля объекта интересует не

совокупность чисел (1), а единственная функция с одной координатой.

Допустим в общем виде, что для контроля МСК требуется функция времени  $y(t)$ , тогда истинная функция  $y^0(t)$ , а вычисленная МСК  $\tilde{y}(t)$ . Понятно, что все функции, полученные в МСК, содержат конечное число чисел и относятся к конечной области  $[0, T]$  времени  $t$ . Тогда, задача оценки контроля МСК сводится к сопоставлению двух функций  $y^0(t)$  и  $\tilde{y}(t)$  при  $0 \leq t \leq T$ .

Сравнение в МСК можно провести

$$\zeta = \sqrt{\int_0^T [y^0(t) - \tilde{y}(t)]^2 dt} \quad (4)$$

тогда максимальное уклонение одной функции от другой на отрезке  $[0, T]$

$$\nu = \max_{[0, T]} |y^0(t) - \tilde{y}(t)| \quad (5)$$

То есть необходимо сначала для всех значений  $t$  рассчитать в МСК разность между ординатами двух функций и выбрать наибольшую по абсолютной величине.

При необходимости, нетрудно построить критерии аналогичные (4) и (5) для более общего случая, когда для контроля необходима не одна, а набор функций  $y_1(t), \dots, y_p(t)$ . В данном случае можно, например, образовать в МСК вектор, составленный из разностей  $\tilde{y}_1(t) - y_1^0, \dots, \tilde{y}_p(t) - y_p^0$ , и для каждой разности найти собственную (5). Тогда из вектора, составленного из функций, мы в МСК получим вектор, образованный цифрами, а для него нетрудно найти  $\|x_{\Delta}\|$ , как в (2).

Из сказанного вытекает вывод, что контроль МСК адекватен при выполнении условий

$$\zeta < \zeta_{кр}, \quad \nu < \nu_{кр} \quad (6)$$

и им подобным.

Возникает вопрос выбора пороговых значений для погрешностей МСК.

1. Требования точности упирается в ресурсы-затраты.

2. Все функции получаются из эксперимента и их точность тоже конечна.

3. Вычисление чисел (4-6) осуществляется с погрешностью.

Таким образом, решение об адекватности результатов контроля МСК в конечном счете выносится неформально и неалгоритмировано.

Охарактеризуем основные вычислительные задачи МСК, которые необходимо решать на том или ином этапе контроля, и хотя они меняются, например, в зависимости от того,

ограничиваемся мы контролем поведения системы или только ее характеристик. Тем не менее перечисленные ниже проблемы встречаются при контроле МСК почти всякой технической системы.

Решение самых разнообразных уравнений в задачах контроля МСК как правило можно записать в общем виде. Поэтому основные трудности связаны не с возможностями МСК, а с неумением составить подходящий вычислительный метод, который позволил эффективно использовать МСК.

В контролируемой МСК технической системе можно обнаружить набор численных параметров и указать разумные пределы их контроля. Более того, повторив процесс контроля МСК для ряда значений параметров, можно получить более полную информацию, чем при однократном контроле. Здесь логично руководствоваться априорной информацией и альтернативой полноты информации – затраты.

Чтобы связать физические процессы возбуждения колебаний на различных диапазонах частот с диагностическими признаками неисправностей, необходимы модели вибрационных сигналов. Как известно, в области вибрационной диагностики существуют следующие классы моделей: импульсные модели вынужденных и собственных колебаний; модели огибающей вибрационного сигнала; полигармонические модели; квазиполигармонические модели. Вопрос о правильном выборе модели вибрационного сигнала на сегодня остается открытым и требует индивидуального подхода в каждом отдельном случае, несмотря на довольно глубокие исследования, которые уже выполнены и выполняются сегодня различными исследователями.

Например, для контроля редукторов СШНУ (Скважинная штанговая насосная установка) МСК и рассмотрения процессов возбуждения колебаний в зубчатых зацеплениях, подшипниках качения и скольжения достаточно универсальной является импульсная модель. В данной модели применяют функцию (1), определяющую отдельный импульс и аналитически представляют ее через периодическую последовательность импульсов в виде выражения:

$$\zeta \text{Г} = \sum_{R=-\infty}^{\infty} f(t - t_R), \quad (7)$$

где  $t_R = t_0 + RT_0$ ;  $R$  – целое число;  $T_0$  – период импульсов.

Рассмотрим сопряжения зубьев в редукторе СШНУ. Модель для этого случая представляют периодической последовательностью в виде

$$x(t) = \sum_{Y=1}^Y y_Y \delta(t - nT_{\omega}), \quad (8)$$

где  $T_{\omega} = T_{\text{деф}}$  – период процесса попадания дефектов в зону контакта зубьев, равный периоду вращения зубчатого колеса редуктора ( $1/T_{\text{деф}} \ll 1/T_n$ );  $n$  – целое число;  $\delta$  – дельта функция.

Некоторые специалисты, например, в работах [5-9] рекомендуют переходить к рассмотрению вибрационного процесса в частотной области. Автор не разделяет эту точку зрения. Автор считает, что такая модель дает только общий вид вибрационного сигнала в широком диапазоне, а, например, диагностические признаки зубчатых зацеплений и подшипников редукторов СШНУ находятся в зоне узкого диапазона одной из гармоник основной частоты возбуждения редуктора [1-2]. При этом модель вибрационного процесса в частотной области для рассмотрения зубчатых передач и подшипниковых узлов редукторов СШНУ имеют неоправданную сложность и не дают никаких преимуществ перед простыми моделями.

Известна полигармоническая модель вибрационных процессов [5-7], которая нашла широкое применение для оценки технического состояния подшипниковых узлов. Автор считает, что известную полигармоническую модель вибрационных процессов необходимо уточнить путем введения всегда присутствующим при контроле узлов редукторов СШНУ МСК широкополосным шумом

$$x(t) = \sum A_i \cos(\omega_i t + \varphi) + \zeta(t), \quad (9)$$

где  $\zeta(t)$  – широкополосная шумовая помеха.

Предлагаемая автором уточненная модель (9), несмотря на простоту, позволяет в низкочастотном и среднечастотном диапазоне сконцентрировать внимание контролирующего лишь на определенных частотах  $\omega_i$ , кратных основной частоте возбуждения в редукторе СШНУ.

Усложнение модели и объекта контроля в редукторе СШНУ приводит к существенному усложнению характера вибрации с приобретением свойств случайного процесса.

По мнению автора необходимо дополнить широко известную квазиполигармоническую модель вибрационных процессов с кратными средними частотами [5-7] шумовой помехой  $\omega_{\text{ном}}(t)$

$$x(t) = \sum_{i=1}^n A_i(t) \cos[\omega_{0i} t - \varphi_i(t)] + \omega_{ном}(t), \quad (10)$$

где  $A(t)$  – случайная, медленная, по сравнению с  $T_i = 2\pi/\omega_{0i}$ , огибающая контролируемого параметра;  $\omega_{0i}$  – средняя частота контролируемого параметра;  $\varphi_i(t)$  – изменяющаяся фаза контролируемого параметра;  $\omega_{ном}(t)$  – шумовая помеха.

Предлагаемая квазиполигармоническая модель (10) хорошо моделирует рост шума при увеличении степени износа контактирующих поверхностей в редукторе СШНУ. Она в достаточной для контроля МСК мере учитывает вибрационный шум, являющийся следствием воздействия сил трения и ударных возмущений в редукторе СШНУ.

Например, вынужденные и собственные колебания редуктора СШНУ являются носителями информации о его техническом состоянии, причем характер и объем информации разный. Так амплитуда вынужденных колебаний, являясь энергетической характеристикой физического процесса, содержит информацию о качестве изготовления, сборки и ремонте редуктора СШНУ, о существенных изменениях его технического состояния, а также сопряженной с аварийной ситуацией в процессе эксплуатации. Модуляция вынужденных колебаний и колебания в области собственных колебаний редуктора СШНУ – информация о наличии дефектов на ранней стадии их возникновения [2]. Рост модуляции вынужденных колебаний и колебаний в области собственных колебаний редуктора СШНУ объективное свидетельство о развитии дефекта [12].

Разумеется, модель в МСК является результатом «огрубления» реальной технической системы; какие-то черты мы вынуждены игнорировать – иначе контроль и анализ был бы невозможен. Однако, если такое «огрубление» выполнено удачно, то модель контроля получается приемлемо адекватной и не столь сложной, что бы ее нельзя было обработать при имеющихся в МСК ресурсах за необходимое время СРВ.

Моделирование вибрационных сигналов в МСК позволяет связать физические процессы возбуждения колебаний в контролируемом МСК объекте с диагностическими признаками неисправностей и нарушениями в процессе эксплуатации на даже ранней стадии их возникновения.

Проблемы синтеза МСК в известном смысле обратна задаче анализа и заключается в

форме процесса преобразования одних описаний в иные, да и сам процесс преобразования описаний другой. Обычно синтез МСК содержит два компонента: структуры МСК и выбор параметров этой структуры. Причем выбор структуры МСК во многих задачах контроля плохо формализуется и алгоритмируется. Именно здесь используется умение опереться на интуицию, ассоциации, опыт решения похожих или существенно отличных задач контроля в прошлом и т.д. Основное противоречие в синтезе МСК состоит в том, что нередко формулировка задачи контроля полностью проясняется лишь после ее длительной эксплуатации.

В горной и нефтегазовой отраслях контрольные работы на промыслах и горных выработках попадают под действия ряда Законов Украины и постановлений Кабинета Министров Украины. Например, Закон Украины «О лицензировании определенных видов хозяйственной деятельности» от 1 июня 2000 года № 1775-III и Постановление Кабинета Министров Украины «Об утверждении перечня документов, прилагаемых к заявлению о выдаче лицензии для отдельного вида хозяйственной деятельности» от 4 июля 2001 года № 756. Кроме того государственный контроль отнесен к работам повышенной опасности и под особым наблюдением Государственного комитета Украины по надзору за охраной труда (Гостехнадзорхрантруда Украины).

Мой личный опыт разработки и внедрения МСК показывает, что даже реальное внедрение на объекте с доказательством всех параметров МСК согласно ТУ (технического задания), официальным оформлением акта внедрения с подтвержденным экономическим эффектом (рис. 3) еще далеко не означает внедрение его в отрасли и даже на аналогичном объекте, а только начальный необходимый этап внедрения в горной и нефтегазовой отраслях.

Эту широко распространенную ошибку, автор хотел разобрать детально и поделиться своим опытом внедрения МСК в горной и нефтегазовой отраслях. Особенностью и спецификой горной и нефтегазовой отраслей является то, что технологические процессы, машины, механизмы, оборудование и другая опасная продукция, допускаются в эксплуатацию (к применению) только при условии проведения экспертизы на соответствие их нормативно-правовым актам Украины и отраслевым стандартам Украины (СОУ). Причем работодатель несет непосредственную персональную ответственность (вплоть до уголовной включительно) за нарушение

указанных требований на его объекте. В моей практике среди первых лиц на объекте (которые подписывают акт внедрения) нарушителей вышеуказанных требований я не встречал.



Рисунок 3 - Успешное внедрение автором МСК типа «МАК-1» на шахте ПАО «Криворожский железорудный комбинат» с подтвержденным экономическим эффектом

Напоминаю, что согласно требований ДАК (ВАК) Украины даже обычный акт внедрения диссертационных исследований требует обязательной проверки [17-18], действительно ли имело место внедрение или оно имело формальный характер. Акт считается действительным подписанный хотя бы 2-3 членами (подпись главного бухгалтера или начальника планового отдела обязательна), кроме председателя комиссии. Акт утверждается директором, главным инженером или заместителем директора по экономике. В акте обязательно разъясняется, чем внедрение было полезно и как оно соответствует исследованиям соискателя. Очень важно указать эффект, хотя бы оценочный или ожидаемый с соответствующими расчетами. В случае не соответствия подписей или вышеизложенному акт может повергнут сомнению и отклонен.

На основе результатов исследований выполненных лично автором на 29 объектах в разных регионах СНГ (рудниках «Октябрьский», «Таймырский» и «Скалистый» ОАО ГМК «Норильский никель», тресте «Норильскшахтстрой» ООО «Заполярная строительная компания», шахте «Подмосковная» ОАО «Тулауголь», шахте «Кочегарка» ПО «Артемуголь», ОП «Шахтоуправление им. В.М. Бажанова» ГП «Макеевуголь», концерн горнорудных и нерудных компаний Украины "Укррудпром", 19 рудниках и шахтах ПАО «Криворожский железорудный комбинат», ГП «Восточный горно-обогатительный комбинат» и ЗАО

«Запорожского железорудного комбината», на скважинах НГПУ «Долинанефтегаз» и Бориславской ЦБПО) [2, 13], автором получены данные, свидетельствующие о том, что на внедрение в отрасли, утверждение нормативных документов (рис. 4) и проведение государственной метрологической аттестации мобильной системы контроля [14-16] (рис. 5),

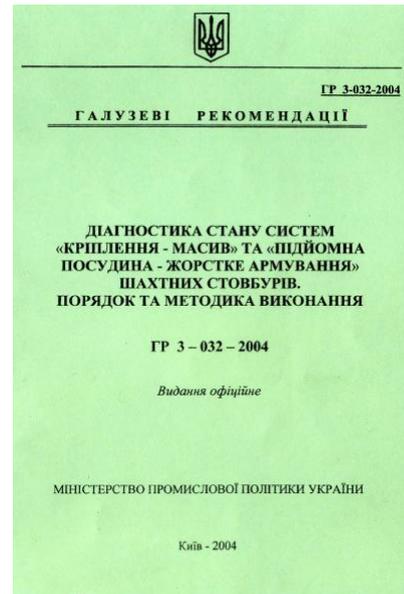


Рисунок 4 - Отраслевой нормативный документ мобильной системы контроля



Рисунок 5 - Государственная метрологическая аттестация мобильной системы контроля

т.е. её доводки на объектах в горной и нефтегазовых отраслях, требуется значительное время (минимум 8-10 лет) и дополнительные

затраты более 40 % от общей стоимости разработки МСК до получения государственного разрешительного документа на контроль в отрасли (рис. 6).



Рисунок 6 - Государственный разрешительный документ на контроль в отрасли

Согласно ст.38 Закона Украины об охране труда государственный надзор за соблюдением законодательных и иных актов осуществляют **только должностные лица, специально уполномоченные комитетом Гостехнадзорхрантруда 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.

#### Вывод.

Решение об адекватности результатов контроля МСК в конечном счете выносится неформально и неалгоритмировано. Количественная оценка точности МСК целесообразна только тогда, когда есть полная уверенность в адекватности и соответствии результатов контроля МСК истинному поведению, характеристикам и параметрам контролируемого объекта.

В результате структурирования (самоорганизации) в МСК происходит уменьшение матрицы измерения и выделение нескольких основных критичных параметров, к которым подстраиваются все остальные. Для МСК характерно формирование локализованных структур и спонтанной

упорядоченности в пределах области локализации процесса контроля в динамике, что позволяет забывать в некоторых случаях детали начальных данных.

Моделирование вибрационных сигналов в МСК позволяет связать физические процессы возбуждения колебаний в контролируемом МСК объекте с диагностическими признаками неисправностей и нарушениями в процессе эксплуатации на ранней стадии их возникновения.

Основные трудности связаны не с возможностями МСК, а с неумением составить подходящий вычислительный метод, который позволил эффективно использовать МСК под конкретный параметр контролируемого объекта.

Неформально противоречие при синтезе МСК можно характеризовать следующим образом: создать эффективную МСК удается, лишь когда мы четко знаем, какая МСК требуется для данного объекта контроля; однако, это знание приходит лишь в процессе доводки и отыскания нужной, на практике многие вопросы остаются неясными и не решенными, даже когда МСК реализована в «железе».

Доводка МСК на объекте и государственное внедрение в горной и нефтегазовой отраслях требует значительного времени и дополнительных затрат - более 40% от общей стоимости разработки.

1. Лопатін, В.В. Мобільні вимірювальні системи в нафтогазовій та гірничій промисловості/ Копей Б.В., В.В., Стефанишин О.І. Монографія. Івано-Франківськ, ІФНТУНГ, 2010, - 392с.
2. Лопатін, В.В. Наукові основи розроблення системи контролю технічного стану жорсткого армування шахтних стовбурів. Автореферат дис. доктора техн. наук: 05.11.13./ В.В. Лопатін. - Івано-Франківськ 2013. - 34с.
3. Лопатін, В.В. Дослідження експериментальної мобільної системи контролю вібрації свердловинної штангової насосної установки/ В.В. Лопатін// Методи та прилади контролю якості. Науково технічний журнал - Івано-Франківськ. - №1(30), 2013, с.8-15.
4. ГОСТ 8.207-76. Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.
5. Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов/ Ф. А. Балицкий, М. А. Иванов, А. Г. Соколова, Е. И. Хомяков.- М. Машиностроение, 1984.- 120с.
6. Павлов Б. В. Акустическая диагностика механизмов/ Б. В.

Павлов// – М. Машиностроение, 1971. - 224 с. 7. Ляшенко А.С. Моделирование в вопросах диагностики роторных механизмов сельскохозяйственных машин// А. С. Ляшенко, Л. А. Малащенко, Л. Н. Переверзева/ Вісник ХНТУСГ. Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільському господарському машинобудуванні. X: ХНТУСГ, 2005.- Вип. 40. – С. 267-273. 8. Papoulis A. Probability, Random Variables, and Stochastic Processes. – 2nd. nd. New York: McGraw-Hill, Inc. 1984. - 357 p. 9. Thomas J. An Introduction to Statistical Communication Theory. New York: John Wiley and Sons, Inc., 2001. - 426 p. 10. Мигаль В. Д. Вибрационные методы и средства распознавания дефектов машин/ В. Д. Мигаль. – X.:ХГПУ. 1996.- 234 с. 11. Лопатін, В.В. Дослідження експериментальні мобільної системи контролю вібрації свердловинної штангової насосної установки/ В.В. Лопатін// Методи та прилади контролю якості. Науково технічний журнал - Івано-Франківськ .- №1(30), 2013, с. 8-15. 12. Лопатін, В.В. Теория обработки многоканальными мобильными системами контроля большого объема фактических данных/ В.В. Лопатін// Методи та прилади контролю якості. Науково технічний журнал - Івано-Франківськ - № 1 (36), 2016, С. 68-75. 13. Лопатін, В.В. Методи і технічні пристрої експрес-діагностики динамічного стану системи "підйомна посудина - жорстка арміровка": Автореферат дис. канд. техн. наук: 05.05.06/ В.В. Лопатін. - Дніпропетровськ, 2001. - 18 с. 14. Лопатін, В.В. Мобильная измерительная система контроля шахтного подъемного комплекса как метрологическая структура/ В.В. Лопатін//

Сучасні ресурсоенерго-зберігаючі технології гірничого виробництва. Науково-виробничий збірник. Випуск № 2/2009 (4) – Кременчук. - 2009, С. 44-50. 15. Лопатін, В.В. Метрологический анализ цифровых измерений мобильной измерительной системы контроля/ В.В. Лопатін// Сучасні ресурсоенерго-зберігаючі технології гірничого виробництва. Науково-виробничий збірник. Випуск № 2/2010 (6) – Кременчук. - 2010, С. 97-104 16. Лопатін, В.В. Цифрова фільтрація, спектральний аналіз та оптимізація точності вимірювань у мобільній системі контролю/ В.В. Лопатін// Геотехническая механика: Межвед. науч.-техн. сб. - Дн-ск. – 2012. -Вып.105.- С. 250-260 17. Як підготувати і захистити дисертацію на здобуття наукового ступеня (методичні поради), 3-є видання, виправлене і доповнене/ Редакція «Бюлетеня Вищої атестаційної комісії України», «Толока» Київ -2007. – 80 с. 18. Довідник здобувача наукового ступеня (збірник нормативних документів та інформаційних матеріалів з питань атестації наукових кадрів вищої кваліфікації), 5-е видання, виправлене та доповнене/ Редакція «Бюлетеня Вищої атестаційної комісії України», «Толока» Київ - 2011. – 55 с.

Поступила в редакцію 03.11.2016 р.

Рекомендували до друку: докт.техн.наук,  
проф. Райтер П.М., докт. техн. наук, проф.  
Юрчишин В.М.