

Дальнейшие исследования необходимо проводить в направлении более детального определения глубинности геодинамических процессов, происходящих в породном массиве над отработанной железорудной залежью.

Список литературы

1. Сдвигание горных пород и земной поверхности на рудных месторождениях. **И.А. Кузнецов, А.Г. Акимов, В.И. Кузьмин и др.** М: Недра, -1971.-224с.
2. **И.Ш. Коган** «Самоорганизация горной породы вокруг неоднородностей», издательство ЮжКаз ЦНТИ, 1985г.
3. Явление электризации горных пород при механическом нагружении. **Н.И. Бахов**, Институт геофизики НАН Украины.-Киев, Украина, 2006г.
4. Некоторые аспекты применения метода наблюдения естественного импульсного электромагнитного поля земли (ЕИЭМПЗ) для решения геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических задач. - **М.М. Довбнич, И.С. Белых, Г.И. Кузина, Г.С. Стывас**, ДО УкрГГРИ – г. Днепропетровск, Украина, 2006г.
5. Исследование и прогноз характера процесса сдвижения с районированием подрабатываемых территорий при отработке глубоких горизонтов шахт Кривбасса на предмет использования в народном хозяйстве. Отчет о НИР /ГНПП «МЭГГИ», рук.Сазонов А.В., -Кривой Рог, 1995 г. -94 с.

Рукопись поступила в редакцию 22.01.13

УДК 622.062:622.281

Д.В. БРОВКО, канд. техн. наук, доц., К.А. АГАТЬЕВ, аспирант
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ГОРНО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Рассмотрены методологические направления по обеспечению безопасности эксплуатации строительных объектов, а именно к разработке научных основ технического диагностирования состояния несущих элементов зданий и сооружений горнопромышленного комплекса

Проблема и ее связь с другими практическими задачами. Значительный износ существующих горнотехнических зданий и сооружений с большим сроком эксплуатации, а также низкое качество поддержания и реконструкции таких объектов, возведенных в стране за последние четверть века и более, являются причинами роста числа обрушений зданий и сооружений, нередко сопровождающихся гибелью людей. В этой связи для повышения надежности и безопасности эксплуатации строительных объектов в последние годы в разработан целый ряд нормативных документов в области диагностирования, обследования и мониторинга технического состояния зданий и сооружений.

Исторически задачи повышения безопасности зданий и сооружений при длительном их использовании решались по разным методологическим концепциям, сыгравшим, несомненно, свою положительную роль. И, прежде всего, следует отметить, что еще на рубеже 60-70-х годов прошлого века усилия известных специалистов [1] были направлены на научное обоснование принципов задания уровня надежности зданий и сооружений еще на стадии их проектирования, что позволило в 80-х годах при переработке всех СНиПов по проектированию несущих элементов (строительных конструкций и грунтовых оснований) зданий и сооружений ввести соответствующие коэффициенты «запаса» (по надежности, условиям работы, по материалу и т.п.), которые заложены во всех СНиПах по проектированию и в настоящее время. Однако подобный методологический подход не позволяет оценивать фактическую надежность несущих элементов и в целом зданий и сооружений на стадии их эксплуатации и после проведения реконструкции, поскольку в классической теории [1] надежность любого объекта должна оцениваться вероятностью того, что объект на заданный момент окажется в каком-то заданном состоянии. Невозможность решения подобных задач оценивания надежности применительно к таким объектам, как эксплуатируемые здания и сооружения горнодобывающих предприятий, в частности, обусловлена была тем, что в нормативной базе вообще до 1997 г. не была регламентирована классификация состояний строительных объектов и их несущих элементов, которая впервые в нашей стране была представлена в [2]. Однако даже введение этой классификации не позволяет оценивать надежность эксплуатируемых объектов по показателю вероятности

того, что объект в данное время (или через какое-то время) окажется в каком-то конкретном состоянии (например, в «работоспособном», «ограниченно работоспособном», или в каком-то другом состоянии), поскольку на практике для распознавания (идентификации) этого состояния нам никогда не хватает информации, которая должна вводиться в расчетные зависимости для вычисления вероятности очень сложного события, каковым является конкретное «техническое состояние» строительных объектов

Постановка задачи. Понимание этого факта привело к необходимости развития другого методологического направления по обеспечению безопасности эксплуатации строительных объектов, а именно к разработке научных основ технического диагностирования состояния несущих элементов зданий и сооружений горнопромышленного комплекса.

Изложение материала и результатов. При реконструкции зданий и сооружений используется техника и оборудование, вызывающие динамические воздействия на конструкции. Эти воздействия можно отнести к категории действия малой интенсивности, и хотя они не оказывают существенного влияния на прочность и жесткость несущих конструкций, их влияние на людей, находящихся в помещениях, может оказаться крайне негативным.

Известно, что на человека влияют некоторые диапазоны частот, вызывающих негативную реакцию организма и регламентируются санитарными нормами. Метод прямых приборных измерений динамических характеристик при работе оборудования позволяет контролировать соблюдение норм, но в этом случае отсутствует возможность прогнозирования негативного воздействия динамических воздействий на человека независимо от его пространственного положения в здании.

Выполнение расчетов строительных конструкций горнотехнических зданий и сооружений является многовариантной задачей. Ее многовариантность заключается в том, что независимо от сложности конструкции существует возможность ее представления целым набором расчетных моделей различной степени, достоверность которых заключается в определенный допустимый интервал точности вычисления параметров напряженно-деформированного состояния конструкции.

Выбор адекватной расчетной модели зависит в первую очередь от целей исследования. В некоторых случаях и простейшая модель здания в виде балки-стенки с приведенными прочностными характеристиками и поверхностной дополнительной нагрузкой может дать достаточную информацию для анализа некоторых необходимых параметров.

Однако для комплексного исследования конструкций, когда важными могут оказаться несущественные на первый взгляд параметры, необходим подробный аналитический материал. Такой материал можно получить только путем расчета детальных моделей конструкций и их систем с учетом как можно большего числа существенных параметров. При этом критерием адекватности расчетных моделей эксплуатируемых зданий могут быть результаты обследования технического и экологического состояния с выявлением деформаций, повреждений и дефектов, накопившихся за предыдущий цикл их работы.

Учитывая, что обследование технического состояния зданий является обязательной процедурой перед их реконструкцией, проектировщику практически всегда доступны материалы, позволяющие оценить адекватность расчетных моделей. Одна из основных проблем расчета промышленных зданий и сооружений, при проектировании работ по реконструкции, состоит в обоснованном назначении расчетных моделей, правильного учета их расчетных параметров и определении приоритетов в отношении предположений, принятых для упрощения процедуры расчета. Однако в любом случае расчетная модель, описывающая объект в целом, с учетом всех конструктивных элементов, их связей, особенностей работы, получается довольно громоздкой, что делает расчетный эксперимент очень сложным и ресурсоемким, а если добавить необходимость учета нелинейного характера работы материалов конструкций, геометрической нелинейности, истории приложения нагрузок, то - практически невозможным.

За период эксплуатации здания подвергаются деформационным воздействиям, что приводит к повреждению стен и перегородок, раскрытие деформационных швов и крена частей здания. При наличии подробной инженерно-конструкторской документации, сведений об инженерно-геологических изысканиях и результаты обследования технического состояния здания с определением высотного положения основных несущих конструкций, появляется возможность составления подробной расчетной модели, в которой учтены все несущие элементы (внешние и

внутренние несущие стены, плиты перекрытий и покрытия, обрамление лестничных клеток). Из внешних воздействий учитываются, кроме собственного веса элементов, ветровая и снеговая нагрузки, вынужденные деформационные воздействия, и влияние неравномерно деформируемого основания по значениям полученным в результате обследования технического состояния здания.

Рассмотрим статически неопределимые стержневые конструкции, нагруженные эксплуатационной нагрузкой после внезапного (мгновенного) воздействия. В результате такого воздействия в конструкциях возможен мгновенный переход конструктивной системы в запредельное состояние. Он может характеризоваться внезапным хрупким разрушением отдельных элементов, сечений, узлов конструктивной системы. При этом опасным становится не только разрушение этого элемента - переход заданной n -раз статически неопределимой системы в систему $(n-1)$ -раз статически неопределимую (первый этап), но и возникающий эффект внезапного воздействия на другие элементы конструкции. В этих условиях в элементах конструкции могут также возникнуть запредельные состояния второй или первой группы. В последнем случае возможно как локальное, так и прогрессирующее (лавинообразное) разрушение всей системы - переход $(n-1)$ - раз статически неопределимой системы в изменяемую систему (второй этап). В процессе разрушения отдельных элементов и соответственно выключения на первом и втором этапах изменяются конструктивная и расчетная схемы системы.

Для решения задачи оптимизации устойчивости балочных и стержневых конструкций с последовательным соединением элементов и изменяющимися в процессе нагружения рассмотрим конструктивные и расчетные схемы разной степени сложности (рис. 1).

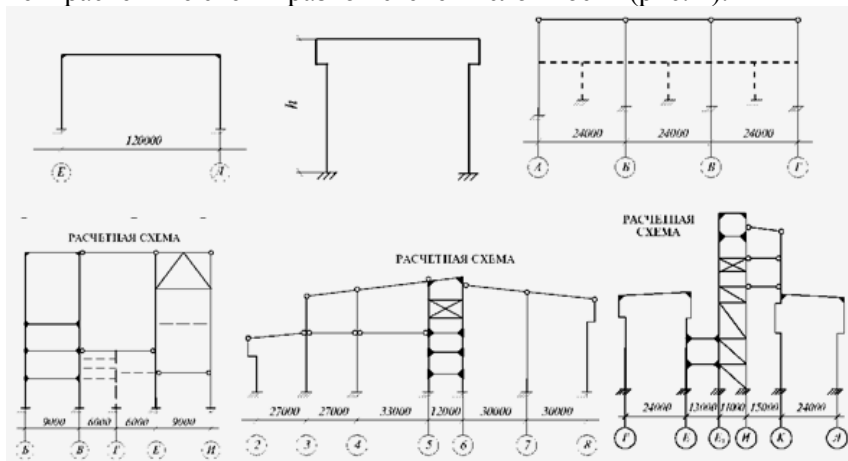


Рис. 1. Расчетные схемы стержневых конструкций разных групп сложности

При построении расчетной модели и методики оптимизации характеристик отказа нелинейных стержневых систем в условиях ограниченной выборки статистической информации приняты следующие исходные предпосылки:

полагается, что все входящие параметры конструкции (нагрузки, прочность материалов и др.) являются непрерывными случайными величинами и подчиняются нормальному закону распределения;

при внезапном переходе заданной n -раз статически неопределимой стержневой конструктивной системы в $(n-1)$ -раз статически неопределимую систему, полная удельная энергия системы не изменяется;

переход сечений элементов $(n-1)$ -раз статически неопределимой системы в запредельное состояние второй или первой группы при внезапном выключении из работы связей или сечений в исходной n -системе характеризуется теми же критериями, что и при кратковременном режиме нагружения, но с учетом изменения пределов прочности материалов определяемых продолжительностью внешнего воздействия [3];

разрушение стержневой конструктивной системы определяется таким набором последовательно выключающихся связей которые превращают конструкцию в кинематически изменяемую систему. Если минимально возможное число выключающихся связей охватывает ограниченную область конструктивной системы, то возникает локальная схема разрушения; если ми-

нимально возможное число выключающихся связей охватывает большинство элементов системы - возникает прогрессирующее (лавинообразное) разрушение конструктивной системы; для балочных и рамно-стержневых конструкций считается возможным использование задач оптимизации рамной системы.

На основе применения прямого метода вероятностного анализа предлагается оптимизация характеристик надежности статически неопределимых железобетонных балочных и рамно-стержневых систем. Методика строится на вероятностной модели и позволяет учесть изменчивость свойств материалов, характеристик сечений, нагрузок и других факторов, определяющих несущую способность конструкций.

Пусть имеется некоторое определяющее соотношение вида

$$D = D(Q, q_1, q_2, \dots, q_n) = 0, \quad (1)$$

искомая величина Q , экстремальное значение которой представляет интерес, с параметрами q_1, q_2, \dots, q_n связанными между собой условием

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = Q = const, \quad (2)$$

Величина Q может представлять собой, в частности, наименьшее значение критического параметра внешней нагрузки, а параметры q_1, q_2, \dots, q_n определять соответствующие объемы (или стоимости) материала, суммарная величина которых ограничена условием (2).

Экстремум $Q = Q(q_1, q_2, \dots, q_n)$ ограничению (2) можно определить, представив вспомогательную функцию Лагранжа L в форме

$$L = Q(q_1, q_2, \dots, q_n) + \lambda(q_1 + q_2 + \dots + q_n),$$

где λ - множитель Лагранжа

Необходимые условия экстремума имеют вид

$$\partial L / \partial q_1 = 0; \quad \partial L / \partial q_2 = 0; \quad \dots \quad \partial L / \partial q_n = 0;$$

откуда следуют зависимости

$$\partial L / \partial q_1 \quad (3)$$

В соответствии с (1) частные производные Q по параметрам q могут быть найдены из соотношений

$$\frac{\partial D}{\partial Q} \cdot \frac{\partial Q}{\partial q_i} + \frac{\partial D}{\partial q_i} = 0, \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

Зависимости (3), устанавливающие необходимые условия относительного экстремума Q , запишутся в форме

$$\frac{\partial D}{\partial q_1} = \frac{\partial D}{\partial q_2} = \dots = \frac{\partial D}{\partial q_n} = \lambda \frac{\partial D}{\partial Q}. \quad (4)$$

Соотношения (1) и (2) вместе с соотношениями (4) образуют систему $(n+2)$ уравнений, из которых могут быть определены $(n+2)$ неизвестные величины: n значений параметров q_i значение λ и экстремальное значение соответствующее величине Q .

В тех случаях, когда сведения о значении множителя Лагранжа не представляют особого интереса, для полного решения рассматриваемой оптимизационной задачи в качестве $(n+1)$ неизвестных величин следует принимать q_1, q_2, \dots, q_n и Q .

К зависимостям (4) и (3) можно прийти также и при иной постановке задачи, когда величина Q является заданной и цель решения - определение значений q_1, q_2, \dots, q_n соответствующих минимуму суммы $(q_1 + q_2 + \dots + q_n)$. В этом случае вспомогательная функция Лагранжа L записывается в форме

$$\bar{L} = (q_1, q_2, \dots, q_n) + \bar{\lambda} D(q_1 + q_2 + \dots + q_n),$$

а необходимые условия экстремума $(q_1 + q_2 + \dots + q_n) - \frac{\partial \bar{L}}{\partial q_1} = 0; \frac{\partial \bar{L}}{\partial q_2} = 0; \dots = \frac{\partial \bar{L}}{\partial q_n} = 0$. - определяют

$$\frac{\partial D}{\partial q_1} = \frac{\partial D}{\partial q_2} = \dots = \frac{\partial D}{\partial q_n} = -\frac{1}{\lambda}. \quad (5)$$

При данной постановке задачи для определения n неизвестных величин - значений q_1, q_2, \dots, q_n имеем замкнутую систему n уравнений, включающих в себя соотношение (4) и $(n-1)$ независимых уравнений $-\frac{\partial D}{\partial q_1} = \frac{\partial D}{\partial q_2} = \dots = \frac{\partial D}{\partial q_n}$.

Изложенные способы прямого решения оптимизационных задач (в обеих возможных постановках) даже при простейших расчетных схемах оказываются практически нереализуемыми из-за необходимости решения весьма сложных трансцендентных уравнений. Наибольшие трудности возникают при вычислении производных $\partial D / \partial q_i$, входящих в (4) и (5), и совместном решении полной системы уравнений. Для решения оптимизационных задач, связанных с рассмотрением соотношений вида (1), может быть предложен иной подход, основанный на использовании зависимостей (3), трактуемых как аналитическое выражение принципа оптимизации.

Математическая формулировка данного принципа согласно [3] может быть записана: если некоторая величина Q зависит от параметров q_1, q_2, \dots, q_n , связанных между собой условием $q_1 + q_2 + \dots + q_n = Q = const$, то необходимыми условиями экстремума Q на множестве q_i будут

$$\frac{\partial Q}{\partial q_1} = \frac{\partial Q}{\partial q_2} = \dots = \frac{\partial Q}{\partial q_n}. \quad (6)$$

Зависимости (6) можно представить также в форме малых конечных приращений параметров q_i и соответствующих приращений Q

$$\frac{\Delta Q^{(1)}}{\Delta q_1} = \frac{\Delta Q^{(2)}}{\Delta q_2} = \dots = \frac{\Delta Q^{(n)}}{\Delta q_n}, \quad (7)$$

где $\Delta Q^{(i)}$ – конечное приращение величины Q , соответствующее малому конечному приращению параметра $q_i - \Delta q_i$ при неизменных всех остальных параметров q .

На основании выше изложенных положений принципу оптимизации в форме (7) можно представить в следующей постановке. Необходимые условия оптимальности некоторой механической (или иной) системы, подчиняющейся соотношению вида (1), будут выполняться только в том случае, если приращения искомой величины $Q - \Delta Q^{(i)}$, соответствующие малым конечным приращениям параметров будут прямо пропорциональны этим приращениям Δq_i . При $\Delta q_1 = \Delta q_2 = \dots = \Delta q_n$ из (7) следует

$$\Delta Q^{(1)} = \Delta Q^{(2)} = \dots = \Delta Q^{(n)}, \quad (8)$$

т.е. в оптимальной системе равные приращения параметров q вызывают равные приращения величины Q . Также справедливо и обратное заключение. При $\Delta Q^{(1)} = \Delta Q^{(2)} = \dots = \Delta Q^{(n)}$,

$$\Delta q_1 = \Delta q_2 = \dots = \Delta q_n, \quad (9)$$

т.е. в оптимальных системах равные приращения Q достигаются при равных приращениях q .

Выводы и направление дальнейших исследований. Таким образом, согласно принципу оптимизации в форме (6) или (7), если один из компонентов (8) или (9) окажется большим (меньшим) по величине по сравнению с другими, то из этого следует, что соответствующий ему параметр q_i имеет заниженное (завышенное) или соответственно завышенное (заниженное) значение.

При решении конкретных оптимизационных задач рассматриваемого класса конструкций большое значение приобретает правильное назначение варьируемых параметров q , а также представление величины Q как явной или неявной функции установленного ассортимента параметров

Список литературы

1. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. Затв. спільним наказом Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України та Держнаглядохоронпраці України від 27 листопада 1997 р. за №32/288. – К.: НДІБВ, 2003. – 145 с..

2. Правила оцінки фізичного зносу житлових будинків КДП 75.11 – 35077234. 0015 :2009 Київ – 2009. Затв. наказом №21 від 03.02.2009р.. – 50 с.

3. Гениев Г.А., Ключева Н.В., Колчунов В.И., Никулин А.И., Пятикрестовский К.П. Прочность и деформативность железобетонных конструкций при запроектных воздействиях – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 216 с.

Рукопись поступила в редакцию 22.01.13

УДК 622.1: 528.7

А.В. ДОЛГИХ, канд. техн. наук, доц., ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫМИ МЕТОДАМИ

Рассмотрены вопросы, связанные с подготовкой и использованием маркшейдерских данных для решения задач моделирования нейросетевыми методами. Исследована возможность применения новых статистических методов для решения широкого круга задач маркшейдерского обеспечения горного производства.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Нейронные сети, как и любая другая математическая теория, имеет ярко выраженные ограничения для использования их при решении конкретных технических задач. Использование вслепую того или иного «модного» метода для решения задачи, неизбежно ведет к резкому снижению его эффективности и недоверию со стороны специалиста. Поэтому, перед использованием нового метода нужно определиться, рационально ли его применение и какого вида задачи конкретной отрасли науки и техники могут быть успешно решены? В данном случае такой подход рассматривается к задачам маркшейдерского обеспечения горнодобывающих предприятий. Необходимо определиться с выбором задач, которые могут быть решены с помощью нейронных сетей. Однако, постановка задачи в таком виде неполная, задача не просто должна быть решена, решение должно гарантировать получение лучшего результата, чем при использовании классических методов, например, методов математической статистики.

Анализ исследований и публикаций. В классической теории нейронных сетей есть несколько классов задач, традиционно решаемых этим методом, таких как регрессия, классификация, понижение размерности, кластеризация [1,2]. Эти задачи, в том или ином виде, решаются маркшейдером. Но структура маркшейдерских данных далека от той классической формы, для которой разрабатывались нейронные сети. Классическими примерами могут служить задачи с курсом валюты или котировкой акций [3].

Постановка задачи. Метод нейронных сетей с самого начала накладывает серьезные ограничения, резко уменьшающие область их применения:

во-первых, нужно владеть данными о том, есть ли между известными исходными (начальными) значениями и неизвестными выходными (конечными) данными связь;

во-вторых, как правило, нейронные сети используются тогда, когда неизвестен точный вид связи между исходными и конечными данными, - если бы он был известен, то можно было бы применять непосредственное моделирование;

в-третьих, для обучения сети необходимы исходные данные в достаточном количестве (так называемая предыстория). При этом таких данных должно быть от нескольких десятков до нескольких сотен.

Можно констатировать, что большинство задач маркшейдерского обеспечения подходят по этим критериям лишь частично. Это связано с особенностями представления маркшейдерских данных, которые нужно преобразовать так, чтобы их обработка была бы возможна нейросетевыми методами.

Изложение материала и результаты. Для того, чтобы приблизить вид маркшейдерских данных к тому, который позволит их обрабатывать с помощью нейронных сетей - их нужно трансформировать и структурировать. Это системное преобразование данных, при котором вся информация связывается в целостные группы по некоему логическому принципу. Если этого не сделать, обработка одной, не самой сложной задачи, может занять годы. Если же слишком упростить данные - то в результате получится некорректное решение, которое даже на первый взгляд покажется абсурдным.