



**МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**РЕДАКЦИОННЫЙ
С О В Е Т**

Председатель
Л.А. ПУЧКОВ

Зам. председателя
Л.Х. ГИТИС

Члены редсовета
И.В. ДЕМЕНТЬЕВ

А.П. ДМИТРИЕВ

Б.А. КАРТОЗИЯ

М.В. КУРЛЕНЯ

В.И. ОСИПОВ

Э.М. СОКОЛОВ

К.Н. ТРУБЕЦКОЙ

В.В. ХРОПИН

В.А. ЧАНТУРИЯ

Е.И. ШЕМЯКИН

**ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

*ректор МГГУ,
чл.-корр. РАН*

*директор
Издательства МГГУ.*

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАН

академик РАН

академик МАИ ВШ

академик РАН

профессор

академик РАН

академик РАН



**Л.А. ПУЧКОВ
В.Д. АЮРОВ**

ГОРНЫЕ НАУКИ

**СИНЕРГЕТИКА
ГОРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ**

*Издание второе,
стереотипное*



МОСКВА

**ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

2 0 0 4



**L.A. PUCHKOV
V.D. AYUROV**

MINING SCIENCES

**SYNERGETICS
OF MINING-
TECHNOLOGICAL
PROCESSES**

Second edition, ster.



MOSCOW

**PUBLISHING HOUSE OF MOSCOW
STATE MINING UNIVERSITY**

2 0 0 4

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых СанПиН 1.2.1253-03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г.

Пучков Л.А., Аюров В.Д.

П 88 Синергетика горнотехнологических процессов. — 2-е изд., стер. — М : Издательство Московского государственного горного университета, 2004. — 264 с.

ISBN 5-7418-0083-1

Обобщены результаты теоретических и экспериментальных исследований горнотехнологических процессов.

Установлено явление самоорганизации горнотехнологических процессов, инициируемых деятельностью человека в горном массиве. Рассмотрены причины и описаны закономерности самоорганизации горнотехнологических процессов на выемочном участке угольной шахты. Показана целесообразность поддержания целостности возникающих при самоорганизации диссипативных систем из горнотехнологических процессов. Предложена синергетическая концепция управления диссипативными системами из горнотехнологических процессов. Установлены закономерности информационного обеспечения и взаимосогласования управляющих подсистем. Описаны методы контроля, анализа и управления горнотехнологическими процессами.

Для работников НИИ, угольных шахт, ВГСЧ, а также преподавателей, аспирантов и студентов горных вузов.

УДК 622.831:622.273.21(091)

ISBN 5-7418-0083-1

© Л.А. Пучков, В.Д. Аюров, 1997, 2004

© Издательство МГГУ, 1997, 2004

© Дизайн книги.

Издательство МГГУ, 1997, 2004

Puchkov L.A., Ayurov V.D.

Synergetics of mining-technological processes. — 2-e edition, ster. — M.: Publishing House of Moscow State Mining University, 2004. — 264 p.

ISBN 5-7418-0083-1

It is a collection of results of theoretical and practical researches of mining-technological processes. The nature of self-constructing of mining-technological processes caused by human activity is discovered. The causes and laws of mining-technological processes self-constructing at the working face of coal mine are described. The general sensibility of maintaining of totality for dissipative systems created under self-constructing is shown. The synergetical conception for controlling is suggested. The main laws of informatic supplement and control subsystem correlation are established. The methods of analysis and control for mining-technological processes are described. The book is of great interest for specialists of scientific-researching institutes, mining engineers and, also, teachers, postgraduates and students of mining institutions.

UDK 622.831:622.273.21(091)

ISBN 5-7418-0083-1

© Л.А. Пучков, В.Д. Аюров, 1997, 2004

© Издательство МГГУ, 1997, 2004

© Дизайн книги.

Издательство МГГУ, 1997, 2004

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
Глава 1. СИСТЕМНОСТЬ ГОРНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	12
1.1. Тенденции и противоречия развития современных процессов угледобычи.....	12
1.2. Выемочный участок как система горнотехнологических процессов	19
1.3. Методы исследования горнотехнологических процессов	28
Глава 2. МОДЕЛЬ ГОРНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВЫЕМОЧНОГО УЧАСТКА УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ	43
2.1. Пространственно-временная структура горнотехнологических процессов	43
2.2. Статические характеристики выемочного участка	52
2.3. Динамические характеристики выемочного участка	66
2.4. Взаимоотношение разномасштабных горнотехнологических процессов.....	87
2.5. Информационные аспекты модели горнотехнологических процессов.....	99

Глава 3. ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ, АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ ГОРНТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ	114
3.1. Технология информационного обеспечения	114
3.2. Оперативный контроль горнотехнологических процессов	125
3.3. Оперативный анализ горнотехнологических процессов	142
3.4. Оперативное управление горнотехнологическими процессами	158
3.5. Взаимосогласование управляющих подсистем	183
Глава 4. КОНТРОЛЬ, АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ ГАЗОВЫМИ СИТУАЦИЯМИ В ВЫРАБОТКАХ ВЫЕМОЧНОГО УЧАСТКА	192
4.1. Определение рациональных мест установки газоизмерительной аппаратуры	192
4.2. Стратифицированный метод оперативного контроля параметров газозвдушной смеси	200
4.3. Способы оперативного анализа газодинамических ситуаций	211
4.4. Взаимосогласование аэро- и газодинамического режимов вентиляции	223
4.5. Функциональная дифференциация способов управления газовыми ситуациями	238
Заключение	256
Список литературы	260

ВВЕДЕНИЕ

Горное дело в сознании людей, посвятивших ему значительную часть жизни, ассоциируется скорее с горным искусством, чем с научно обоснованной деятельностью человека по добыче полезного ископаемого. Во многом именно по этой причине в горном деле так высоко значение опыта, знание специфики ведения горных работ в условиях конкретного месторождения и базирующейся на них интуиции.

Опытный и умный горный инженер всегда отождествляет горный объект с самостоятельной, во многом от него независимой, и “своенравной” системой, навязывание которой чуждых режимов функционирования бесполезно и опасно. Именно поэтому волевое администрирование в горном деле так часто заканчивается катастрофами.

Плодотворная инженерная деятельность в горном деле неумолимо связывается с “мягким” управлением горными объектами, основывающимся на тонком, зачастую неформализованном их понимании и поддержании системных признаков их функционирования. Только такое управление горными объектами сопровождается ростом показателей интенсивности добычи полезного ископаемого, повышением безопасности и экономичности горных работ.

Причина изложенного состоит в том, что любой горный объект - это прежде всего система горнотехнологических процессов, а уже затем система составляющих его горнотехнических элементов. Последние являются только мгновенными “фотографиями” горнотехнологических процессов и отождествляются через их параметры. Такое видение объектов характерно для синергетики - науки, изучающей закономерности самоорганизации материи. С позиции синергетики функционирующий

горный объект - это открытая термодинамически неравновесная диссипативная система горнотехнологических процессов.

Пространственно-временное самоотождествление диссипативных систем происходит за счет реализации цикловариантного ввода и вывода из них потоков энергии, вещества и информации. Субъективно управлять диссипативными системами неразумно, поскольку управляющие воздействия при навязывании диссипативной системе несвойственных ей режимов функционирования только вредят ей и всегда отвергаются. Они воспринимаются диссипативной системой лишь в том случае, когда реализуют механизм ее поддержания как объекта самоорганизации материи, и способствуют не затушевыванию, а акцентированию системных признаков ее функционирования.

Выявление этих признаков и раскрытие механизма формирования горного объекта как открытой диссипативной системы горнотехнологических процессов необходимы для научного осознания содержания практической деятельности горного инженера. Лишь такая основа позволяет осмысленно строить эффективную концепцию управления горнотехнологическими процессами, такую концепцию, которая естественным образом согласуется с законами природы, реализующимися при построении ею открытых диссипативных систем, а не противоречит им.

Речь, таким образом, идет о необходимости развития новой формы организации научных знаний о горнотехнологических процессах горных объектов, новом их видении, дающем целостное представление как о закономерностях реализации горнотехнологических процессов и их взаимосвязях, так и о методах поддержания их системности.

Настоящая книга представляет собой одну из первых попыток обобщающего теоретического изложения этой новой формы организации научных знаний о горнотехнологических процессах, видении закономерностей их реализации с позиций синергетики. В содержании книги сначала раскрывается явление самоорганизации горнотехнологических процессов, его причины и закономерности проявления, а затем формулируется и решается задача синергетического управления горнотехнологическими процессами.

При написании книги использованы результаты работ Московского государственного горного университета по указанному направлению, а также материалы научных исследований отечественных и зарубежных ученых.

Авторы выражают глубокую признательность Т.Т.Егоровой за большую помощь в подготовке рукописи книги к изданию.

**1.1. Тенденции и противоречия развития
современных процессов угледобычи**

Процессы угледобычи на горных объектах формируются при воздействии технологического оборудования на горный массив. Это воздействие инициируется деятельностью человека, который использует при угледобыче все более мощную и сложную горнодобывающую технику. Поэтому возникло и практически повсеместно бытует технологическое мировоззрение о существовании неограниченных возможностей интенсификации процессов угледобычи.

Однако, указанные возможности не безграничны. Дело в том, что процессы угледобычи всегда являются результатами взаимодействия технологического оборудования и горного массива. В этом взаимодействии нет главного объекта. Технологическое оборудование и горный массив, с системной точки зрения, равноправны, так как при взаимодействии всегда образуют целостную систему, функционирование которой характеризуется показателями интенсивности добычи угля, показателями безопасности, экономическими показателями и характеристиками протекающих в системе горнотехнологических процессов.

Понимание этого принципиального положения важно как для объективного оценивания возможных последствий оснащения подготовительных и очистных забоев угольных шахт все более высокопроизводительной, но вместе с тем и все более дорогостоящей и сложной техникой, так и для объективного установления причин неудовлетворительного ее использования. Практика по-

казывает, что реальные последствия внедрения нового поколения очистного и проходческого оборудования очень часто не оправдывают возлагаемого на него надежд, так как существенно не увеличивают машинное время эксплуатации техники. Объясняется это существованием определенного разрыва между техническим уровнем оборудования и организацией технологии его эксплуатации.

Организация технологии эксплуатации горнодобывающей техники зависит от свойств разрабатываемого горного массива и должна согласовываться с ним. Опыт угледобычи свидетельствует о том, что выбор горнодобывающей техники всегда предопределен разрабатываемым горным массивом. Так, в настоящее время становится очевидным, что менее производительные, но более дешевые струги и комбайны с индивидуальной крепью на выбросоопасных угольных пластах обеспечивают более эффективную добычу угля, чем высокопроизводительные механизированные комплексы.

Попытки "обмануть" систему "горный массив - технологическое оборудование" за счет увеличения добычи угля в ремонтно-подготовительные смены неразумны. Они неизбежно заканчиваются снижением технико-экономических показателей функционирования участков из-за роста простоев и других потерь времени в добычные смены.

Рост уровня механизации и автоматизации процессов угледобычи закономерен. Он составляет основу технического прогресса. Поэтому факт отсутствия значимых положительных результатов от его реализации, особенно в отечественной угольной промышленности, требует осмысления создавшейся ситуации.

Первая и наиболее явная особенность этой ситуации заключается в том, что современные процессы угледобычи реализуются с помощью все более мощной,

сложной и дорогостоящей техники. Для нее характерна насыщенность средствами автоматизации, микропроцессорами и бортовыми ЭВМ. Поэтому, чтобы оправдать использование новой техники, необходимо адекватное повышение нагрузки на забой. Так, расчеты показывают, что если комплексы типа ОКП становятся экономически выгодными при годовой нагрузке в 150 тыс. тонн, а комплексы с крепями поддерживающего типа - в 200 тыс. тонн, то автоматизированные комплексы для лавы с электрогидроследиющей системой управления и контроля должны иметь нагрузки более 300 тыс. тонн [8].

Вторая особенность сложившейся ситуации состоит в том, что обеспечить какое-либо значимое повышение нагрузки на практике удается в весьма ограниченной области горно-геологических условий: автоматизация может быть успешно применена лишь тогда, когда геологические условия соответствуют некоторым минимальным требованиям.

Серьезность данного аспекта рассматриваемой ситуации в отечественной угольной промышленности акцентируется нарастающей сложностью отработки угольных пластов. Указанная сложность проявляется во все возрастающей глубине горных работ, повышении газонасыщенности и выбросоопасности обрабатываемых угольных пластов, удароопасности разрабатываемого горного массива.

Особо осложняет отработку угольных пластов наличие мелкоамплитудных геологических нарушений. Дело в том, что обрабатываемые шахтами угольные пласты практически повсеместно не изотропны по падению и простиранию, а часто содержат практически непрогнозируемые мелкоамплитудные нарушения как дизъюнктивного, так и пликативного характера. В зонах влияния этих нарушений происходит около 90 % всех выбросов угля и газа. Уголь в указанных зонах, как пра-

вило, препарирован и отличается аномально низкой газопроницаемостью. Поэтому почти все региональные противовыбросные мероприятия в них, за исключением надработки или подработки пласта, оказываются малоэффективными. Реализация локальных противовыбросных мероприятий в указанных зонах всегда затруднена и весьма опасна, так как с высокой степенью вероятности провоцирует развязывание газодинамических явлений. Зоны мелкоамплитудной нарушенности занимают около 5-10 % всей площади обрабатываемых шахтопластов, но из-за низкой надежности имеющихся методов текущего их прогноза заставляют прибегать к необоснованно завышенным объемам применения режимных и локальных противовыбросных мероприятий. А это не только уменьшает их эффективность, но и существенным образом сказывается на технико-экономических показателях функционирования шахт.

К зонам мелкоамплитудной нарушенности приурочены суфлярные источники газа. Неравномерность газовыделения в зонах мелкоамплитудной нарушенности всегда повышена, а баланс газовыделения из пласта неустойчив. По этой причине в указанных зонах теряют объективность проектные решения, определяющие эффективность вентиляции забоев газовых шахт. В итоге все нарушения Правил техники безопасности по поддержанию эффективной вентиляции забоев в зонах мелкоамплитудной нарушенности пласта акцентируются, и в них формируется повышенная вероятность загазирования.

Мелкоамплитудная нарушенность пласта практически повсеместно сопровождается изменением свойств и структуры вмещающих пород. Поэтому в зонах нарушений из-за рассогласования паспорта крепления забоев со свойствами вмещающих пород складывается особо повышенная опасность вывалов и обрушений пород, со-

ставляющих основную причину травмирования работающих.

Мелкоамплитудная нарушенность повсеместно осложняет как функционирование добычной техники, так и поддержание кровли. Поэтому в ее зонах из-за нарастания количества как технологических, так и аварийных простоев, резко снижается скорость продвижения забоев.

Появление зон мелкоамплитудной нарушенности в разрабатываемом шахтопласте на практике повсеместно отождествляется с неизбежным появлением сбоев в функционировании системы "горный массив - технологическое оборудование". В сущности, это аномалии, вызывающие нарушение нормального хода технологического процесса угледобычи. По нашему мнению, осознание именно этого обстоятельства в наибольшей мере способствует пониманию основной причины отсутствия значимых положительных результатов от внедрения в процессы угледобычи дорогостоящей горной техники: отсутствия оперативной адаптированности реализуемых с ее помощью технологических операций к свойствам разрабатываемого горного массива.

Выход из данной ситуации заключается в последовательной реализации проектов все той же автоматизации процессов угледобычи, ибо оперативно адаптировать технологические процессы к свойствам разрабатываемого массива можно только на основе оперативного контроля и анализа информации.

Понимание доминирующей роли автоматизации в развитии современных процессов угледобычи уже сформировалось как в отечественной, так и в зарубежной научной среде: опыт разработки и внедрения автоматизированных подсистем различного функционального назначения достаточно широко освещается на международных симпозиумах и конгрессах. Ожидаемые результаты

от автоматизации процессов угледобычи весьма оптимистичны. В частности, ожидается, что последствия повсеместного внедрения микрокомпьютерной техники будут соизмеримы с переменами, вызванными в свое время внедрением на шахтах механизированного оборудования - стругов и шнековых комбайнов.

Однако, одного понимания доминирующей роли автоматизации в совершенствовании технологических процессов угледобычи для разрешения рассмотренной проблемной ситуации недостаточно. И само ее возникновение, и содержание наглядно это нам демонстрируют. Необходима обобщающая технологическая концепция управления горными объектами, в рамках которой технологическое оборудование и разрабатываемый горный массив рассматривались бы во взаимодействии как единое целое с системных позиций. Необходимость и актуальность именно такого рассмотрения указанной ситуации определяется следующими причинами.

Во-первых, функционирование средств автоматизации технологических процессов угледобычи всегда осуществляется на информационной основе, которая обязана не просто отражать ход реализации технологических процессов, но и согласовываться с ним. Информационные процессы в подсистемах автоматизации, по существу, моделируют ход технологических процессов, поэтому без знания закономерностей реализации технологических процессов "автоматизировать" их бессмысленно.

Во-вторых, имеющийся опыт привнесения элементов автоматизации в процессы контроля и управления технологией угледобычи свидетельствует о настоятельной необходимости как технического, так и функционального согласования подсистем автоматизации. А поскольку информационные процессы в этих подсистемах отражают ход реализации технологических процессов,

то по существу речь идет о необходимости первоочередной разработки ясной технологической концепции системного контроля, анализа и управления этими процессами. Наличие такой концепции даст возможность не только осознанно подойти к вопросам технологического и функционального согласования разрабатываемых подсистем автоматизации, но и унифицировать само их построение, алгоритмы их функционирования.

И третье, - только при наличии такой обобщающей технологической концепции можно надеяться на обеспечение гармонической соразмерности разрабатываемых подсистем автоматизации и функционирования горного объекта - системы "горный массив - технологическое оборудование" - и оценивать привносимую данными подсистемами меру организованности в ней. Лишь с реализацией данного подхода можно связывать получение значимых результатов от автоматизации технологических процессов угледобычи, так как вне его любые попытки автоматизации технологических процессов будут связаны с субъективным навязыванием системе "горный массив - технологическое оборудование" желаемых режимов функционирования, которые в зависимости от степени синергетического согласования их с указанной системой на практике будут либо отвергаться ею вообще, либо реализовываться с некоторым компромиссом.

Итак, выход из создавшейся проблемной ситуации следует искать не просто в автоматизации, а в автоматизации, реализующей синергетическую концепцию управления технологическими процессами угледобычи.

1.2. Выемочный участок как система горнотехнологических процессов

Выемочный участок является основным технологическим звеном угольной шахты, так как здесь реализуются процессы угледобычи, обеспечивающие в зависимости от применяемой системы разработки шахтопласта подавляющий объем добычи угля в шахте. Очистные и подготовительные забои формируют существенную долю общешахтного производственного травматизма и занимают в подземных работах не только наибольший удельный вес по численности работающих, но и характеризуются наиболее высокой трудоемкостью выполняемых производственных процессов. Поэтому системность технологических процессов угледобычи разумно акцентировать, в первую очередь, в рамках указанного технологического звена шахты.

Выемочный участок угольной шахты - это целостная совокупность материальных объектов, находящихся в отношениях и связях друг с другом. В качестве материальных объектов выемочного участка могут рассматриваться следующие его горнотехнические элементы: выработанное пространство и оконтуривающие его горные выработки, призабойная часть угольного пласта, вмещающие породы непосредственной и основной кровли и почвы, выемочный механизм, призабойная крепь и конвейер. Множество горнотехнических элементов, входящих в систему "выемочный участок", всегда является конечным и определяется горно-геологическими и горнотехническими факторами.

Отношения и связи между горнотехническими элементами также определяются горно-геологическими и горнотехническими факторами. Для каждого выемочного участка они определены, а их содержание отражается в технологической документации.

В конкретных горно-геологических и горнотехнических условиях функционирования выемочного участка о множестве его горнотехнических элементов, отношениях и связях между ними можно получить представление по типовой технологической схеме. Но более наглядное представление о выемочном участке как о системе дает схема физического взаимодействия горнотехнических элементов выемочного участка, приведенная на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Схема физического взаимодействия горнотехнических элементов выемочного участка

Взаимодействие горнотехнических элементов выемочного участка связано с образованием пространственно-временных отношений. Происходит это потому, что пространство и время являются не самостоятельными существующими независимо от материи началами бытия, а всеобщими формами координации материальных явлений. В рамках этих пространственно-временных отношений и реализуются горнотехнологические процессы, порождаемые взаимодействием технологического оборудования и горного массива.

Анализ пространственно-временных отношений выемочного участка как системы горнотехнологических процессов целесообразен по ряду причин.

Во-первых, потому, что выемочный участок, как и любой другой материальный объект, не может рассматриваться вне его пространственно-временных характеристик, поскольку каждый класс объектов характеризуется типичными для него средним временем и средними пространственными размерами. В качестве таких характеристик для выемочного участка могут рассматриваться, например, средняя длина выемочного столба и среднее время его отработки.

Во-вторых, любой процесс на выемочном участке состоит из подпроцессов, так как каждое событие всегда является строительным материалом для нового становления. Горнотехнологические процессы в рамках выемочного участка хотя и инициируются деятельностью человека, но всегда реализуются на базе той пространственно-временной структуры, которая предопределена основными параметрами взаимодействующих горнотехнических элементов. При этом для выемочного участка, как и для любого другого горного объекта, характерным является не только то, что взаимодействие горнотехнических элементов порождает горнотехнологические процессы, но и то, что реализация горнотехнологических процессов, в свою очередь, приводит к возникновению все новых и новых горнотехнических элементов. На выемочном участке происходит постоянное обновление состояний крепи, выемочной техники, призабойной части пласта, пород непосредственной и основной кровли и почвы. Состояния горнотехнических элементов последовательно сменяют друг друга. Благодаря этому во времени всегда разворачивается более крупномасштабный горнотехнологический процесс. Многократная его реализация, в свою очередь, разворачивает реализацию еще

более крупномасштабного горнотехнологического процесса. Так возникает разномасштабность и стратификация горнотехнологических процессов.

И третье, - пространственно-временные отношения тесно взаимоувязаны друг с другом. Их единство проявляется в движении материи. А так как количественная мера интенсивности движения оценивается величинами отношений пространства и времени, то при раскрытии упорядоченности горнотехнологических процессов целесообразно опираться на характерные скорости их реализации.

Таким образом, анализ пространственно-временных отношений полезен и с точки зрения более глубокого понимания содержания выемочного участка как материального объекта, раскрытия алгоритма формирования структуры системы его горнотехнологических процессов, и с точки зрения выявления подхода к началу пути исследования выемочного участка как системы горнотехнологических процессов.

Пространственно-временные отношения возникают в результате внутреннего взаимодействия горнотехнических элементов выемочного участка и поэтому определяются условиями его существования. Горнотехнологические процессы, базирующиеся на этих отношениях, всегда индивидуальны: в них отражаются свойства только конкретного выемочного участка. В близких горно-геологических и горнотехнических условиях разработки пластов у выемочных участков закономерно наблюдается общность наличия характерных горнотехнических элементов. По этой причине при функционировании выемочных участков в них легко фиксируется возникновение горнотехнологических процессов с близкими статистически устойчивыми реализациями временных и пространственных параметров.

На фоне этой закономерности хорошо проявляются следующие свойства горнотехнологических процессов: разномасштабность и физическая разнородность, случайность и ритмичность, внутриуровневая и междууровневая взаимосвязанность. Открытое множество физически разнородных и разномасштабных горнотехнологических процессов, возникая при функционировании выемочного участка, раскрывается как целостный клубок взаимоувязанных событий, чутко реагирующих на изменение технологии, горно-геологических условий и на изменение условий существования Земли.

Факт разномасштабности горнотехнологических процессов очевиден, но восприятие его большинством исследователей происходит либо на качественном, либо на содержательном уровне. Количественной же стороне анализа пространственно-временных отношений, которые, заметим, носят не абсолютный, а относительный характер, в горном деле до настоящего времени не уделялось должного внимания. Одна из основных причин этого состоит в том, что исследования в горном деле носят в подавляющем большинстве случаев прикладной и, за редким исключением, мировоззренческий характер. Количественный же анализ пространственно-временных отношений связан с необходимостью осмысления механизма и форм самоорганизации материи, неизбежного использования понятия структуры времени и осмысления причины его необратимости. А эти вопросы на уровне используемых в качестве базовых законов в горном деле никогда не рассматривались.

Временную разномасштабность горнотехнологических процессов можно оценить по отношению темпов их реализации. При этом под темпом реализации процесса следует понимать его скорость, пронормированную относительно характерного пространственного масштаба реализации процесса. Темп реализации про-

цесса характеризует его временной масштаб, поэтому временная соразмерность горнотехнологических процессов оценивается тождественностью темпов их реализации.

Временная разномасштабность горнотехнологических процессов хорошо проявляется при обобщающем их рассмотрении. Одна из возможных форм такого обобщения приведена в табл. 1.1 и позволяет увидеть, что в порождаемых взаимодействием горнотехнических элементов горнотехнологических процессах на разных частотах проявляется доминирующее влияние того или иного горнотехнического элемента. На этих частотах между контролируемыми параметрами состояний горнотехнических элементов устанавливаются устойчивые взаимосвязи. Поэтому на этих взаимосвязях часто основываются технологические приемы по идентификации свойств горнотехнических элементов.

Факт наличия физической разнородности горнотехнологических процессов также виден из табл. 1.1. В частности, анализируя эту таблицу, можно увидеть, что процессы осадки основной кровли могут быть идентифицированы по относительной величине утечек воздуха, по сейсмической эмиссии, по скорости сближения вмещающих пород и другим параметрам. Причем основным условием такой идентификации является рассмотрение указанных горнотехнологических процессов в достаточно определенной полосе частот.

Последнее позволяет утверждать, что при нормальных условиях функционирования выемочного участка определенным темпам реализации горнотехнологических процессов любой физической природы можно поставить в соответствие конкретное технологическое содержание. А это означает, что рассматриваемый материальный объект - выемочный участок - не только целостная совокупность составляющих его горнотехнических

**Разномасштабность и физическая разнородность
горнотехнологических процессов**

Горнотехнологические элементы	Диапазоны частот реализации физических и технологических процессов, Гц				
	$10^3 - 10^1$	$10^1 - 10^{-1}$	$10^{-1} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^{-5}$	$10^{-5} - 10^{-7}$
Призобойная часть пласта	АС; В	н.д.	Э; П	Г; ПС	н.д.
Непосредственная кровля	АС; В	н.д.	Э	ПС	н.д.
Непосредственная почва	АС; В	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Основная кровля	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	А; С; Г
Основная почва	п.д.	н.д.	н.д.	н.д.	С
Выработанное пространство	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	А; С; Г
Горные выработки	н.д.	н.д.	П	Г	А; С; Г
Комбайн	АС	н.д.	Э; П	Г; ПС	н.д.
Конвейер	АС	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Призобойная крепь	АС; В	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.

Примечание: АС - активные сейсмические процессы; ПС - пассивные сейсмические процессы; В - вибрации; Э - энергетические процессы разрушения; П - пылевыведение; Г - газывыведение; А - аэродинамические процессы; С - смещение вмещающих пород; н.д. - нет данных.

ких элементов, но и целостная совокупность физически разнородных и разномасштабных горнотехнологических

процессов. Такое мировоззрение и видение объектов не ново и характерно для междисциплинарной научной дисциплины - синергетики, развиваемой в трудах И. Пригожина [22, 24, 25], Г. Хакена [29] и других ученых.

Горнотехнологические процессы не являются абсолютно детерминированными, им в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий существования выемочного участка присуща более или менее высокая степень случайности. Проявляется это в том, что параметры пространственно-временной реализации горнотехнологических процессов, как и параметры их интенсивности, подчиняются статистическим закономерностям, причем при нормальных условиях эксплуатации выемочного участка эти параметры характеризуются повышенной степенью определенности.

Примечательно, что случайность параметров интенсивности горнотехнологических процессов не затухивает, а часто акцентирует определенную ритмическую их структуру, проявляющуюся в закономерном повторении и чередовании отдельных их стадий, которые придают каждому из горнотехнологических процессов завершенность, даже без обязательного строгого их повторения. Наличие ритмической структуры наглядно проявляется, например, в регистрограммах содержания газа в исходящих струях выемочных участков, где появление всплесков содержания газа приурочено, как правило, к периодам выемки угля. Такая же ритмичность свойственна осадкам пород непосредственной и основной кровли, формированию транспортных потоков и другим горнотехнологическим процессам.

Внутриуровневая взаимосвязанность горнотехнологических процессов проявляется в виде взаимной коррелированности соизмеримых по темпу реализации горнотехнологических процессов разной физической природы. Эта взаимокоррелированность проявляется, на-