

ЗАДАЧИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ГИДРОЗАЩИТЫ ШАХТНЫХ БЕТОННЫХ (ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ) КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ГОРНО- КАПИТАЛЬНЫХ РЕМОНТАХ

Розглянуті питання корозійно-гідромеханічного руйнування бетонних та залізобетонних шахтних конструкцій і експлуатаційного їх гідрозахисту. Розроблена блок-схема факторів стану і керівних впливів на гірничо-будівельні системи по їх гідрозахисту. Сформульовані задачі по діагностиці таких об'єктів, створенню технологій ремонту та оптимізації рецептур будівельних матеріалів для санації підземних охоронних конструкцій.

Проблема долговременной охраны капитальных горных выработок в широком смысле включает крепление, поддержание и неизбежный их ремонт, что в совокупности обеспечивает регламенты по управлению горным давлением и сохранению эксплуатационной надежности горных выработок. Отличительной особенностью работы капитальных выработок является весьма продолжительный срок их службы, поэтому при их эксплуатации имеет место физический износ и моральное старение бетона или железобетона, накопление в них различных дефектов, что приводит к разрушению крепи.

Для обеспечения ритмичной и надежной работы шахт возникает необходимость проведения в регламентные сроки качественного ремонта капитальных выработок. В работе [1] показано, что эксплуатация и ремонт таких выработок имеет ряд особенностей: агрессивность гидросреды, подверженность выработок горному давлению, индивидуально-типовой характер производства работ, малая ремонтпригодность крепей при большой доле трудоемких работ, производство ремонта в стесненных условиях, что существенно усложняет ремонтно-санационные работы в выработках. Сказанное обуславливает необходимость привлечения системного подхода для типизации изучаемых явлений определения факторов возмущения и управляющего воздействия на различные подсистемы, обеспечивающих их эксплуатационное состояние.

Вся совокупность исследуемых подсистем и факторов нами объединена в «горно-строительную систему», включающую горные выработки, конструкции которых выполнены с бетонными и железобетонными элементами: стволы и их сопряжения, выработки околоствольного двора, капитальные наклонные выработки, водосборники и скаты, вентиляционные каналы, различные бетонные шахтные конструкции. Взаимосвязь подсистем (первый уровень), факторов возмущения (второй уровень) и факторов управляющего воздействия на подсистемы (третий уровень) приведена на рис. 1.

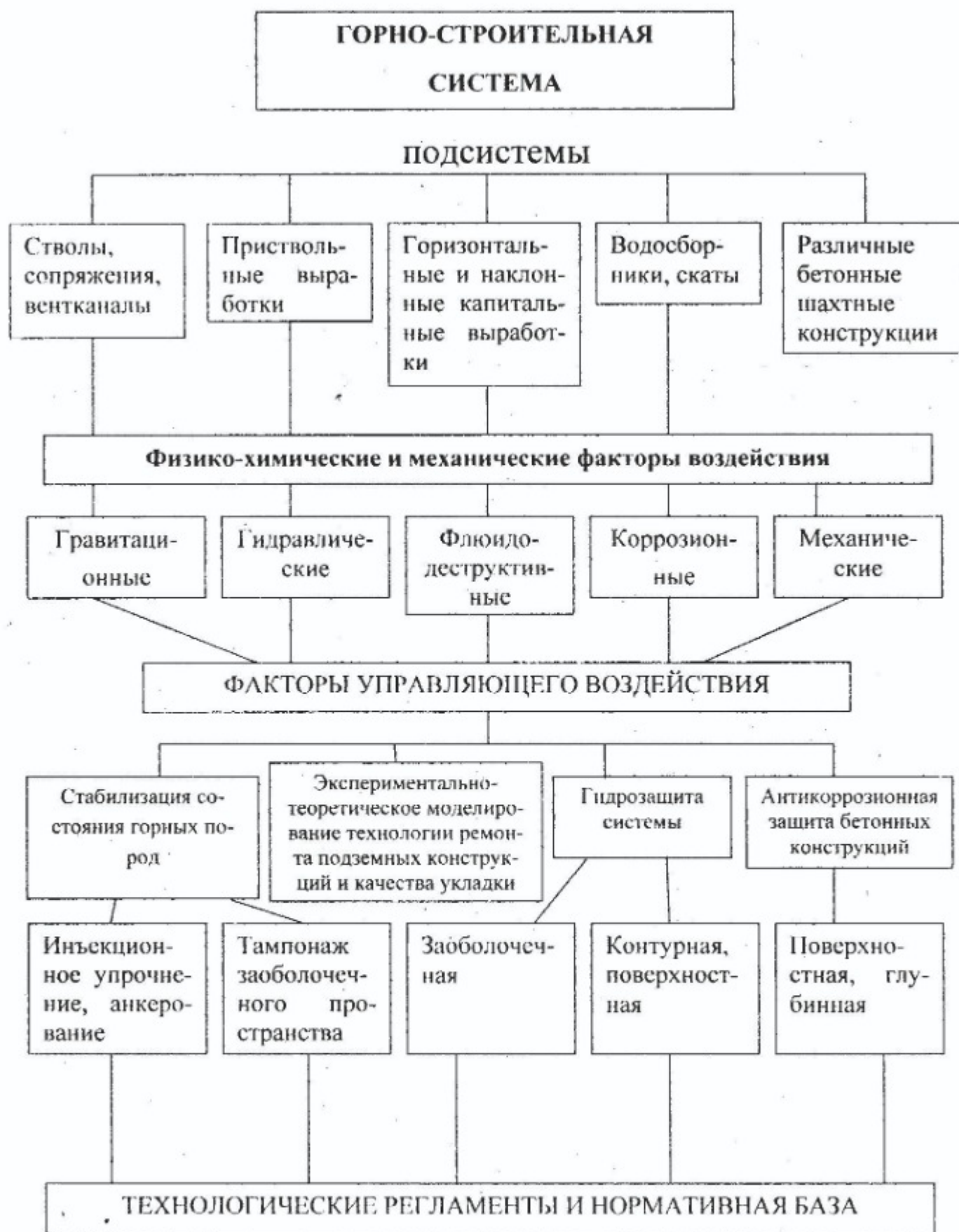


Рисунок 1. – Блок-схема факторов состояния и управляющего воздействия на горно-строительную систему по ее гидрозащите

Наличие в продуктивных толщах водоносных горизонтов не только усложняет сооружение капитальных выработок, но проявляется негативно при их эксплуатации. Вскрытие толщи пород выработками вызывает дренирующее действие на водоносные горизонты, а наличие полости выработки является причиной миграции вод, водообмена в горизонтах, сопровождающихся образованием зон гидоразгрузки, водопонижения и интенсификацией водоприток в капитальные выработки с выносом литосреды. Эти процессы существенно усиливаются в условиях гравитационных воздействий при проявлении горного давления в выработках, когда под влиянием воды понижается прочность пород, развиваются реологические эффекты в массивах. Проявление адсорбционного явления существенно снижает сцепление пород по слоям пород, а уменьшение напоров в водоносных горизонтах приводит к сжатию и осадке пород. В совокупности все это интенсифицирует нагрузки на крепь, смещение пород в полость выработок и фильтрацию воды через бетонные и железобетонные конструкции крепи. Таким образом, совместное взаимовлияние на охранную выработку гравитационных и гидравлических факторов способствует развитию флюидодеструктивных явлений как в породном массиве, так и в крепи, что неизбежно сопровождается коррозией бетона и арматуры, уменьшением грузонесущей способности и водонепроницаемости материала крепи.

Повреждения бетона в основном связаны с разрыхлением структуры, ее поризованностью, повышением водонепроницаемости и снижением прочности, отторжением защитного бетонного слоя. Первоначально прослеживается образование каверн на поверхности, а затем отмечается трещинообразование в глубь массива с разрушением глубинных слоев бетона и коррозией арматуры. Все это в условиях проявления горного давления и водоприток в выработку частично или полностью вызывает потерю эксплуатационного состояния охранной конструкции. Применительно к сооружениям рассматриваемого типа коррозионное разрушение бетона и конструкций, находящихся в породных и грунтовых массивах, называют подземной коррозией.

Гетерогенность пород и грунтов (твердая, жидкая, газовая, биологически составляющая) является причиной наполнения пор и трещин электролитами, содержащими соли и растворимые газы (O_2 , CO_2 , N_2). Коррозионная активность системы «литосфера – бетонная коррозия» определяется в первую очередь физико-химическими свойствами электролитов, содержанием в них газов O_2 и CO_2 , а также условиями контактирования бетона с приконтурными породами

или грунтами. Совокупное влияние на конструкцию бетонной оболочки силовых и коррозионных факторов позволяет говорить о коррозионно-гидромеханическом разрушении бетонных крепей и оболочек.

Считают [2], что сущность коррозионного воздействия различных факторов на бетон выражается либо в растворении структурных компонентов цементного камня и последующего процесса вымывания растворов силой напора вод или под влиянием диффузии, либо в образовании новых химических соединений в цементном камне, способных растворяться в жидкой оmyваемой среде или образовывать тончайшие суспензии и выноситься под влиянием диффузии или фильтрации. Отмечается также возможная кристаллизация или набухание новообразований в бетоне с развитием в нем внутренних механических (растягивающих) напряжений в цементном камне, что приводит к микротрещинообразованию, которое в условиях гравитационных и технологических воздействий вызывает макропроцессы деформирования и разрушения материала и конструкции в целом. Таким образом, поступление агрессивных компонент в бетон крепи или охранных оболочек происходит как за счет гидравлического градиента, так и диффузионного проникновения.

Коррозия бетонной крепи выработок по характеру воздействия воды и в зависимости от реакций, возникающих в бетоне и в цементном камне, оценивается согласно классификации В.М. Москвина [2], в которой выделяется три основных вида. К первому виду относятся явления выщелачивания агрессивной водой, связанные с фильтрацией и выносом составных частей цементного камня. При коррозии второго вида возникают обменные реакции, такая агрессия называется углекислой, магниезальной и общекислотной. Третий вид коррозии бетона связан с сульфатной агрессией, когда происходит образование и рост кристаллов солей, которые накапливаются в порах и трещинах бетона.

Исследованиями доказано [3], что наибольшее распространение в шахтах получила коррозия выщелачивания и сульфатная агрессия, хотя в бетоне, как правило, происходит коррозия по смешанному механизму – имеет место два или три типа агрессии. Исходя из изложенного, вытекает комплекс физико-химических и физико-технических задач по оценке работоспособности, долговечности самого бетона, так и его работы в охранных конструкциях горных выработок. Наряду с этим возникают технологические задачи по разработке мер по снижению коррозии бетона подземных шахтных сооружений. В настоящее время не существует общепринятой теории коррозионно-механической проч-

ности твердых тел, поэтому важной является задача изучения механизма изменения свойств бетона крепей горных выработок в условиях долговременного их нагружения, усиленного поступления воды из водоносных горизонтов продуктивных толщ.

Придерживаясь разработанной системы взаимодействующих факторов (см. рис. 1), в центр внимания должно быть поставлено не только изучение свойств бетона в крепи, но протекание гидрогеомеханических процессов в системе «бетонная оболочка – породный массив – гидросреда» в физически цельном единстве. Главная задача здесь должна состоять в определении сроков эксплуатационного состояния бетона в конкретных гидрогеологических и гидрогеомеханических условиях. Важнейшим является учет особенностей нагружения бетонной оболочки, вызывающего деформации и потерю прочности бетона. Очевидная двуседная задача оценки свойств бетона и состояния охранной оболочки потребуют контроля и диагностирования свойств ее материала и состояния конструкции.

Горная практика свидетельствует [4], что для контроля материала и конструкции бетонной крепи перспективным является виброакустический метод, для реализации которого применяются приборы ИКС-1Ш и «ДИКОН». Метод позволяет выявить следующие виды дефектов: неплотность бетонной крепи с окружающим породным массивом, наличие внутренних трещин и полостей в бетоне (железобетоне), поверхностное заколообразование. Общей характеристикой таких дефектов является уменьшение механической связи локальных участков крепи с соседними и породой. При этом законтурные гидрогеомеханические процессы достаточно полно могут быть изучены с использованием низкочастотной контактной электрометрии. Она позволяет по минимуму сопротивления выделить положение зон фильтрации, опорного давления и оценить их параметры. Использование электрометрии после выполнения тампонажа позволяет оценить его качество. Критерием в этом случае служит степень равномерности значений электрического сопротивления.

Следующий класс задач, касающихся эксплуатационной гидрозащиты шахтных конструкций, связан с обоснованием технологий управляющего воздействия на систему по снижению коррозии бетона. Качественно новый уровень ремонтно-восстановительных работ на рассматриваемых объектах должен быть достигнут за счет выбора рациональных составов бетонных смесей с учетом свойств старого бетона на основе математического моделирования рецен-

туры смесей [5]. Это вызвано тем, что водонепроницаемость и долговечность бетона в конструкциях определяется совокупностью факторов: свойствами вяжущего, водоцементным отношением, технологией укладки и условиями твердения. Наряду с этим, важным показателем в железобетонных конструкциях является толщина слоя бетона, защищающего арматуру, однородность его структуры.

К горно-технологическим и физико-техническим задачам защиты шахтных объектов от коррозионно-гидромеханического разрушения бетонных конструкций относятся: выполнение комплекса мер по общей гидрозащите системы, стабилизация гидрогеомеханического состояния приконтурных к выработке породных массивов с целью снижения интенсивности фильтрационных процессов и собственно антикоррозионная защита бетонных конструкций. К стабилизации состояния горных пород нами отнесены такие технологические решения: инъекционное упрочнение и цементация, анкерование, тампонаж заоболочечного пространства. Гидрозащита горно-строительной системы предполагает реализацию ее в поверхностном, контурном и заоболочечном исполнении. Равнозначно антикоррозионная защита самой бетонной конструкции должна осуществляться в поверхностном и глубинном вариантах. В последнем случае должно проявляться защитное действие выполняемых работ в отношении улучшения структуры бетона и арматуры. Ибо защитный эффект бетона заключается в высокой щелочности самого бетона ($\text{pH} = 12,5$), при таком условии обеспечивается высокая степень пассивации железобетона. Учитывая, что в последнее время применяется широкий спектр рецептур с различными добавками-регуляторами и армирующими компонентами для строительной санации бетонов, весьма важной становится задача оптимизации свойств многокомпонентных композиционных материалов [6], применяющихся для повышения водонепроницаемости бетона методом набрызгбетонирования. Это потребует проведения комплекса лабораторных исследований и применения вероятностно-статистических и феноменологических методов выбора строительных материалов с заданными свойствами.

Сформулированные здесь направления и задачи, по существу, определяют комплекс исследовательских, экспериментальных и технологических разработок по созданию надлежащей базы строительной санации весьма важных капитальных шахтных объектов, подверженных коррозионно-гидромеханическому воздействию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Манец И.Г., Снегирев Ю.Д., Паршинцев В.П. Техническое обслуживание и ремонт шахтных стволов. – М.: Недра, 1987. – 327 с.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М., Высш. школа, 1987. – 415 с.
3. Заславский Ю.З., Мостков В.М. Крепление подземных сооружений. – М., Недра, 1979. – 325 с.
4. Усаченко Б.М., Яланский А.А., Сергиенко В.Н., Левит В.В. Приборно-методическое обеспечение технической диагностики крепи шахтных стволов// XXI столетие – проблемы и перспективы освоения месторождений полезных ископаемых. Сб. научн. трудов НГА Украины, № 3, том 3. Прогрессивные технологии подземной разработки месторождений полезных ископаемых. – Днепропетровск, РИК НГА Украины, 1998. – С. 154-158.
5. Файнер М.Ш. Введение в математическое моделирование технологии бетона. – Львов, 1993. – 240 с.
6. Зазимко В.Г. Оптимизация свойств строительных материалов. – М., «Транспорт», 1981. – 103 с.