

Библиографический список

1. Усатенко А. В. Обоснование рациональных параметров камерной системы разработки при слоевой выемке пильных известняков. — Дис...канд. техн. наук. — Днепропетровск, 1989. — 161 с.
2. Уланова Н. П. Оптимизация параметров камерной системы разработки пильных известняков. — Дис...канд. техн. наук. — Днепропетровск, 1990. — 138 с.
3. Глухов Н. Д. Физико-технические основы освоения подземного пространства Крыма. — Дис. ... докт. техн. наук: 05.15.04. — Днепропетровск, 1996. — 353 с.
4. Шашенко А.Н., Кухарев Е.В., Глухов Н.Д., Похилова О.Г. Положительное решение от 31.01.92 по заявке № 4872098/035 (068432).2.
5. Шашенко А.Н., Тулуб С.Б., Кужель С.В. Напряженное состояние породного массива в окрестности камеры с компенсационными выработками // Науковий вісник НГА України, 1999. — №6. — С. 40–42.
6. Гавриш А.К., Роечко А.Н. Управление напряженно-деформированным состоянием породного массива в окрестности одиночной камеры большого поперечного сечения с помощью компенсационных полостей // 36. наук. праць №8 «Проблеми гірського тиску». — Донецьк, 2002. — С. 40–52.

© Гавриш А.К., Борщевский С.В., Формос В.Ф., 2005

УДК 622.258

Докт.техн.наук ЛЕВИТ В.В., канд.техн.наук БОРЩЕВСКИЙ С.В., канд.техн.наук КАМЕНЕЦ В.И. (ДонНТУ)

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ СООРУЖЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ШАХТ ДОНБАССА

Вертикальные стволы являются уникальными инженерными сооружениями по масштабу и сложности решаемых технических задач при строительстве и эксплуатации шахт. Поиск и разработка эффективных направлений сокращения продолжительности строительства вертикальных стволов и снижения расходов материально-технических ресурсов является актуальной научно-технической проблемой, имеющей особо важное народно-хозяйственное значение в связи с острой необходимостью реконструкции и развития угольной промышленности Украины.

Особенностью современного развития угольной промышленности Донецкого бассейна является необходимость строительства и реконструкции шахт производственной мощностью несколько миллионов тонн в год для разработки угольных пластов на больших глубинах, что повлечет за собой увеличение продолжительности строительства и сметной стоимости, усложнение горно-геологических условий.

Сооружение вертикальных стволов при строительстве и реконструкции шахт является наиболее продолжительным и трудоемким процессом. На выполнение этих работ приходится от 40 до 50% общего времени и до 30% сметной стоимости строительства шахты.

При этом затраты времени на сооружение клетевых и скиповых стволов, с которых начинается строительство по сравнению с воздухоподающими (фланговыми) соответственно выше на 24...27%.

Это подтверждает, что большим резервом сокращения продолжительности или реконструкции шахты является ускорение сооружения стволов, обеспечивающих развитие фронта горнопроходческих работ в целом.

Сокращение продолжительности сооружения вертикальных стволов может быть достигнуто благодаря ускоренному выполнению каждого этапа строительства

и максимальному совмещению процессов цикла. Поэтому технологии с последовательным и прерывным выполнением производственных циклов и технологических процессов в подготовительно-переходном и основном периоде приводят к потерям общего времени работ до 50% и оказывают негативное влияние на интенсивность строительства стволов и рациональное использование основных ресурсов производства.

Если представить процесс строительства ствола как совокупность производственных циклов, выполняемых в строго заданной последовательности, суммарная продолжительность несовмещенного времени работ может быть определена уравнением:

$$T_c = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6, \quad (1)$$

где T_c — суммарная продолжительность работ (мес.), состоящая из продолжительностей оснащения t_1 , проходки основной части ствола t_2 , проведения камер и сопряжений со стволом t_3 , армирования ствола t_4 , переоборудования ствола для проведения горизонтальных и наклонных выработок t_5 , простои организационные и технологические, t_6 .

Средневзвешенные числовые значения слагаемых, входящих в уравнение (1), определены по 170 стволам Донецкого бассейна и сведены в табл.1 (отдельно выделены стволы ш.А.Ф.Засядько и Красноармейская-Западная №1), сооружаемых с 2000 года.

Табл. 1. Данные по продолжительности сооружения стволов Донбасса

	Средняя глубина стволов, м	Кол-во стволов	Средневзвешенные числовые данные продолжительности выполнения отдельных этапов работ, месяц/проц.						T_c , мес	Данные, отнесенные к 100 м ствола, мес.
			t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6		
420	51	51	13,0	15,7	3,5	3,3	3,8	1,3	39,3	9,4
			33,0	40,0	8,9	8,4	9,7	5,4		
599	45	45	13,0	18,1	4,3	4,5	5,4	2,5	45,3	7,6
			28,7	40,0	9,5	9,9	11,9	6,9		
793	28	28	14,5	19,8	4,3	5,6	7,2	3,6	51,4	6,5
			28,2	38,5	9,5	10,9	14,0	7,9		
992	33	33	17,5	23,8	7,6	6,0	7,4	4,0	62,3	6,3
			28,1	38,2	12,2	9,6	11,9	8,6		
1241	13	13	25,3	27,9	7,9	11,4	9,7	6,4	82,5	5,6
			31,9	33,9	12,2	13,3	11,3	9,3		
Средние данные по 170 стволам	821	170	15,6	21,2	5,4	5,7	6,8	3,5	54,7	6,3
В т.ч. ВПС2 ш.А.Ф.Засядько	1265	1	5,0	14,0	5,0	4,0	5,0	3,0	36,0	2,8
Красноармейская-Западная №1	810	1	12,0	17,0	-	-	-	3,0	-	-
Примечание: - с учетом активного замораживания ** - данные на 01.08.03г. до отг.560,2м										

За последние годы в целях сокращения продолжительности и улучшения параметров сооружения стволов осуществлен ряд важных мероприятий по совершенствованию технологии и организации работ:

— для сооружения скиповых и клетевых стволов — использование постоянных зданий, сооружений и оборудования (в т.ч. башенных копров), временных стационарных, постоянных и передвижных подъемных машин, со статическим натяжением канатов до 350 кН и скоростями подъема от 8 до 12 м/с, а также передвижного проходческого оборудования;

— для фланговых (воздухоподающих и вентиляционных) — применение комплексов передвижного проходческого оборудования. крупноблочных копров, подъемных машин;

— разработка высокопроизводительных проходческих комплексов по выемке породы и возведению постоянной крепи, применение бурильных установок, бадей вместимостью от 3 до 5,5 м³, металлических опалубок высотой до 4...4,5 м, многоярусных полков, щитовых оболочек и др.; бурение шпуров глубиной до 4...5 м для патронов ВВ диаметром 45 мм;

— сооружение в подготовительном периоде постоянных объектов общего назначения и ведение специальных работ (тампонирование, замораживание).

За последние 50 лет энерговооруженность работ возросла более чем в 7 раз, а механовооруженность — в 3...4 раза (рис.1).

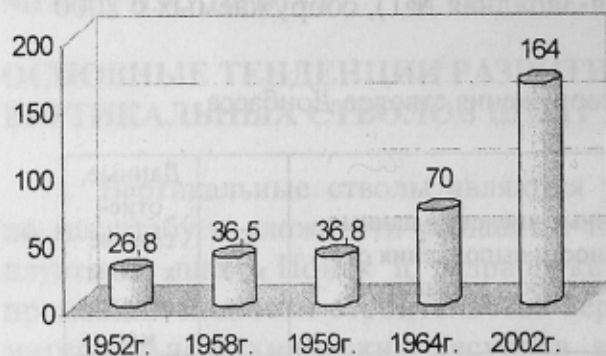


Рис. 1. Энерговооруженность, кВт/м²

Благодаря перечисленным мерам, с 1952 по 2003 гг. технические скорости проходки в среднем возросли с 17,4 до 52,1 м/мес, производительность труда на выход одного проходчика с 0,4 до 2,1 м³ готового ствола в свету, а рекордные показатели соответственно — с 60 до 401,3 м/мес и от 1,0 до 8,3 м³.

Однако, несмотря на качественные изменения производственного процесса, общая продолжительность сооружения стволов глу-

биной 900 м и более мало изменилась и составила 72...85 мес. и 52...65 мес. для главных и фланговых стволов соответственно, т.е. почти столько же времени, сколько нормативными сроками предусмотрено на строительство всей шахты, при этом средние скорости сооружения* не превышают 13...16 м/мес.

Такое несоответствие показателей роста уровня производительных сил шахтостроительного производства и достигнутых конечных результатов процесса показывает, что используемые традиционные методы решения проблемы сокращения продолжительности строительства вертикальных стволов и критерии оценки проектных решений недостаточно учитывают условия, характер выполнения стволопроходческих работ и специфику их отдельных этапов.

Изучение многолетнего опыта строительства и реконструкции шахт Донецкого бассейна с различными технологическими характеристиками позволило установить факторы, сдерживающие темпы их строительства. Главным из них является неоптимальность технологических проектных решений (особенно для стволов цен-

* учитывает время оснащение ствола к проходке, строительство техотхода, проходку основной части ствола, разделку сопряжений, армирование ствола и переоборудование его для проведения горизонтальных и наклонных выработок.

тральных площадок и околоствольных дворов). Это приводит к чрезмерной длительности работ первого основного периода (от оснащения стволов до полного их окончания по проекту) и ограниченному фронту работ главного направления во втором основном периоде строительства.

Добавим что в условиях достигнутого уровня технической оснащенности работ и созданного научно-производственного потенциала возникает настоятельная необходимость интенсифицировать процессы сооружения глубоких стволов с учетом геомеханики массива. Для чего необходимо проанализировать результаты строительства вертикальных стволов и установить закономерности различных его параметров; разработать технологии, обеспечивающие максимальное использование рабочего времени. Шахтное строительство слабо приспособлено к условиям рыночной экономики, следовательно, необходимо обосновать и новые методы и критерии оценки временных и стоимостных параметров.

Для исследования сложившихся тенденций в технологии и организации работ, а также причин, сдерживающих интенсификацию строительства выполнены экспериментальные, хронометражные наблюдения всего производственного процесса сооружения вертикальных стволов Донецкого бассейна с 1952 по 2002 гг. и анализ полученных результатов. За это время, как отмечалось ранее, совершенствовались оснащение поверхности и забоев стволов, технологические схемы проходки и уровень технической оснащенности работ. Только по комбинату «Донецкшхтострой» сооружено 417 стволов, из них глубиной более 700 м — 130 стволов. Анализируя результаты сооружения 170 вертикальных стволов с различными параметрами, назначениями и технической оснащенностью, удалось установить некоторые закономерности производственных процессов и освоенных технологий.

По нашему мнению отличительными признаками технологий являются показатели энерго-подъемовооруженностей, производительности труда, технической скорости проходки основной части ствола. По этим основным технологическим признакам установлено пять периодов по сооружению вертикальных стволов шахт с 1952 по 1958 г., с 1959 по 1964 г., с 1965 по 1991 г., с 1991 г. по 2000 г. и после 2000 г.

Для периода с 1952 г. по 1958 г. характерно использование временных зданий, сооружений и оборудования на поверхности. В качестве забойных машин использовали грейферные грузчики с ручным вождением, перфораторы для бурения шпуров глубиной 2...5 м, бадьи БПН вместимостью 1,5...2 м³, временную и постоянную крепь из штучных материалов, а также последовательную схему проходки.

Работы по проведению выработок, сопрягающихся со стволами и армированию велись после окончания проходки ствола также по последовательной технологической схеме.

Благодаря улучшению организации труда, росту числа квалифицированных рабочих, значительно снизились затраты времени, приходящиеся на 1 м подвигания забоя ствола, повысилась производительность труда проходчиков (хотя трудоемкость работ оставалась высокой), что способствовало росту и приросту технических скоростей проходки по сравнению с довоенным периодом.

Во втором периоде с 1959 г. по 1964 г. — был принят ряд новых технологических, технических и организационных решений для сокращения продолжительности сооружения вертикальных стволов. При оснащении максимально использовались постоянные здания и сооружения, в первую очередь, копры и подъемные машины. Временные здания, сооружения и фундаменты для проходческого оборудования возводились, в основном, из сборно-разборных элементов различных конструкций.

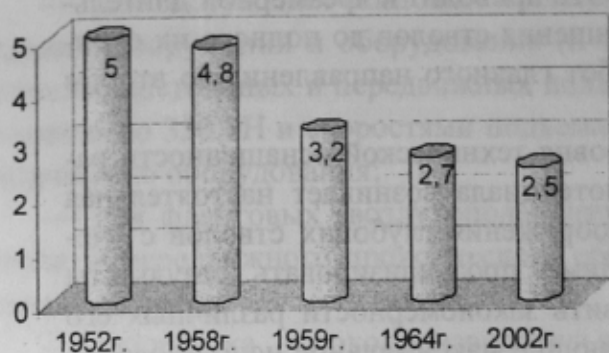


Рис. 2. Среднегодовой прирост скоростей проходки, м в год

возведению постоянной крепи за счет применения новых видов крепей, бадей, грейферных пневматических грузчиков с ручным и механическим вождением более высокой производительности.

Несмотря на увеличение технической оснащённости в 2 раза, среднегодовой прирост технических скоростей проходки снизился до 3,2 м (вместо 6 м в первом периоде) (рис.2).

При этом прослеживается тенденция постоянного роста показателей технической оснащённости и затрат на оснащение стволов. Внедренная совмещенная технологическая схема проходки предусматривала ведение процессов проходческого цикла последовательно и прерывно. Поэтому несмотря на сокращение общего времени цикла доля полезного времени (t_n) составила на 40% меньше, по сравнению с параллельной схемой, а доля времени технологических потерь (t_{mn}) возросла с 0,24 до 0,47. Все это снижало эффективность использования новых технологических схем и высокопроизводительного оборудования.

Третий период с 1965г. по 1990 г. характеризуется строительством крупных шахт производственной мощностью 1,5...4 млн.т в год со стволами глубиной от 900 до 1350 м.

Для ускорения работ по сооружению глубоких вертикальных стволов использовались постоянные здания и оборудование, в том числе башенные копры, временные стационарные и проходческие передвижные подъемные машины; предварительно осуществляли тампонирование водоносных пород по всему стволу с поверхности земли; применяли совмещенную технологическую схему, а для скоростных проходок - параллельную с применением щитовой оболочки; были внедрены погрузочные машины грейферного типа с механическим вождением (КС-2у/40, КС-1МА, 2КС-2у/40, 2КС-2МА), а для выдачи породы — бадьи БПС, БПСД, БПСМ вместимостью до 4...5,5 м³, бурильные установки БУКС-1м для бурения шпуров 4...4,5 м. В качестве ВВ в стволах начали применять скальный аммонит №1 прессованный в патронах диаметром 45 мм, а для инициирования шпуровых зарядов — электродетонаторы ЭДКЗ-ОП, ЭДКЗ-1М, ЭДКЗ-П. Работы велись по цикличному и многоцикличному графику.

Четвертый период с 1991 г. по 2000 г. в связи с отрицательными тенденциями в экономике нашей страны и характеризуется застоём и почти полной остановкой проходки вертикальных стволов. За этот период в тресте ДШП пройдено всего 5162,5 м стволов или 516,3 м/год, при этом основной объём проходки выполнен в 1991...1995 годах.

Для проходки стволов начали применять новую технологическую схему (совмещенную), ствольные комплексы (КС-2у, 2КС-2у, КС-1м), тубинговую крепь и монолитный бетон. Бурение шпуров велось перфораторами с ручным управлением ПР-3Олс, ПР-24лс. Увеличилась энерговооруженность, возросли и другие параметры механовооруженности (подъёмно-, грейферо- и пневмовооруженность) [1-6]. Снизилась трудоемкость работ во выемке породы и

Отличительной особенностью пятого периода с 2000 г. является появление в шахтном строительстве крупных инвесторов (шахта А.Ф.Засядько, Красноармейская-Западная №1), которые начали вкладывать собственные средства в строительство стволов, что привело к увеличению объемов и темпов строительства и уменьшению удельных затрат времени на 100м ствола за счет максимального финансирования в первые месяцы строительства и ритмичного обеспечения стройки весь последующий период. Так, на шахте А.Ф.Засядько за 5 месяцев оснащения ствола вложено более 30 млн. грн.

Основные показатели, характеризующие проходку стволов за период с 1952 по 2003 г. приведены в таблицах 2 и 3.

Табл. 2. Средние показатели проходки за период с 1952...2003 гг.

Организация и показатели	Средние технические скорости проходки протяженной части ствола, м/мес.						
	1952-1958г.	1964-1990г.	1991-2000г.	2001г.	2003г.		
По Донецкому бассейну	15,9 - 87,5	57,5 - 66,0	55,0 - 57,0	67,5	67,3		
По ГОАО «Трест Донецкшахтопроходка»	17,2 - 47,2	66,5 - 74,0	56,5 - 67,5	69,7	70,2		
Шахта А.Ф.Засядько	-	-	-	100,96	75,5		
Шахта Красноармейская-Западная №1	-	-	-	-	60,0		
Средние данные за те же годы по ГОАО «Трест Донецкшахтопроходка»							
Производительность труда проходчика, м ³ в свету на выход	0,57	1,0	3,0	3,1	1,38	3,6	3,3
Глубина шпуров, м	1,5	2,2	2,4	4,0	4,0	4,0	4,0
Энерговооруженность работ, кВт/м ²	26,8	36,8	70,0	164,0	153,0	176	179
Затраты времени на 1 м проходки, ч-мин	41...48	16...15	10...42	9...48	10...46	12...44	10...39
Коэффициент интенсивности технологии, $K_{инт}$	0,74-0,88	0,88-0,53	0,53-0,48	0,48-0,43	0,48-0,43	0,43-0,30	0,30-0,33

Табл. 3. Среднегодовой прирост технических скоростей проходки

Организация и показатели	Годы строительства				
	1952...1958 гг.	1959...1964 гг.	1965...1990 гг.	1991...2000 гг.	после 2000 г.
По Донецкому бассейну	4,3	3,3	0,35	0	1,8
По ГОАО «Трест Донецкшахтопроходка»	6,0	3,2	0,31	0	2,4

В этот же период был организован ряд показательных скоростных проходок, которые показали возможности новой техники и применяемых технологических схем.

Внедрение технологических и организационных мероприятий позволило достигнуть высоких скоростей проходки 264; 290; 390 и 401,3 м/мес. при параллельной, а при совмещенной — 202,5; 205,8; 221 м/мес. Параллельно-щитовая технологическая схема применялась лишь на нескольких стволах.

При этой схеме увеличилась доля полезного времени цикла до 0,88, снизились удельные затраты времени на 1 м подвигания забоя, повысилась средняя и максимальная производительность труда на выход одного проходчика до 3...8 м³ готового ствола, однако схема была дорогостоящей и слабо приспособлена к постоянно изменяющимся горно-геологическим условиям вмещающих пород стволов Донбасса, что ограничивало область её применения.

Средние технические скорости проходки при совмещенной схеме на многих стволах в отдельные месяцы превышали 70...90 м. Некоторое количество стволов пройдено на всю глубину со скоростями до 90...95 м/мес. Так, например, проходка воздухоподающего ствола шахты им. А.Г.Стаханова велась со скоростью 90...115 м/мес (1986 г.), а ствола шахты им. газеты «Донбасс» — со скоростью 85 м/мес и более (1982...1983 гг.). В то же время низкая доля совмещения проходческих процессов ограничивает максимальные скорости проходки при указанной схеме до 200...220 м/мес. Совмещенная технологическая схема имеет существенные недостатки и с геомеханической точки зрения: малые отходы (до 4...5 м) отрицательно влияют на устойчивость крепи [7], нагружаемой в период схватывания бетона.

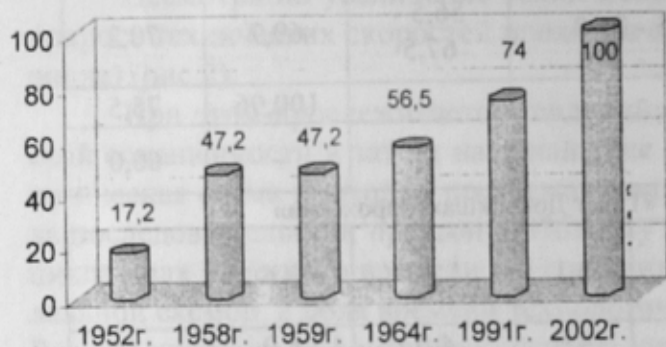


Рис. 3. Среднетехнические скорости проходки стволов в Донбассе, м/мес.

Несмотря на достигнутые высокие скорости (рис.3) и улучшение технической оснащённости, общая продолжительность сооружения стволов сохранилась высокой, т.к. с увеличением глубины стволов усложнилось и подорожало оснащение (копры, подъемные машины, лебедки), что привело к увеличению времени оснащения до 3...4 лет и даже в совокупности с высокими скоростями проходки протяженной части стволов, средние скорости сооружения стволов изменились незначительно.

То есть затраты времени на сооружение ствола с зумпфом, отнесенных к 100 м готовой выработки сохранились почти постоянными. В то же время, планирование скорости проходки основной части ствола необоснованно считалось основным фактором, определяющим сроки всего строительства. Кроме того, нормативные скорости, закладываемые в проекты (55 м/мес.), не изменялись в зависимости от литолого-геологических разновидностей вмещающих пород, диаметра ствола, водопритоков и других горно-технических характеристик.

Динамика изменения основных технологических признаков за последние 50 лет при буровзрывном способе прохождения стволов, показанная на рис. 4, отображает степень технической оснащённости в разные периоды, отнесенной на 1 м ствола и связана с технологическими схемами (последовательность и формы выполнения производственных процессов).

Так как технология является категорией качественной, до сих пор нет общепринятого критерия для непосредственной количественной оценки как наиболее объективной. По мнению авторов, среди ряда других ученых и инженеров наиболее близок к практике строительства Стоев И.С. [6]. В качестве оценочного параметра технологии он предлагает применять отношение полезного времени работы (t_n) к сумме полезного времени (t_n) и времени потерь (t_{in}), обусловленных применяемой

технологией. Такое отношение условно названо «коэффициентом интенсивности производственного процесса», который характеризует структуру рабочего времени цикла, напрямую зависит от технологической схемы производства работ и определяется по формуле:

$$K_{ин} = \frac{t_n}{t_n + t_m} \quad (2)$$

В конечном итоге, величина коэффициента интенсивности и результаты проходки зависят от технологических процессов, которые последовательны, частично совмещаются во времени или происходят одновременно.

Анализ временных параметров проходок различных стволов обусловил построение графика новой зависимости (кривая 6 на рис.4).

Периоды строительства стволов в Донбассе

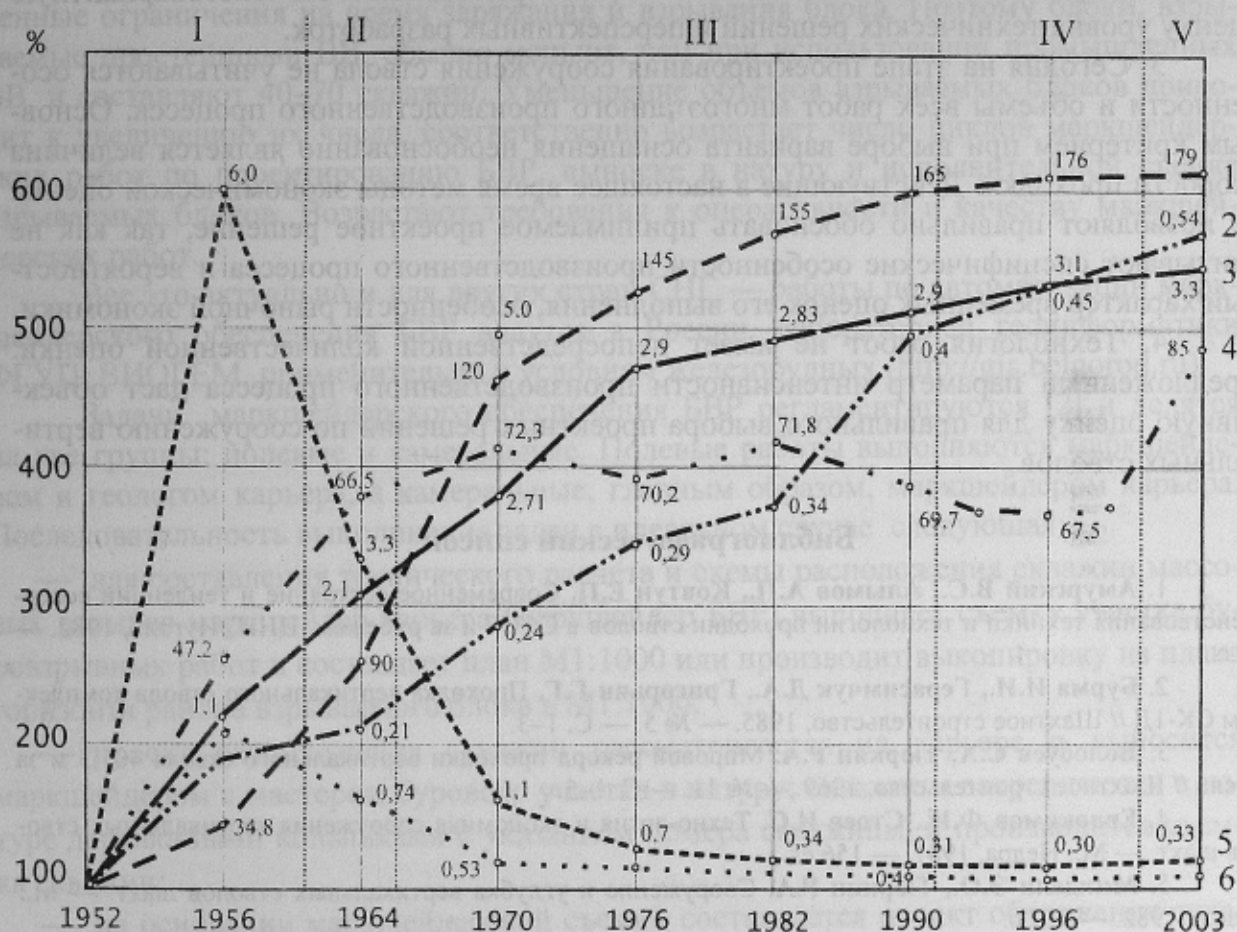


Рис. 4. Изменение основных показателей сооружения вертикальных стволов: 1 — энерговооруженность, кВт/м²; 2 — производительность труда на выход одного проходчика готового ствола, м³; 3 — подъемовооруженность, м³/м²; 4 — средние технические скорости проходки, м/мес; 5 — средний прирост технической скорости проходки, м в год; 6 — параметр интенсивности производственного процесса (Кин)

Соответственно скорость сооружения ствола зависит от принятой схемы оснащения, технологии проходки протяженной части ствола, совмещения поверхностных и подземных работ и уровня организации труда.

Предлагаемый для оценки эффективности коэффициент K_m универсален как для сравнения общих схем сооружения стволов и для шахт в целом, так и для выбора того или иного конкретного технологического этапа или процесса.

Выводы

1. Удельные затраты времени на сооружение стволов различного назначения, начиная с глубины 700 м и более, за 50 лет не изменились, и составляют в среднем 6,5 мес на 100 м готового ствола с технологическими потерями до 50% общего времени выполнения работ. При этом интенсивность освоения капитальных вложений при сооружении стволов в 2...3 раза ниже проектных, а коэффициент использования обще-шахтного и технологического оборудования не превышает 0,3...0,4 времени цикла работ.

2. Недостаточно высокий уровень технико-экономических показателей проходки стволов обуславливается отсутствием новых перспективных решений и систем классификации и оценки технологий, которые давали бы многовариантную оценку уровня технических решений и перспективных разработок.

3. Сегодня на этапе проектирования сооружения ствола не учитываются особенности и объемы всех работ многоэтапного производственного процесса. Основным критерием при выборе варианта оснащения необоснованно является величина скорости проходки. Действующие в настоящее время методы экономической оценки не позволяют правильно обосновать принимаемое проектное решение, так как не учитывают специфические особенности производственного процесса и вероятностный характер временных оценок его выполнения, особенности рыночной экономики.

4. Технология работ не имеет непосредственной количественной оценки. Предложенный параметр интенсивности производственного процесса даст объективную оценку для правильного выбора проектных решений по сооружению вертикальных стволов.

Библиографический список

1. Амурский В.С., Алымов А.П., Ковтун Е.П. Современное состояние и тенденции совершенствования техники и технологии проходки стволов в СССР и за рубежом. ЦНИЭИуголь, 1982. — 59 с.
2. Бурма И.И., Герасимчук Д.А., Григорьян Г.Г. Проходка вертикального ствола комплексом СК-1Д // Шахтное строительство, 1985. — № 5. — С. 1–3.
3. Волобуев С.Х., Тюркян Р.А. Мировой рекорд проходки вертикального ствола 401,3 м за месяц // Шахтное строительство, 1969. — № 11. — С. 1–5.
4. Евдокимов Ф.И., Стоев И.С. Техно-логия и экономика сооружения вертикаль-ных стволов шахт. — М.: Недра, 1981. — 156 с.
5. Миндели Э.О., Тюркян Р.А. Сооружение и углубка вертикальных стволов шахт. — М.: Недра, 1982. — 257 с.
6. Стоев И.С., Стоев П.И. Технология и организация строительства вертикальных стволов шахт. Донецк, ЦБНТИ, 1994. — 212 с.
7. Дрибан В.А. Расчет жесткой замкну-той крепи горных выработок на основе представлений о консервативности ситсема «крепь-массив». Проблемы горного давле-ния. — Сб. науч. тр. №3., 1999. — С. 64–73.

© Левит В.В., Борцевский С.В., Каменец В.И., 2005