

УДК 622.016.001.2

д.т.н. Литвинский Г.Г.,  
к.т.н. Смекалин Е.С.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ НА ЭВМ

*Проведен анализ исторического развития форм поперечного сечения и типа крепи горных выработок. Рассмотрены причины деформаций породного контура горных выработок и нарушения рамной крепи. Указаны факторы, влияющие на выбор формы и размеров горных выработок и порядок их проектирования. Разработаны расчетные схемы для определения параметров сечения горных выработок арочной и четырехугольной формы. Сформулированы требования и разработана программа проектирования формы и размеров выработок на ЭВМ.*

**Ключевые слова:** горная выработка, история рамной крепи, анализ тенденций крепления, проектирование формы, размеры сечения, программа проектирования.

Горная промышленность, конечная цель которой – добыча полезных ископаемых, постоянно нуждается в воспроизведении фронта выемочных работ, что требует непрерывного сооружения горных объектов взамен постепенно выбывающих из эксплуатации. Так, в угольной промышленности на 1 млн т добытого подземным способом угля необходимо обеспечить сооружение около 5-10 км горных выработок (ГВ).

При строительстве новой современной шахты особенно велики затраты на подземное строительство капитальных и подготовительных ГВ, протяженность которых может превышать 100-150 км. Сроки строительства такой шахты могут доходить до 5-7 лет и более, что обуславливает замораживание инвестиций в объеме \$3-5 млрд. При этом 70-80% стоимости основных фондов шахты составляют подземные ГВ разных форм и размеров поперечного сечения. Столь большие затраты на сооружение и поддержание делает проблему снижения стоимости ГВ постоянно актуальной. Пути решения этой проблемы могут быть различными, но первоочередными задачами, которые следует выполнить уже на стадии проектирования, являются обоснование рациональных формы и размеров ГВ. Методы проектирования ГВ достаточно разработаны и отражены в проектной и учебной библиографии [1-3 и др.]. К сожалению, этот ответственный этап работы вы-

полняется, в основном, в ручном режиме, что непроизводительно, не позволяет рассматривать многочисленные альтернативные варианты и чревато большими рисками принятия неэффективных решений.

**Цель исследования** состоит в снижении стоимости ГВ на стадии проектирования за счет автоматизированного выбора их формы и размеров. **Объектом** исследования является метод выбора формы и размеров ГВ, а **предмет** исследования – разработка для этого программы на ЭВМ. **Задачи** исследования – проанализировать исторически аспекты развития форм горных выработок, выявить технические противоречия в их обосновании, создать простую программу на ЭВМ для многовариантных расчетов, пригодную для использования в проектных организациях и учебном процессе для студентов горных специальностей.

**Основная идея** исследования состоит в проектировании на ЭВМ требуемых технологических параметров формы и размеров ГВ с учетом всех необходимых требований Правил безопасности и технических регламентов.

Уже в древнем мире, начиная с III-IV тысячелетия до Р.Х., при сооружении подземных выработок им старались придать различную форму, но преобладающими были прямоугольная или сводчатая (рис. 1а).

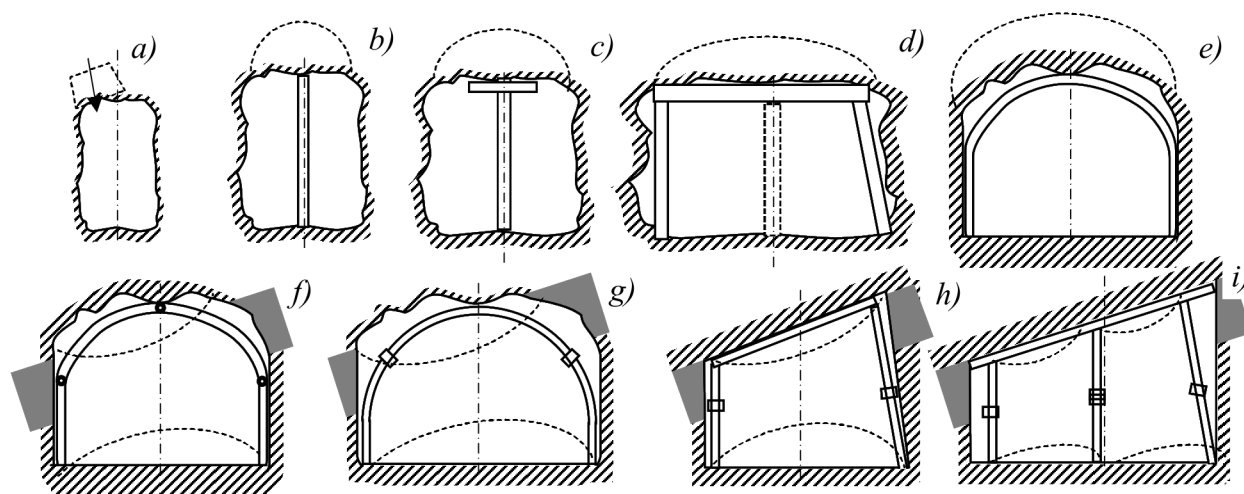


Рисунок 1 – Исторический тренд изменения формы и типа крепи подготовительных ГВ

Как правило, выработки были без крепи с неровным контуром, повторяющим трещины и ослабления, присущие массиву горных пород. Поскольку на характерных для того времени малых глубинах разработки, не превышающих нескольких десятков метров, напряженно-деформированное состояние массива было незначительным, породы на контуре разрушались в виде отслоений и вывалов, которые можно было удерживать примитивной крепью в виде заклиненной стойки (см. рис. 1b). Уже тогда было замечено, что в породах кровли выработки образуются своды естественного равновесия (СЕР), которые следует удерживать от обрушения центральной стойкой с подхватом (рис. 1c) или деревянной крепежной рамой (рис. 1d). Такие ГВ имели форму чаще всего неправильного четырехугольника.

Выработки с долговременным сроком службы обычно крепили бутовой и каменной крепью, а чтобы уменьшить давление с кровли, ей вначале интуитивно, а затем сознательно придавали сводчатую форму разной степени вытянутости. Однако прямоугольная форма ГВ ввиду лучшего использования поперечного сечения и применения более дешевой деревянной рамной крепи доминировала. Со временем глубина разработок и площадь поперечного сечения ГВ увеличи-

вались, горное давление возрастало и крепь подготовительных ГВ, у которых срок службы был относительно коротким (1-3 года), усложнялась и утяжелялась. Для усиления деревянных верхняков, которые часто ломались от изгиба, стали устанавливать центральные стойки (рис. 1d), однако они затрудняли размещение оборудования и транспорт в ГВ, что сдерживало их применение.

Как правило, форма ГВ, которые проводили вдоль жил или россыпей полезных ископаемых, зависела от положения в пространстве ископаемых в виде горизонтальных, параллельных цепочек или россыпей. Немало выработок было таких малых размеров, что в них едва протискивался человек (серебряные рудники в Чехии возле Праги и др.). Апофеозом крепежного мастерства того времени можно назвать старинные крупные рудники, которые сохранились до сих пор и имеют музейную ценность, такие, как месторождение каменной соли в городе Величка, Польша, которое разрабатывали с XIII по XX века (рис. 2) и др. [4]. Такое неспешное эволюционное развитие горной технологии происходило вплоть до эпохи первой промышленной революции (XVIII—XIX века) в ведущих горнопромышленных державах в виде перехода от ручного труда к машинному, когда резко возросла потребность в энергии.



Рисунок 2 – Старые крепи в королевской соляной шахте Величко в Польше

В 1783 году английский металлург Генри Корт получил патент на изобретенный им способ проката фасонного железа с помощью особых вальцов, что приобрело особую значимость для строительства, машиностроения и транспорта. И это сразу сказалось на форме и размерах выработок, поскольку появилась возможность перейти от деревянных к стальным типам крепи из прокатных профилей.

В середине XIX в. по аналогии с деревянными конструкциями крепежных рам (вполне подчиняясь диктату инерции мышления) начали применять двутавровые и рельсовые прямолинейные верхняки на шахтах Германии и Чехии. Накопленный промышленный опыт применения таких крепей показал, что прямолинейные верхняки обладают низкой прочностью на изгиб и часто деформируются, вызывая завалы ГВ и необходимость их ремонтов и перекреплений. Для увеличения прочности крепи начали применять сводчатые жесткие стальные рамы (см. рис. 1е), которые рассчитаны на распор в породные стенки ГВ. При смещениях пород жесткая конструкция крепи может приспособливаться к

ним только путем возникновения остаточных деформаций рамных элементов с последующим их разрушением, что недопустимо. В креплении ГВ возникло техническое противоречие, которое к началу XX в. заставило горных инженеров считать, что стальные конструкции непригодны для крепления ГВ. Это противоречие частично решили на шахтах Рура (фирма Мольтат и сыновья) путем введения в конструкцию крепи дополнительных шарниров (см. рис. 1ф). В результате это позволило несколько снизить неравномерность распределения внешних нагрузок путем их перераспределения на боковые породы (1924 г.).

В 1930 г. германская фирма «Туссен-Хайнцман» разрабатывает парные желобчатые профили различных типоразмеров и удачную конструкцию их податливых соединений. Благодаря этому, стальные рамы получили податливость и возможность приспособляться к большим смещениям породного контура в подготовительных ГВ, что обеспечило их повсеместное распространение в виде арочных конструкций во всех развитых горнодобывающих странах (рис. 1г, h). Трапециевидные крепи остались только для условий незначительного горного давления во вспомогательных ГВ.

Наступил период доминирования сводчатых ГВ в горной промышленности, который продолжается до сих пор и привел к тому, что на шахтах Донбасса более чем 90% подготовительных ГВ имеют арочную форму. В немалой степени этому способствовало простота конструкции арки циркульной формы, удобство ее изготовления и доступность ручной установки. И это несмотря на повышенный расход проката из-за увеличения периметра крепи и дополнительные объемы выемки породы в своде выработки. Общепринято стало считать, что арочная крепь из спецпрофиля обладает лучшим конструктивным решением и является универсальным средством крепления, т.е. превратилась в шаблонный эталон.





Рисунок 3 – Состояние крепи на разных участках штрека 25 ЗКШ ш. Суходольская-Восточная, гор. 980м

Ошибочность такого подхода начала проявляться при широком применении крепи в сложных горно-геологических условиях, особенно при креплении пластовых подготовительных ГВ.

Оказалось, что они при эксплуатации стали требовать частых ремонтов (30-40% протяженности) и перекреплений (10-15%), а это приводит к значительным затратам трудовых и материальных ресурсов (рис. 3).

В арочных ГВ наличие пустот закрепного пространства, особенно в условиях больших глубин, приводит к беспрепятственному ускоренному росту зоны запредельных деформаций вокруг ГВ и формированию повышенных неравномерных нагрузок на крепь. Попытки повысить несущую способность крепи экстенсивным путем за счет перехода на тяжелые профили проката (СВП-27, СВП-33 и т.д.) резко увеличили материалоемкость и стоимость крепи, однако не решили проблему низкой ее устойчивости, особенно в зоне вредного влияния очистных работ.

Ремонтными и восстановительными работами приходится устранять последствия проявлений горного давления: деформирование верхняков арки, изгиб стоек и значительное выдавливание (пучение) пород почвы, что вызвано следующими причинами:

- неровности породного контура и большие пустоты закрепного пространства лишают крепь «опоры» на боковые породы;
- неравномерность нагружения верхняков из-за неровностей контура снижает несущую способность крепи в 5-10 раз;

➤ неудовлетворительная работа узлов податливости рамной крепи и несоответствие их сопротивления прочности верхняка заставляют крепь работать в жестком режиме и деформироваться;

➤ породы почвы подвержены пучению (80% протяженности ГВ на глубине 700 м) из-за отсутствия мер по его устранению, что требует многократной подрывки почвы.

В сводчатых ГВ все попытки применения прогрессивной анкерной крепи также оказались мало эффективными, поскольку она непригодна при неровном породном обнажении и не может устранить пучение почвы.

Альтернативой для сводчатой формы являются ГВ с плоской кровлей (четырёхугольные – трапециевидальные, прямоугольные и др.). В них нет проблемы неровностей кровли, поскольку кровля воспроизводит естественную контактную поверхность пласта, а значит – наиболее благоприятные контактные условия для работы верхняков. Однако большие пролеты прямых верхняков приводят к их низкой прочности и частым поломкам, что недопустимо и заставило отказываться от таких крепей.

Таким образом, в результате длительного периода конкуренции сводчатой и прямоугольной форм кровли ГВ на шахтах возникло явно выраженное техническое противоречие: обе формы оказываются мало пригодными для условий повышенного горного давления.

Анализ применяемых в настоящее время конструкций крепи показал, что наи-

большее распространение получила рамная податливая крепь арочной или трапецеидальной формы из специального взаимозаменяемого профиля (СВП).

Арочную форму обычно применяют в полевых и пластовых ГВ, выполняя выемку (верхнюю подрывку) пород кровли пласта, что и создает неровности контура. Крепь изготавливают с прямыми стойками двух типов: трехзвенную с податливостью до 300-400 мм и пятизвенную с податливостью 700-1000 мм в зависимости от ожидаемых смещений пород. Следует отметить, что при углах падения пласта более 30° направление конструктивной податливости арки не совпадает с направлением смещений породного контура, что еще более снижает ее несущую способность.

Прямоугольные и трапецеидальные ГВ с плоской кровлей при отсутствии пучения почвы применяют при пологом залегании пород с целью уменьшения площади поперечного сечения на 10-15 % и упрощения сопряжения выработки с лавой. В Донбассе в подобных условиях применяют податливую рамную крепь КПС, составные стойки которой обеспечивают податливость до 1300 мм. При ширине выработки более 4 м для повышения несущей способности верхняка устанавливают промежуточную составную стойку. Такая рамная крепь хорошо сочетается с анкерами, снижающих смещения пролетов пород плоской кровли.

Анкерная крепь может применяться и самостоятельно для крепления кровли и боков подготовительных выработок различных форм. Ее использование основано на скреплении отдельных породных слоев между собой с целью создания армопородных конструкций или пришивания легкобрушающихся слоев пород к более прочной и устойчивой породе. Применение анкеров совместно с другими видами крепи или вместо их дает возможность значительно сократить расход материалов, уменьшить стоимость и трудоемкость проведения и крепления выработок. Однако при неровном контуре анкера малоэффективны.

В пластовых выработках с небольшим сроком службы (просеках, печах и др.) и на-

клонных выработках с углом наклона свыше 30° применяют деревянную крепь в виде отдельных стоек и верхняков или в виде неполных и полных трапецевидных крепежных рам, устанавливаемых сплошную или в разбежку.

Выбор того или иного типа крепи зависит от целого ряда факторов и неразрывно связан с выбором формы и определением размеров ГВ. Данная задача основана на применении геометрических построений, требует знания методики проектирования ГВ, нормативных документов (положений строительных норм и правил, правил безопасности и технической эксплуатации горных предприятий и др.), основ объемно-планировочных решений ГВ и навыков проекционного черчения и оформления чертежей.

Критерием выбора параметров поперечного сечения ГВ должны служить минимальная стоимость сооружения выработки и минимальные затраты на ее поддержание в течение всего срока службы, а при выборе конструкции крепи необходимо руководствоваться комплексными критериями ее работоспособности и эффективности [5].

Форма и размеры поперечного сечения ГВ должны обеспечивать безремонтное поддержание и проектную пропускную способность при ее проведении и эксплуатации, а также соблюдение требований безопасности при перемещении людей, размещении транспортных средств, инженерных коммуникаций и прочего оборудования. Поскольку форма ГВ может быть разной [2] (арочная, сводчатая, круглая, прямоугольная, трапецевидная, полигональная и пр.), её выбор и определение размеров поперечного сечения ГВ является многовариантной задачей, при решении которой следует учитывать следующие факторы:

❖ **технические:** назначение выработки; ее срок службы, конструкция и материал крепи; наличие воды и метана, габаритные размеры размещаемого оборудования и транспортных средств;

❖ **технологические:** способ проведения, тип подрывки вмещающих пород, гладкость породного контура, регламентируемые ПБ зазоры, ограничения попе-

речного сечения ГВ по размерам, допустимые скорости потока воздуха и др.;

- ❖ **геомеханические:** устойчивость пород, характер проявления и интенсивность горного давления, прогнозируемые смещения контура, влияние соседних ГВ и лавы и т.д. Все параметры проектируемых ГВ должны удовлетворять требованиям ПБ, к которым, в первую очередь, относятся минимальные площади поперечного сечения горизонтальных и наклонных выработок. Рассмотренные варианты сечений горных выработок, которые были приняты во внимание в разработанной программе проектирования на ЭВМ (рис. 4 и 5), представлены на рисунке 6.

В зависимости от назначения ГВ ее площадь должна выбираться:

- ❖ для главных откаточных и вентиляционных выработок в пределах от 9 м<sup>2</sup> при высоте не менее 1,9 м;
- ❖ для участков ГВ вне зоны 6,0 и в зоне влияния очистных работ 4,5 м<sup>2</sup> при высоте не менее 1,8 м;
- ❖ для вентиляционных просек, печей, косовичников и других выработок не менее 1,5 м<sup>2</sup> при минимальной высоте 0,7 м.

Размеры поперечного сечения выработки определяют в зависимости от ее назначения и числа рельсовых путей, от способа передвижения людей и габаритов подвижного состава, конвейеров и стационарного оборудования, а также с учетом зазоров, предусмотренных ПБ.

Порядок проектирования ГВ состоит в следующем:

1. по функциональному назначению выработки выбирают требуемое оборудование;
2. обосновывают тип крепи;
3. выбирают форму ГВ в зависимости от горно-геологических условий;
4. определяют размеры поперечного сечения в свету согласно требованиям ПБ;
5. решают задачу горного давления и определяют ожидаемые смещения породного контура;
6. увеличивают размеры поперечного сечения в свету на величину смещения по-

род и выбирают ближайшее большее по типовым сечениям ГВ;

7. в соответствии с параметрами горного давления выполняют расчет прочных размеров крепи;

8. с учетом размеров крепи и затяжки находят сечение ГВ в черне и в проходке.

В угольных шахтах согласно ПБ ширина проходов для людей должна быть выдержана на высоте выработки не менее 1,8 м от почвы (тротуара) и составляет 0,7 м на прямолинейном участке.

Минимальные зазоры между транспортными средствами и крепью, а также между различными транспортными в соответствии с ПБ изменяются в зависимости от применяемого оборудования и типа крепи от 0,2 до 1,0 м. На закруглениях и в местах установки стрелочных переводов необходимо предусматривать увеличение междупутья и расстояния между осью пути и крепью в зависимости от радиуса закругления до 0,4 м.

Задачу определения параметров сечения ГВ решают обычно графоаналитическим методом, сущность которого состоит в следующем.

На бумагу в масштабе 1:50 наносят максимальные размеры принятого транспортного оборудования ( $A_1$  и  $A_2$ ), минимальные зазоры между оборудованием  $m_1$  и между оборудованием и крепью  $m$  с учетом величины прохода для людей  $n = 0,7$  м на уровне 1,8 м от балласта (рис. 4). Затем находят ширину выработки на уровне подвижного состава с учетом длины прямолинейной части стойки и ее кривизны для выбранной конструкции крепи.

Положение вертикальной оси выработки определяют путем деления ее ширины пополам, а затем графически определяют радиус дуги стойки, учитывая, что центр окружности находится от почвы выработки на высоте  $h_c$  и смещен от оси почвы выработки на величину  $c_u$ . Угол дуги стойки  $\beta_0$  также можно найти графически. Найденные графически размеры должны согласовываться с сечениями выработок по ГОСТ 21152-75 или унифицированными типовыми сечениями. Все остальные размеры определяются согласно рис. 6 по расчетным формулам.

**Программа "Выбор формы и определение размеров поперечного сечения выработок"**  
 кафедра "Строительные геотехнологии" ДонГТУ  
 Авторы: проф. д-р техн. наук Г.Г. Литвинский, доц. к.т.н. Е.С. Смекалин

Данная программа предназначена для выбора формы и расчета параметров поперечного сечения горных выработок на угольных шахтах и рудниках. Может быть использована при проектировании паспорта крепления и в учебных целях по дисциплине "Технология сооружения горных выработок" для студентов горных специальностей

**Ввести исходные данные в графу "Значение":**  
 (выбрать из списка или, если данные неизвестны, ввести нуль)

1. Наименование выработки	Конвейерный уклон
2. Тип крепи	КМП-А3
3. Вагонетка	ВГ-2,5
4. Число и ширина коллени	1х900
5. Конвейер	ЛУ-100
6. Прочее транспортное оборудование	-
7. Категория шахты по газу	III
8. Объем воздуха, проходящего по выработке	100 м <sup>3</sup> /сек

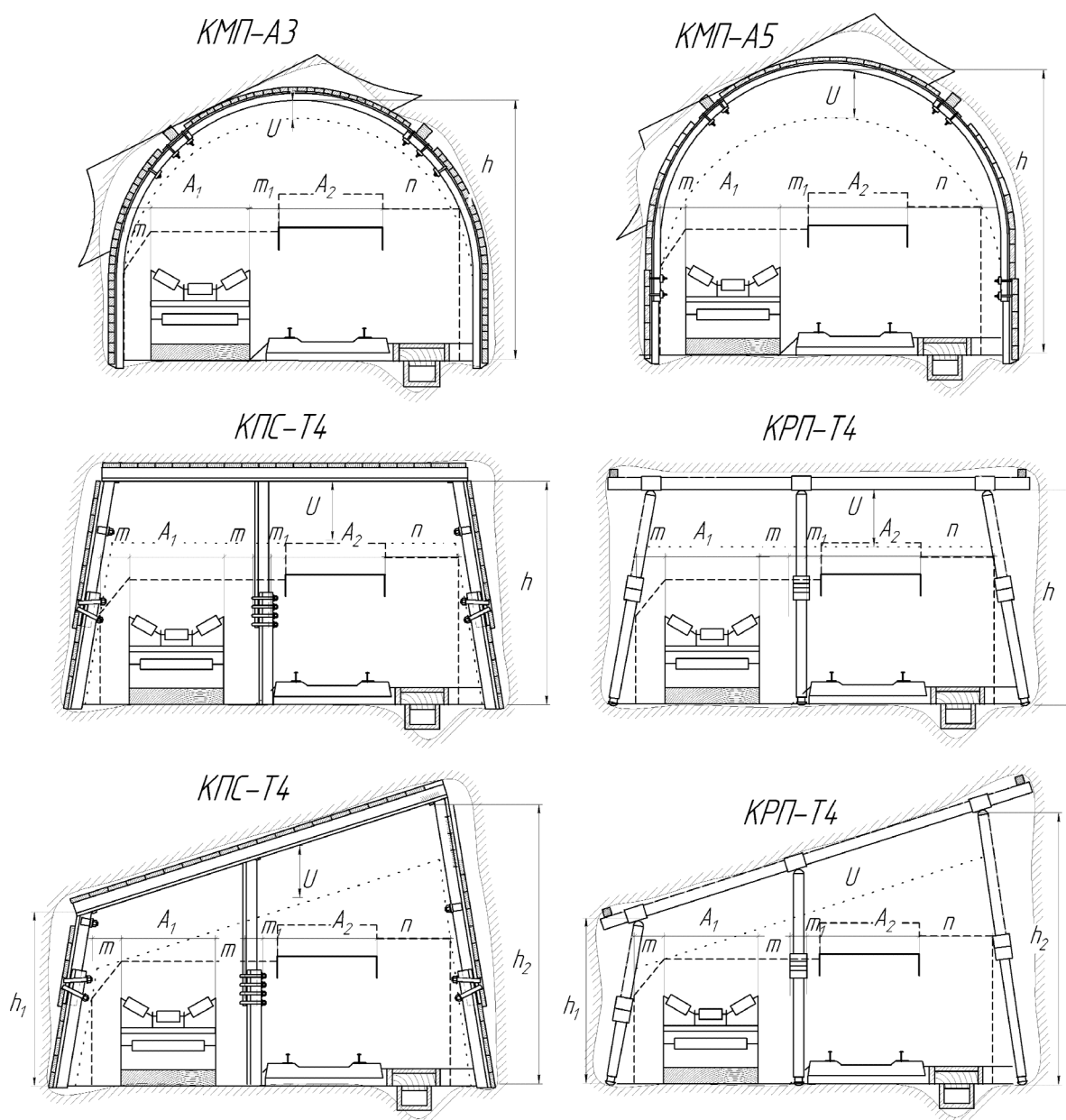
Готово

Рисунок 4 – Интерфейс ввода данных программы для выбора формы и определения размеров поперечного сечения горных выработок

сравнение параметров выработок	Трап. расч	КПС ТС (л. 91.)	КПС-Т №19 (свп22)	КМП-А5 (л. 252, свп22)	КМП-А3 (л. 62, свп22)
параметр	Трап. расч	КПС ТС (л. 91.)	КПС-Т №19 (свп22)	КМП-А5 (л. 252, свп22)	КМП-А3 (л. 62, свп22)
ширина выработки до /после осадки					
вчерне кровля	2,98	2,98	2,71	2,71	
почва	3,99	3,99	3,63	3,63	
в свету кровля	2,53	2,53	2,30	2,30	3,40
почва	3,34	3,34	3,04	3,04	4,20
высота выработки до /после осадки					
вчерне	2,88	2,31	2,62	2,10	
в свету	2,73	2,15	2,48	1,95	2,60
площадь сечения до/после осадки					
в проходке	9,24		8,40		12,28
в свету	6,16	6,16	5,60	5,60	9,40
периметр выработки					
		10,56		9,60	9,90
Масса элементов крепи					
комплект с замком АПЗ.070			250	362	266,57
					209,56

Готово

Рисунок 5 – Итоговая таблица результатов расчетов по разработанной программе



----- габаритный контур, ..... - контур с учетом смещений  $U_B$  и  $U_\Gamma$   
 ————— - сечения в свету  $S_{св}$ , вкрене  $S_{кр}$ , в проходке  $S_{пр}$

Рисунок 6 – Расчетные схемы для определения параметров сечения горных выработок арочной (КМП-A3 и КМП-A5) и четырехугольной формы (КПС-T4 и КРП-T4) для различных условий их заложения

Затем вокруг габаритов оборудования с учетом зазоров очерчивают контур выработки в свету, вкрене и в проходке и находят основные размеры поперечного сечения и его площадь.

Площадь поперечного сечения выработки, установленную из условий размещения оборудования, транспорта и перемещения

людей следует проверить по количеству воздуха, проходящего по ней при эксплуатации при допустимой по ПБ скорости его движения (8 м/с в главных и капитальных ГВ, 6 м/с во всех прочих).

Сформулируем основные требования, которым должна отвечать программа выбора формы и размеров ГВ:



1. Универсальность – возможно более широкий охват различных типов ГВ и горно-геологических условий.
2. Учет основных влияющих факторов.
3. Наглядность результатов, простота их интерпретации и анализа.
4. Доступность и легкость использования.
5. Возможность применения в учебных целях, в проектных и производственных организациях.
6. Открытость, т.е. допускать изменения и апгрейд.

Изложенные выше принципы расчета параметров сечения ГВ и основные регламентирующие требования и ограничения положены в основу разработанной программы для ЭВМ, позволяющей автоматизировать расчет и в тестовой форме проверить знания студентов по дисциплине "Технология сооружения горных выработок".

Особенности программы П-ФРВ (форма и размеры выработки) таковы. Расчет ведется пошагово, в интерактивной форме. Исходные данные вводят в приведенную на рис. 4 форму. В помощь пользователю в программе предусмотрены справочные данные. В ходе расчета следует выбирать из справочных таблиц величины соответствующих зазоров между габаритами транспортного оборудования и крепью, параметры верхнего строения рельсового пути, размеры элементов крепи в зависимости от применяемого спецпрофиля и типа затяжки и др.

Результатом работы программы является расчет основных габаритных размеров горной выработки для представленных на рисунке 6 форм сечения и типов крепи.

Результаты работы программы сведены в итоговую таблицу (рис. 5).

Сравнив приведенные данные расчетов по предложенным ранее критериям работоспособности и эффективности [5], принимаем лучший вариант, графическое представление которого делается самостоятельно или на основе унифицированных типовых сечений, приведенных в программе на следующих листах библиотеки справочных материалов.

**Выводы и рекомендации.** На основе выполненного исторического обзора и ретроспективного анализа развития форм поперечного сечения горных выработок и типов крепи были выявлены главные тенденции и тренды, которые преобладают в горной промышленности. Рассмотрены причины деформаций породного контура горных выработок и нарушения рамной крепи, основными из которых являются образование зон запредельных деформаций и разрушений горных пород с последующим их выдавливание в выработку.

Дана классификация факторов, влияющих на форму и размеры, и предложен порядок проектирования выработок. Показано, что на первый план при проектировании выходят горно-геологические факторы, что делает необходимым учет прогнозируемых смещений контура выработки.

Разработаны расчетные схемы для определения параметров сечения горных выработок арочной и четырехугольной формы. Сформулированы требования и разработана программа проектирования формы и размеров выработок на ЭВМ.

### Библиографический список

1. Вяльцев М. М. *Технология строительства горных предприятий в примерах и задачах* / М. М. Вяльцев. — М. : Недра, 1989. — 240 с.
2. Jovanovich Petar. *Projektovanje i proracun podgrade horizontalnih podzemnih prostorija*, Knj. 1 / Petar Jovanovich. — Beograd : Univerzitet u Beogradu, 1994. — 436 s.
3. *Унифицированные типовые сечения горных выработок [Т. I, II, III]* / Под ред. Е. П. Кравцова. — Киев: Будівельник, 1971.
4. Wieliczka Salt Mine. [http://www.tripadvisor.com/Attraction\\_Review-g277819-d284943-Reviews-Wieliczka\\_Salt\\_Mine-Wieliczka\\_Lesser\\_Poland\\_Province\\_Southern\\_Poland.html](http://www.tripadvisor.com/Attraction_Review-g277819-d284943-Reviews-Wieliczka_Salt_Mine-Wieliczka_Lesser_Poland_Province_Southern_Poland.html)

5. Литвинский Г.Г. Эффективность рамных конструкций крепи / Г.Г. Литвинский, Е. С. Смекалин. — Алчевск : ДонГТУ, 2015. — С. 18–25.

6. Литвинский Г.Г. Стальные рамные крепи горных выработок / Г.Г. Литвинский, Г.И. Гайко, Н.И. Кулдыркаев. — К. : Техника, 1999. — 216 с.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонНТУ Борщевским С.В.,  
к.т.н., доц. ДонГТУ Мележиком А.И*

*Статья поступила в редакцию 25.11.15.*

**д.т.н. Литвинський Г.Г., к.т.н. Смекалін Є.С. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)  
ПРОЕКТУВАННЯ ФОРМИ Й РОЗМІРІВ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК НА ЕОМ**

*Проведений аналіз історичного розвитку форм поперечного перерізу й типу кріплення гірничих виробок. Розглянуті причини деформацій породного контуру гірничих виробок і порушення рамного кріплення. Вказані фактори, що впливають на вибір форми й розмірів гірничих виробок і порядок їхнього проектування. Розроблені розрахункові схеми для визначення параметрів перетину гірничих виробок аркової й чотирикутної форми. Сформульовані вимоги й розроблена програма проектування форми й розмірів виробок на ЕОМ.*

**Ключові слова:** гірничі виробки, історія рамного кріплення, аналіз тенденцій кріплення, проектування форми, розміри перетину, програма проектування.

**Ph.D. Litvinsky G.G., Ph.D. Smekalin E.S. (DonSTU, Alchevsk, LPR)  
COMPUTER DESIGN OF A SHAPE AND SIZE OF UNDERGROUND WORKINGS**

*The analysis of the historical development of the cross-sectional shapes and types of mine support is performed. The deformations causes of rock contour of mining and violations in frame support are studied. Factors influencing the choice of shapes and sizes of workings and the order of their design process are presented. There were developed calculation schemes for determining the parameters of the cross section of mining for arched and quadrangular shape. The requirements and a computer program for shape and size designing of workings were developed.*

**Key words:** excavation, the story of frame support, analysis of support trends, designing the shapes, sectional sizes, design program.