

УДК 622.281

Харисов Тимур Фаритович
младший научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: Timur-ne@mail.ru

Озорнин Иван Леонидович
младший научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: petrov@igduran.ru

**ОБОСНОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ
ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА
СОПРЯЖЕНИЙ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ
В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
УСЛОВИЯХ**

Аннотация:

Комплекс геомеханических и геофизических исследований напряженно-деформированного состояния тюбинговой крепи и окружающего породного массива, проведенный в процессе проходки ствола «Вентиляционный» до глубины 1200 м, показал, что применяемые в настоящее время технологические схемы проходки и параметры крепления ствола и выработок рассечек не в полной мере отвечают условиям низкопрочных высоконапряженных массивов, вследствие чего повышается уровень напряжений в крепи, что приводит к их нарушению. В связи с этим предложена усовершенствованная технологическая схема сопряжений вертикальных стволов с горизонтальными выработками с учетом особенностей строительства в тектонически-напряженных горных массивах на больших глубинах.

Ключевые слова: шахтный ствол, сопряжение, горный массив, напряжения, деформации, технологическая схема

Kharisov Timur F.
Junior researcher,
The Institute of Mining UB RAS,
620075, Yekaterinburg,
Mamin-Sibiriyak st., 58
e-mail: ivanov@igduran.ru

Ozornin Ivan L.
Junior researcher,
The Institute of Mining UB RAS
e-mail: petrov@igduran.ru

**GROUNDING THE EFFICIENT
TECHNOLOGY OF CONSTRUCTION MINE
SHAFTS CONJUGATIONS IN
COMPLICATED MINING AND
GEOLOGICAL CONDITIONS**

Abstract:

Complex geo-mechanical and geo-physical studies of both the stressed-deformed segmental lining state and surrounding rock mass per-formed during the "Ventilation" shaft sinking up to a depth of 1200 m, showed that currently used technological schemes and parameters of shaft lining and workings' insets not fully meet the conditions of low-strength high-intensified rock mass; owing to this the stresses level in shaft lining increases that leads to their fault. In view of this, the improved technological scheme of sinking vertical shafts conjugations with horizontal workings is proposed with due regard for the features of construction in tectonically stressed rock mass at great depths.

Key words: shaft, conjugation, rock mass, stresses, deformation, technological scheme

Разделка сопряжений является одной из сложнейших операций при строительстве вертикальных стволов в тектонически напряженном горном массиве, поскольку в процессе проходки сопряжения происходит обнажение большой площади массива, которое провоцирует неминуемые деформационные процессы. Характер и степень деформаций зависит от горно-геологических условий и масштаба техногенного воздействия на массив.

Сотрудниками ИГД УрО РАН производился мониторинг напряженно-деформированного состояния крепи во время проходки ствола «Вентиляционный» Донского ГОКа, основной проблемой которого является недостаточная устойчивость породного массива, вызванная сложностью геомеханических условий, а именно высоким уровнем напряжений и геодинамической активностью горного массива [1] при сравнительно низкой его прочности, обусловленной особенностями структурного строения – наличием по границам структурных породных блоков мыльного и на ощупь

низкопрочного заполнителя. В результате чего, несмотря на достаточно высокую прочность горных пород в образцах, нарушения устойчивости приконтурного массива подземных выработок происходят даже при сравнительно небольших обнажениях [2, 3]. В данных условиях вокруг любой строящейся выработки формируется аномально большая зона подвижных пород, осложняющая проходку и эксплуатацию соседних выработок.

Измерения напряжений проводились во время проходки ствола, особое внимание уделялось крепи ствола вблизи сопряжений. Измерения напряжений крепи ствола производились методом щелевой разгрузки [4].

Различают следующие технологические схемы проходки сопряжений: сплошным забоем, послонной выемкой породы сверху вниз, послонной выемкой породы снизу вверх, независимыми забоями с помощью бортовых выработок, а также комбинированную – буровзрывным и комбайновым способом [3]. В стволе «Вентиляционный» сопряжения проходятся послонно с выемкой породы сверху вниз. Таким способом проходились сопряжения гор. отм. –320 м, –400 м, –480 м и –560 м. До отметки –560 м разделка сопряжений не вызвала никаких проблем, так как массив, трещины которого заполнены кальцитовый спайкой, до данной отметки представлен габбро-амфиболитовыми породами [5]. Проблемы возникли в процессе проходки двухстороннего сопряжения на гор. отм. –560 м: образовались трещины в тубинговой крепи вблизи сопряжения (над сопряжением и под ним) и произошел срез соединительных болтов. Большое количество трещин появлялось на ребрах тубингов около болтовых соединений. Также было сильно нарушено тубинговое кольцо № 22 (оторвана полка тубинга) и № 30 (лопнул тубинг со стороны грузовой ветви) (рис. 1). Нарушение тубинговой крепи происходило по мере послонной отработки породы в сопряжении.

Мониторинг напряженно-деформированного состояния крепи ствола, над сопряжением и под ним, велся во время его разделки. Данные по натурным измерениям представлены в графическом виде на рис. 2. Облако точек на диаграмме отображает совокупность максимальных сжимающих напряжений, действующих в крепи ствола на протяженных участках и в зонах влияния сопряжений.

В связи с этим ИГД УрО РАН совместно со специалистами Донского ГОКа была рекомендована усовершенствованная технологическая схема проходки одностороннего сопряжения гор. –600 м ствола «Вентиляционный». Проходка велась слоями сверху вниз с применением временного железобетонного крепления, представляющего собой комбинацию металлической сетки, прижатой анкерами к породной стенке, и слоя бетона класса В 25 толщиной 200 – 250 мм, с последующей установкой постоянной тубинговой крепи ствола совместно с послонным возведением постоянного железобетонного крепления выработки сопряжения [6].

Новая технология направлена на то, чтобы постоянная тубинговая крепь ствола и железобетонная крепь выработки сопряжения возводились уже после того, как основная доля смещений породных стенок и прилегающего массива была реализована [7, 8]. В результате нагрузка на постоянную крепь окажется существенно меньшей, чем при традиционной схеме строительства сопряжений.

Сущность предлагаемой технологии. Вид и параметры постоянной крепи, а также технологическая схема проходки ствола и сопряжения остаются без изменения: так, как они заложены в проекте и применялись до настоящего времени на шахте. Все работы по проходке и креплению ствола ведутся в соответствии с применяемой совместной технологией с применением постоянной крепи из чугунных тубингов.

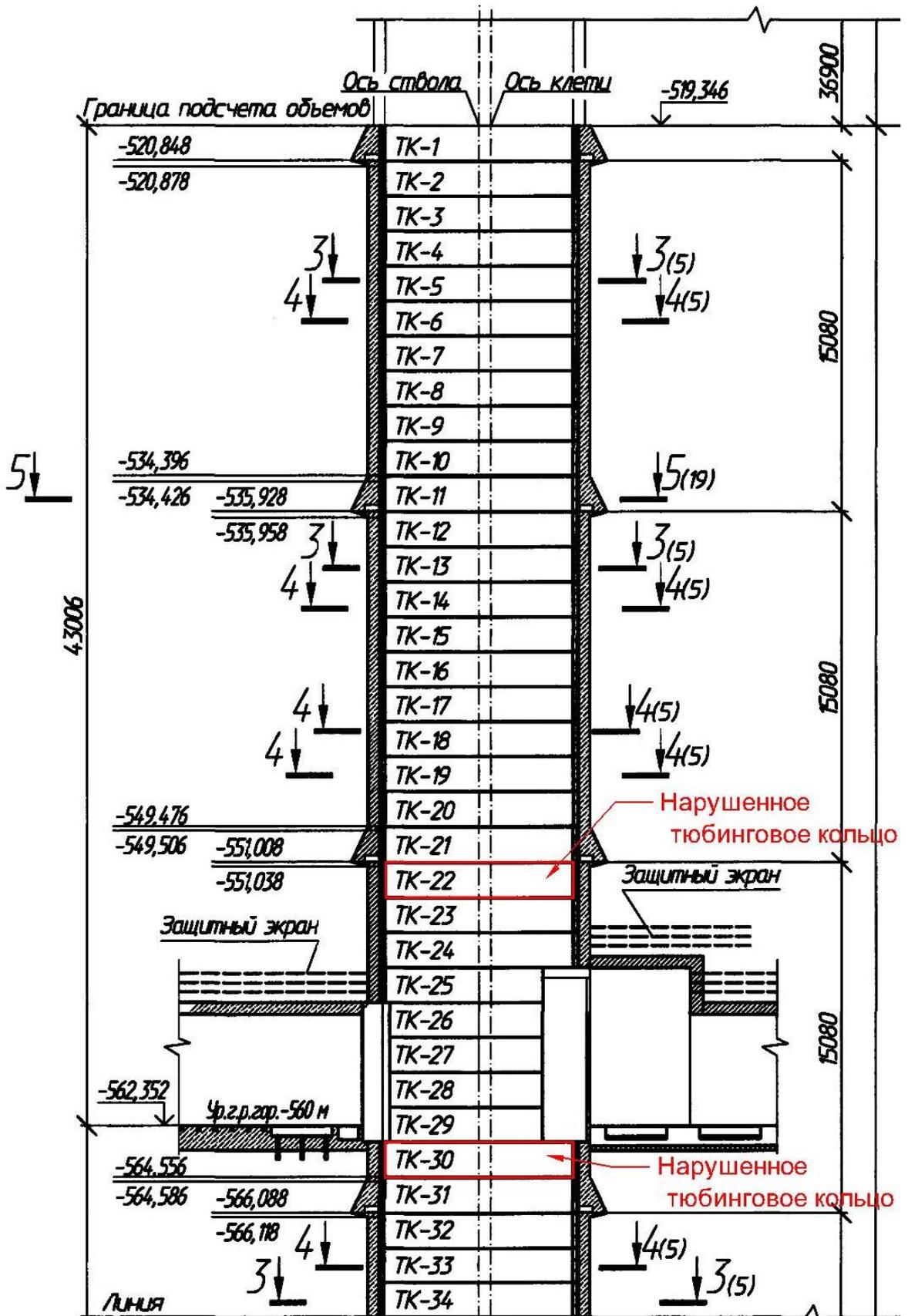


Рис. 1 – Нарушение тубинговых колец в районе сопряжения гор.-560 м

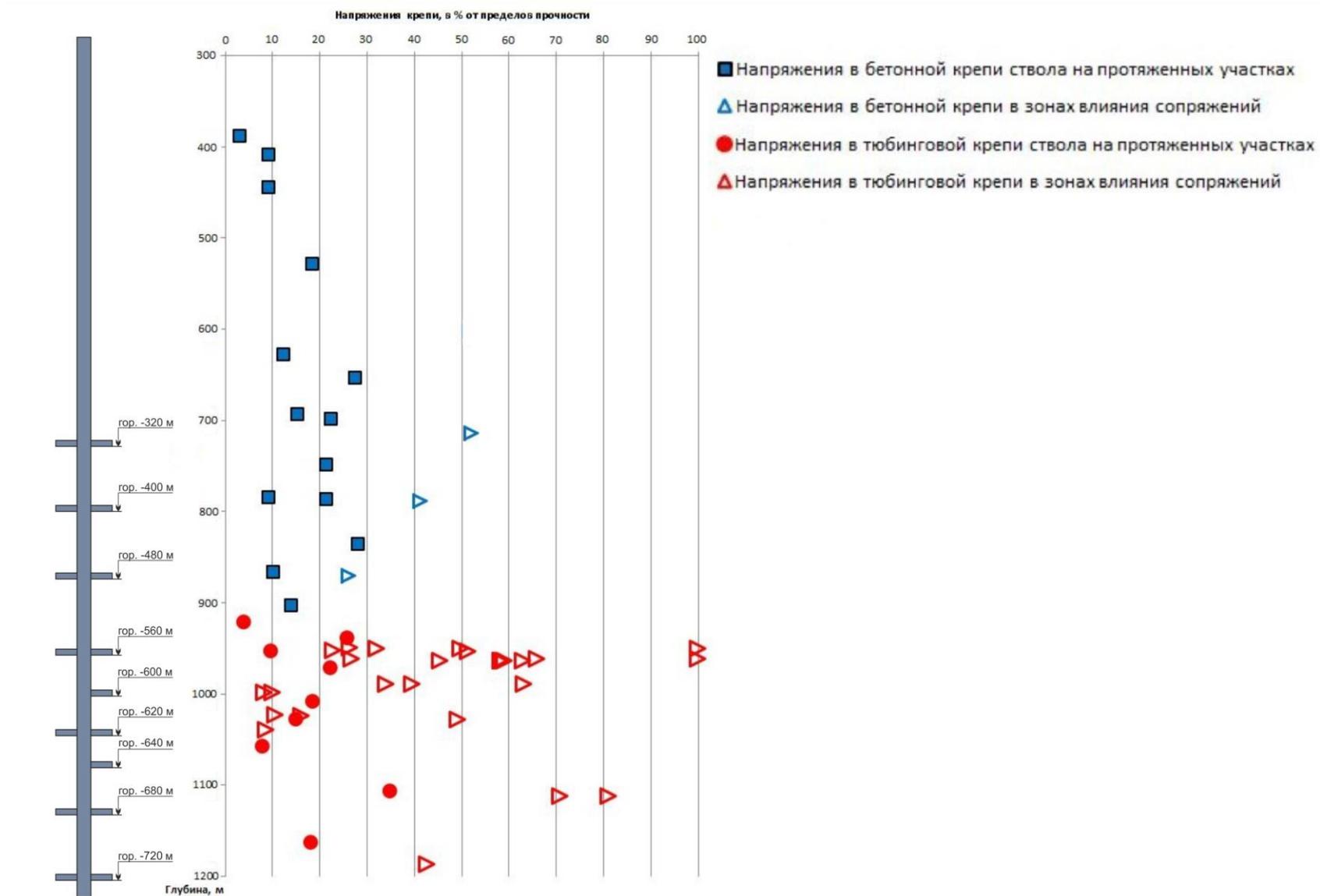


Рис. 2 – Изменение с глубиной максимальных горизонтальных напряжений крепи в процентах от предела прочности, замеренных на внутреннем контуре бетонной и тубинговой крепи ствола «Вентиляционный»

До начала разделки сопряжения над его будущей кровлей сооружается защитный экран из трех слоев скважин с перфорированными трубами, куда закачивается под давлением бетонный раствор.

Раскрытие сечения сопряжения осуществляется поэтапно четырьмя нисходящими слоями высотой 2 – 2,2 м сверху вниз с использованием в качестве временной крепи стальных арок из спецпрофиля, прижатых анкерами к породным стенкам, а в качестве постоянной крепи – монолитного железобетона.

В данную технологическую схему предлагается внести следующие дополнения.

Начиная с двух последних (т.е. находящихся непосредственно над кровлей сопряжения) тубинговых колец и ниже в процессе углубки ствола породный массив по его периметру армируется железобетонными или полимерными анкерами сплошного закрепления с арматурными стальными стержнями периодического профиля диаметром 16 мм, длиной 1,8 – 2 м, устанавливаемых по сетке 1 × 1 м.

Ствол углубляется до уровня подошвы сопряжения (или, для удобства magazинирования отбитой породы, на 1,5 – 2 м ниже) и крепится временной крепью из стальной решетчатой затяжки (сварной сетки) из гладкой холодотянутой проволоочной арматуры класса Вр-I диаметром 5 – 6 мм с ячейками 100 × 100 мм, которая прижимается вышеупомянутыми анкерами к породной стенке ствола. В качестве подхватов могут использоваться плоские стальные шайбы размером около 0,15 × 0,15 м и толщиной порядка 5 – 8 мм или специальные анкерные шайбы со сферическими гайками. После анкерования и навески сетки на породные стенки ствола наносится слой бетона класса В 25 толщиной 200 – 250 мм. Схема временного крепления представлена на прилагаемом рис. 3.

Учитывая существующие возможности и имеющееся в настоящее время на шахте оборудование, бетонирование выполняется с помощью секционной или сборной опалубки. В перспективе возможно внедрение более передовой и обеспечивающей большую прочность технологии безопалубочного послойного нанесения бетона путем «мокрого» набрызгбетонирования с внесением в бетонную смесь соответствующих химических добавок.

По мере послойной нисходящей разделки выработки сопряжения совместно с возведением ее постоянного железобетонного крепления в стволе устанавливается постоянная тубинговая крепь: сверху вниз навешиваются тубинговые кольца и бетонируется 350 – 400 мм закрепного пространства между временной железобетонной крепью и тубингами по применяемой в настоящее время технологии.

Проведенные исследования по оценке напряженно-деформированного состояния чугунной крепи ствола после проходки сопряжения гор. –600 м по рекомендованной технологической схеме показали низкий уровень действующих напряжений. Полученные максимальные напряжения в тубинговом кольце № 54 ниже расчески гор. –600 м с уходкой забоя от сопряжения на 9 м не превысили 7 % от предела прочности чугуна СЧ 21 (предел прочности 470 МПа, модуль упругости 60 000 МПа) и составили –36 МПа. В ходе визуального обследования расчески гор. –600 м каких-либо видимых нарушений и деформаций в железобетонной крепи сопряжения не обнаружено.

В связи с этим можно сделать вывод, что предложенная технологическая схема проходки сопряжения –600 м с послойной отработкой и с применением временной железобетонной крепи оказалась эффективной. Временная крепь восприняла большую часть деформаций по мере проходки ствола и расчески сопряжения, и постоянная основная (тубинговая) крепь находится в пределах нормативной нагрузки. Использование предложенной технологической схемы проходки и крепления сопряжения ствола с гор. –600 м позволило избежать тех аварийных ситуаций, которые связаны с разрушением отдельных тубингов, примыкающих к границам сопряжения гор. –560 м и пройти сопряжение без каких-либо нарушений элементов конструкции, обеспечив минимальные напряжения в крепи ствола.

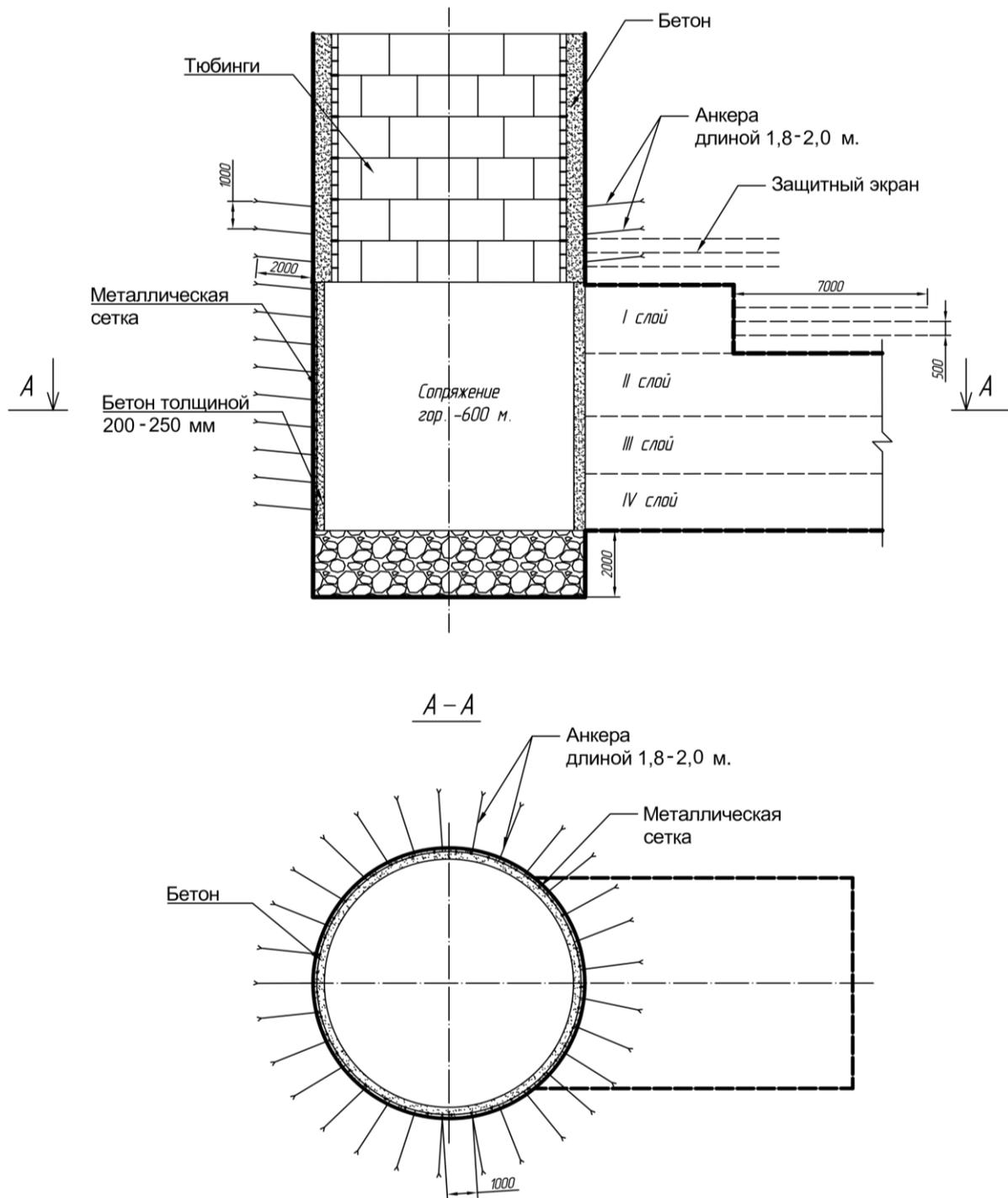


Рис. 3 – Схема временного крепления ствола «Вентиляционный» при строительстве сопряжения гор. -600 м

Литература

1. Панжин А.А. Диагностика современной геодинамической активности массива и исследование процесса сдвижения на шахтах Донского ГОКа / А.А. Панжина, В.И. Ручкин, А.В. Третьяк // Горный журнал Казахстана. – 2014. – № 3. – С. 32 – 36.
2. Структурно-деформационный мониторинг процесса сдвижения / С.В. Усанов и др. // Геомеханика в горном деле: доклады науч.-техн. конф. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2012. – С. 194 - 208.
3. Шуплецов Ю.П. Прочность и деформируемость скальных массивов / Ю.П. Шуплецов. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 195 с.
4. Харисов Т.Ф. Исследование напряженно-деформированного состояния крепи при строительстве вертикальных стволов в тектонически напряженном горном массиве / Т.Ф. Харисов, И.Л. Озорнин // Четырнадцатая Уральская молодежная научная школа по геофизике. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2013.
5. Шахтное и подземное строительство. Ч. 2. Технология строительства вертикальных стволов / Мартыненко и др. - Новочеркасск: ЮРГТУ, 2001. - 260 с.
6. Боликов В.Е. Напряженно-деформированное состояние бетонной крепи при строительстве вертикальных стволов / В.Е. Боликов, Т.Ф.Харисов, И.Л. Озорнин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – ОВ № 11. – С. 77 – 86.
7. Балек А.Е. Обеспечение устойчивости горных выработок в условиях сильнотрещиноватых напряженных скальных массивов Хромитовых месторождений / А.Е. Балек, В.Е. Боликов // Горный информационно-аналитический бюллетень– 2011. - ОВ № 11.
8. Харисов Т.Ф. Обеспечение устойчивости крепи в процессе строительства вертикальных стволов / Т.Ф. Харисов, В.А. Антонов // Проблемы недропользования.– 2014. – № 1.