Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

На правах рукописи

БУДНИКОВ Павел Михайлович

УДК 622.241.54

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КРЕПЛЕНИЯ УСТЬЕВ НАКЛОННЫХ СТВОЛОВ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ АРОЧНОЙ КРЕПЬЮ С МОНОЛИТНЫМ БЕТОНОМ

Специальность
25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)»

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель – кандидат
технических наук, доцент
М. Д. Войтов

К Е М Е Р О В О , 2 0 1 9

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Введение 4
Глава I. Современное состояние строительства устьев наклонных стволов 10
1.1 Объемы строительства наклонных стволов 10
1.2 Опыт строительства устьев наклонных стволов 15
1.3 Выбор конструкции крепей устьев наклонных стволов 20
Выводы, цель и задачи исследований 27
Глава II. Опредление несущей способности металлической арочной крепи с монолитным бетоном 29
2.1 Определение размеров поперечного сечения железобетонных элементов крепи 29
2.2 Расчет железобетонных элементов крепи по прочности 31
2.3 Расчет железобетонных элементов крепи по наклонным сечениям 34
2.4 Расчет элементов металлической арочной крепи с монолитным бетоном в зависимости от класса бетона, толщины бетона, шага и номера спецпрофиля СВП, площади и класса арматурной сетки 36
Выводы по главе 2 41
Глава III. Обоснование параметров металлической арочной крепи с монолитным бетоном для устьев наклонных стволов 42
3.1 Определение нагрузок на крепи горных выработок 42
3.2 Испытание металлических рамных крепей 52
3.3 Определение внутренних усилий в крепи 65
3.4 Металлическая арочная крепь с монолитным бетоном для устьев наклонных стволов 83
3.5 Экономический эффект при применении металлической арочной крепи с монолитным бетоном 85
Выводы по главе 3 87

Глава IV. Технология возведения металлической арочной крепи с монолитным бетоном при строительстве устьев наклонных стволов 89
4.1 Технология возведения металлической арочной крепи с монолитным бетоном 89
4.2 Технологическая последовательность строительства устья наклонного ствола 95
4.3 Экономический эффект от применения технологии 99
Выводы по главе 4 100
Заключение 103
Литература 105
Приложение А Расчет сметной стоимости возведения различных видов крепей 114
Приложение Б Патенты Российской Федерации 134
Приложение В Акты 139

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Угольная отрасль занимает одну из важнейших позиций в экономике России. За счет разработки и внедрения инновационных геотехнологий добычи и переработки угля увеличивается интенсивность горных работ, объемы добычи и экспортный потенциал [46].

Ведущим российским производителем и экспортером угля является Кузбасс. Добыча и экспорт кузнецких углей дают значительные поступления в бюджет, создают рабочие места и формируют инвестиционную привлекательность.

В то же время использования существующего комплекса проектных решений по способам и технологиям угледобычи ориентировано преимущественно на открытый способ разработки угольных месторождений, доля которого ежегодно увеличивается на 6–8 % и уже превысила 70 % в общем объеме. Это ведет к большим потерям и ускоренному исчерпанию запасов.

В связи с этим в новой стратегии развития угольной отрасли Кузнецкого бассейна до 2035 г. поставлена задача на разработку проектных решений, обеспечивающих увеличение добычи угля с применением подземного способа.

Особенностью горно-геологических условий угольных месторождений Кузбасса является то, что выходы пластов угля под наносы находятся на небольшой глубине, поэтому для сокращения продолжительности строительства новых шахт и повышения эффективности подземного транспорта, вскрытие и подготовка выемочных полей с 2000 года осуществляется преимущественно наклонными стволами.

В Кузбассе устья наклонных стволов обычно закладываются в четвертичных отложениях, в слабых, неустойчивых, часто обводненных породах. При этом устья крепятся монолитной железобетонной крепью, как правило, с обратным сводом, арочной или сводчатой форм поперечного сечения.

Анализ показал, что применяемые в настоящее время конструкции крепей устьев наклонных стволов имеют следующие недостатки:

– работа сплошных конструкций крепей преимущественно в попереч-

ном направлении выработки и недостаточность их работы в продольном направлении;

– увеличение металлоемкости конструкции крепи при обеспечении ее необходимой несущей способности за счет применения гибкой арматуры;

– неравнопрочность конструкции из-за наличия перегруженных элементов крепи;

– подверженность коррозии вынесенного спецпрофиля СВП;

– применения второго спецпрофиля СВП;

– увеличение трудоемкости возведения крепи.

В этой связи совершенствование конструкции крепи и технологии крепления устьев наклонных стволов металлической арочной крепью с монолитным бетоном представляет актуальную научно-техническую задачу.

Работа выполнена в соответствии с грантом на проведение научных исследований по приоритетным направлениям развития науки, техники и технологии в области рационального природопользования.

Цель работы состоит в обосновании и совершенствовании технологии крепления металлической арочной крепью с монолитным бетоном, обеспечивающую снижение материало- и трудоемкость при строительстве устьев наклонных стволов.

Идея работы состоит в учете конструктивного обеспечения совместной работы металлической арочной крепи и арматурного каркаса в монолитном бетоне в процессе ее возведения и эксплуатации.

Задачи исследования:

– определить несущую способность металлической арочной крепи с монолитным бетоном в зависимости от класса бетона, толщины бетона, шага и номера спецпрофиля СВП, площади и класса арматурной сетки;

– установить способ снижения материалоемкости металлической арочной крепи с монолитным бетоном при сохранении ее несущей способности для устьев наклонных стволов, сооружаемых открытым способом;

– разработать эффективную технологию возведения металлической

арочной крепи с монолитным бетоном при строительстве устьев наклонных стволов открытым способом.

Объект исследования. Строительство устьев наклонных стволов открытым способом, проводимых в породах четвертичного отложения с установкой металлической арочной крепи с монолитным бетоном, а также технологии ее возведения.

Предмет исследования. Совершенствование металлической арочной крепи с монолитным бетоном при максимальных изгибающих моментах, возникающих в середине вертикальных и криволинейных верхних частях крепи, а также технологии ее возведения.

Методы исследований. При выполнении работы использован комплексный метод исследований, включающий в себя анализ и научное обобщение ранее опубликованных работ по вопросам проектирования металлических крепей с монолитным бетоном, производственных данных строительства устьев наклонных стволов, обработка данных, полученных в лабораторных условиях, теоретические исследования, обработка лабораторных испытаний металлических рамных крепей.

Научные положения, защищаемые в диссертации:

– несущая способность металлической арочной крепи с монолитным бетоном обеспечивается классом бетона на 19,9 %, толщиной бетона на 5,9 %, шагом и номером спецпрофиля СВП на 39,7 %, классом арматурной сетки на 11,1 %, площадью гибкой арматуры на 23,4 %;

– размещение арматурной сетки в зонах растягивающих напряжений, как со стороны кровли, так и со стороны боков при обеспечении необходимой несущей способности металлической арочной крепи с монолитным бетоном для устьев наклонных стволов позволяет снизить ее металлоемкость до 50,6 %;

– применение циклично-поточной технологии возведения металлической арочной крепи с монолитным бетоном, основанной на параллельном выполнении монтажа арматурного каркаса, секций инвентарной опалубки, укладки бетонной смеси, устройства гидроизоляции и последовательном выполнении отрывки кот-

лована и его обратной засыпки позволяет повысить эффективность строительства устья наклонного ствола на 47 % от принятых в настоящее время технологий.

Научное значение работы заключается:

– в установлении соотношения несущей способности металлической арочной крепи с монолитным бетоном для устьев наклонных столов в зависимости от толщины крепи, шага и номера спецпрофиля СВП (СВПУ), площади и класса гибкой арматуры и от класса бетона;

– в определении опытным путем несущей способности в жестком режиме металлических рамных крепей с изменением прямолинейных стоек на криволинейные;

– применение циклично-поточной технологии возведения металлической арочной крепи с монолитным бетоном, позволяет повысить эффективность строительства устья наклонного ствола.

Отличие от ранее выполненных работ. В совершенствовании металлической арочной крепи с монолитным бетоном, где максимальные изгибающие моменты возникают в середине вертикальных и криволинейных верхних частях крепи, а нулевые значения в зоне между концами армирующих сеток и узлов сопряжений элементов металлической арочной крепи с монолитным бетоном, причем максимальные растягивающие напряжения возникают только в армирующих сетках, что позволяет уменьшить номер спецпрофиля и количество рам крепи.

Практическое значение работы. Разработаны рекомендации по технологии крепления устьев наклонных стволов металлической арочной крепью с монолитным бетоном, которые утверждены АО «СУЭК-Кузбасс» и ООО «Сибирский Институт Горного Дела».

Обоснованность и достоверность научных результатов подтверждается корректной постановкой задач исследований, теоретическими расчетами и достаточным объемом экспериментальных исследований, положительным внедрением разработок на практике и последующей успешной эксплуатацией запроектированного с применением разработок автора участка наклонного ствола Магистральный Шахтоуправления имени А. Д. Рубана АО «СУЭК-Кузбасс».

Реализация работы. Практическое применение металлической арочной крепи с монолитным бетоном осуществлено при строительстве устья наклонного ствола участка Магистральный АО «СУЭК-Кузбасс» Шахтоуправления имени А. Д. Рубана, при этом экономический эффект составил на 1 м длины выработки 99,3 тыс.руб. в ценах IV квартала 2017 г.

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач исследования; в анализе и научном обобщении материалов; в разработке и обосновании параметров металлической арочной крепи с монолитным бетоном для устьев наклонных стволов; в разработке технологической последовательности строительства устьев наклонных стволов; в формулировке выводов и разработке рекомендаций по технологии крепления устьев наклонных стволов металлической арочной крепью с монолитным бетоном; в обобщении экономических показателей при применении разработанной конструкции крепи.

Апробация работы. Основное содержание диссертации и ее отдельные разделы докладывались и получили одобрение на Китайско-Российском симпозиуме «Underground and Building of City and Mine» (Qingdao, China, 2008), II Всероссийской, 55 научно-практической конференции «Россия молодая» (г. Кемерово, 2010 г.), на XIII Международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» (г. Кемерово, 2010 г.), на 8-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» (г. Тула, 2012 г.), на 9-й Международной научно-практической конференции «Wschodie partnerstwo – 2013» (Poland, 2013 г.), на VIII Всероссийской, 61 научно-практической конференции молодых ученых «Россия молодая» (г. Кемерово, 2016 г.), на The 8th Russian-Chinese Symposium «Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety: «The improved construction of reinforced-concrete support of slope mouth» (Kemerovo, Russia, 2016), на III-ем Инновационном горном симпозиуме (Кемерово, 2018), на The 9th China-Russia Conference «Coal in the 21st Century: Mining, Intelligent Equipment and Environment Protection» (Qingdao, China, 2018).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 15 печатных работ, в том числе монография, 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ по специальности 25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)» и 2 патента РФ на полезную модель, при этом 3 работы опубликованы в зарубежной печати.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 89 наименований и изложена на 141 страницы, включая 13 таблиц, 54 рисунка и 3 приложения на 30 страницах.

Автор выражает глубокую благодарность заслуженному деятелю науки РФ, д.т.н., проф. В. В. Першину за научно-методическую помощь и ценные замечания при подготовке диссертационной работы.

ГЛАВА I. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА УСТЬЕВ НАКЛОННЫХ СТВОЛОВ

1.1 Объемы строительства наклонных стволов

Ерунаковский угленосный район расположен в центральной части южной половины Кузбасса на левобережье р. Томь. Административно он относится к Новокузнецкому и Прокопьевскому районам Кемеровской области.

Рельеф района представляет собой четко выраженную холмистую поверхность, изрезанную речной сетью, а также логами большей частью без водотоков.

Угленосные отложения повсеместно перекрыты суглинками и глинами четвертичного возраста. Мощность их изменяется от 3 до 50 м.

Под четвертичными отложениями залегают отложения пермского возраста (тарбаганская серия) и триасового возраста (мальцевская серия) [48].

Продуктивные угленосные отложения относятся к кольчугинской серии верхнепермского возраста, которая подразделяется на две подсерии: Ерунаковскую и Ильинскую. Ерунаковская подсерия разделена на три свиты: тайлуганскую, грамотеинскую и ленинскую, а Ильинская – на две свиты – ускатскую и казанково-маркинскую.

Тайлуганская свита содержит 16–20 пластов мощностью от 2 до 20 м, грамотеинсткая – 10 пластов мощностью от 1 до 18 м и ленинская – 17–21 рабочих пластов мощностью от 0,7 до 7,68 м.

Горно-геологические условия района разнообразные. Вмещающие породы представлены преимущественно алевролитами, аргиллитами и их переслаиванием. Песчаники имеют подчиненное значение. Коэффициент крепости пород преимущественно изменяется в пределах 4–6. Преимущественный угол падения пластов 10–35°. На выходах пласта угля под наносы угол наклона увеличивается до 35–50°. Крутое залегание пластов характерно для северо-западной и северо-восточной части района.

Таблица 1.1 – Характеристика действующих и проектируемых шахт на примере Кузбасса

Наименование шахты	**Производственная мощность, млн.т.**	**Размеры выемочного поля, м**		**Отрабатываемые пласты**	**Средняя мощность пластов, м**	**Коэффициент крепости**	**Угол падения пластов, град**	**Вскрытие шахтного поля**	**Подготовка шахтного поля**
		по простиранию	**по падению**						
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Действующие шахты									
«Шахта №7»	1,8	4000	2200–4300	53, 52, 51, 50, 49	1,33–5,14	4–6	3–15	Два наклонных ствола	Уклоны
«Вольная»	1,5	3000	1300	с 63 по 51	1,3–6,8	2–6	8–25	Три наклонных ствола	Бремсбергами
«Ерунаковская»	1,5	7000	1250	с 66 по 19	0,7–3,0	3–6	до 25	Три наклонных ствола	Бремсбергами и уклонами
«Ильинская»	1,5	8000	4000	30, 29, 28, 27, 23, 20, 16 и 13	0,7–3,7		5–35	Три наклонных ствола	Уклонами
				21, 18, 14, 13а, 12, 9в.п., 9н.п., 8, 7, 2а и 1	0,7–2,5				
«Казанковская»	1,5	4900	1600	Тагарышские 36, 35 и 34	1,71–2,78	4–6	15–34	Три наклонных ствола	Бремсбергами

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
«Камышанская»	1,5	5500	2500	47, 45, 44–43, 42, 40, 38	1,4–3,1	4–6	12–20	Блок №1 – два наклонных ствола Блок №2 – два квершлага	Бремсбергами
«Котинская»	1,5	3600	2000	53, 52, 51, 50, 49	1,1–4,74	4–6	6–15	Два наклонных ствола	Два квершлага
«Кыргайская»	1,5	5300	2300	с Кыргайского 48 по Кыргайский 42а	0,7–4,7	–	5–55	Два наклонных ствола	Бремсбергами
«Майская»	3,0	–	–	9а, 10	5,5 и 7,3	4–6	10	Три наклонных ствола	Уклонами
«Соколовская»	1,5	4000	3000	61, 60, 59, 58, 57–56	2,08–4,5	4–6	5–20	Два наклонных ствола	Наклонным квершлагом
«Тагарышская»	1,5	3500	1380	60–59, 58, 57, 56, 54, 53а, 53, 51, 50, 49	1,0–5,75	3–7	13–35	Три наклонных ствола	Бремсбергами
«Талдинская-Западная»	1,5	4200	2100	68, 67, 66, и 66–65	4,1–6,5	4–6	–	Три наклонных ствола	–

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
«Талдинская-Южная»	1,5	3250	600	48, 45, 44, 43–42, 40, 39, 38	1,9–3,61	3–7	13–18	Три наклонных ствола	Бремсбергами
«Ульяновская»	1,5	7000	1250	55, 54, 53, 52, 51, 43, 43–42, 40, 36, 33, 32, 30, 25 и 9	1,0–3,59	4–6	10–35	Три уклона	
Проектируемые шахты									
«Жерновская-1»	1,0	4500	1500	60–59, 58, 57, 56, 55, 54, 52, 51, 50	1,04–4,39	4–6	14–23	Три наклонных ствола	Бремсбергами
«Жерновская-2»	1,0	2000	1500–2000	60, 59, 58–57, 56, 54, 52, 51, 50	0,98–4,39	4–6	3–23	Два наклонных ствола	Уклонами
«Жерновская-3»	1,0	2600	1130	60–59, 58–57, 56, 55, 54, 53, 52, 51, 50	0,98–4,39	4–6	13–20	Блок №1 – два наклонных ствола Блока №2 – полевым штреком	Уклонами
«Жерновская-4»	1,5	7000	1250	68, 67, 66, 62, 60–59, 60, 59, 58, 56	0,14–5,0	4–6	8–12	Три наклонных ствола	Бремсбергами

Окончание табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
«Кыргайская-Южная»	2,0	–	–	с Кыргайского 38 по Кыргайский 18	0,7–4,2	4–6	3–48	Три наклонных ствола	Бремсбергами
«Саланда»	1,5	4000	2500	61, 60, 59, 58 и 57–56	1,3–5,5	4–6	6–16	Три наклонных ствола	Бремсбергами
«Талдинская»	1,2	4000	3000	60–59,58–57, 56 и 54	1,7–6,2	4–6	3–20	Три наклонных ствола	Бремсбергами и уклонами
«Тыхтинская»	1,5	3000	3200	62, 61, 60, 59, 58	1,2–5,71	4–6	0–10	Три наклонных ствола	Два наклонных квершлага
«Ускатская»	1,2	6000	1500–3500	28, 23, 20, 18, 16, 14, 13, 12а, 9, 8, 3, 2, 1	0,7–2,8	4–6	0–25	Три штольни	Бремсбергами
«Чельская»	1,5	2500	1599	47, 45, 44–43, 42, 40, 38, 35, 34	1,4–3,5	4–6	14–22	Три наклонных ствола	Бремсбергами

Ерунаковский угленосный район находится в стадии освоения угольной промышленностью. Действуют «Шахта № 7», «Вольная», «Ерунаковская», «Ильинская», «Казанковская», «Камышанская», «Котинская», «Кыргайская», «Майская», «Соколовская», «Тагарышская», «Талдинская-Западная», «Талдинская-Южная», «Ульяновская» и проектируются «Жерновская-1», «Жерновская-2», «Жерновская-3», «Жерновская-4», «Кыргайская-Южная», «Саланда», «Талдинская», «Тыхтинская» «Ускатская», «Чельская» [61] (табл. 1.1).

1.2 Опыт строительства устьев наклонных стволов

«Шахта «Талдинская-Западная-1» АО «СУЭК-Кузбасс»

Северный наклонный фланговый конвейерный ствол строится в западном крыле шахтного поля на фланге шахты «Талдинская-Западная-1». Ствол пройден по угольному пласту 67 мощностью 4,2–4,7 м в направлении с северо-востока на юго-запад с западной фланговой промплощадки L = 1930 м под углом 10º к горизонту до отметки …208 м.

Непосредственная кровля пласта представлена мелкозернистым алевролитом, трещиноватым, от весьма неустойчивого до неустойчивого, f = 2–4, мощностью 4–8 м. Основная кровля пласта – песчаник трещиноватый, разной зернистости, от средне до легко обрушающегося, f = 5–6, мощность 25–30 м.

Протяженность устьевой части конвейерного ствола составляет 43 м. Строительство этого участка осуществлялось открытым способом с последующей обратной засыпкой установленной крепи.

Конструкция крепи устья конвейерного ствола выполнена из железобетона, которая включает в себя металлическую раму КМП-А3-19-22 из спецпрофиля СВП-22 и обратный свод циркульной формы. После установки рамы ее омоноличивали бетоном с установкой конструктивной продольной арматуры и использованием в качестве рабочей арматуры решетчатой металлической затяжки.

Площадь поперечного сечения составила $S_{св}$ = 18,7 м^2, $S_{пр}$ = 26,7 м^2, при этом ширина выработки в проходке (в самой широкой части) составляет b = 5,95 м; высота выработки (в проходке) h = 5,42 м.

Обратная засыпка после установки железобетонной крепи велась по суглинкам, вынутым при разработке котлована. Обратную засыпку выполняли с отставанием от установки крепи после набора прочности бетона 70 %.

ЗАО «Распадская-Коксовая»

Строительство наклонного вентиляционного ствола № 2 ЗАО «Распадская-Коксовая» предназначен для выдачи отработанной струи воздуха из шахты. Ствол пройден по породам с коэффициентом крепости f = 4–14 под углом 10° к горизонту.

Породы, вмещающие угленосные пласты, представлены аргиллитами, алевролитами (f = 4–7), реже песчаниками (f = 7–14) и конгломератами (f = 9–14) и характеризуется высокой механической прочностью. Породы четвертичного отложения имеют небольшую мощность, в долинах рек и ручьев составляют 6–15 м, на водоразделах – 10–12 м, представленные средними и тяжелыми суглинками, слабовлажными или сухими.

Конструкция крепи устья наклонного вентиляционного ствола выполнена из железобетона, которая включает в себя гибкую арматуру замоноличенную в бетоне. Площадь поперечного сечения протяженной части ствола принята $S_{пр}$ = 30,6 м^2 и $S_{св}$ = 30 м^2. В качестве крепи ствола используется сталеполимерная анкерная крепь.

Обратная засыпка после установки железобетонной крепи велась по суглинкам, вынутыми при разработке котлована. Обратную засыпку выполняли с отставанием от установки крепи после набора прочности бетона 70 %.

«Шахтоуправление имени А. Д. Рубана АО «СУЭК-Кузбасс»

Строительство конвейерного наклонного ствола осуществлялось на участке «Магистральный». Ствол служит для выдачи горной массы. Участок разбит

на два этапа. Первый пройден с помощью отбойного молотка и многофункциональной погрузочной машины MF-1500, второй будет проходиться комбайновым способом под углом 12°.

Породы, вмещающие угленосные пласты, представлены крупнозернистыми трещиноватыми алевролитами, а также мелко и среднезернистыми песчаниками, породы четвертичного отложения – суглинками и супесями.

Устье конвейерного наклонного ствола разбито на три участка: 47, 29 и 20 м, все три участка разрабатывались открытым способом с последующей обратной засыпкой установленной крепи стволов.

Конструкция крепи устья конвейерного ствола выполнена из железобетона, который включает в себя металлическую раму КМП-А4-26-22 из спецпрофиля СВП-22 и обратный свод циркульной формы. После возведения раму омоноличивали бетоном. Площадь поперечного сечения протяженной части ствола принята $S_{пр}$ = 32,7 м^2 и $S_{св}$ = 22,4 м^2.

Крепь устья выработки – КМП-А4 из спецпрофиля СВП-22 $S_{пр}$ = 32,7 м^2, с шагом установки крепи 0,5 м.

Обратная засыпка после установки железобетонной крепи велась по суглинкам, вынутым при разработке котлована. Ее выполняли с отставанием от установки крепи после набора прочности бетона 70 %.

ООО «Шахта «Бутовская» АО «КОКС»

Строительство путевого наклонного ствола осуществлялось с центральной промплощадки. Ствол пройден по породе с коэффициентом крепости по шкале М. М. Протодьяконова f = 4–6,5. Ствол служит для общего проветривания, ведение доставочных работ и монтажа лавы А-7. Ствол проводился под углом 14°.

Породы, вмещающие угленосные пласты, представлены крупнозернистыми трещиноватыми алевролитами, а также мелко и среднезернистыми песчаниками, породы четвертичного отложения – суглинками и супесями.

Устье путевого наклонного ствола разбито на три участка: 42,5, 40 и 41,5 м, первый участок разрабатывался открытым способом с последующей обратной засыпкой установленной крепи стволов.

Конструкция крепи устьевой части путевого ствола выполнена из железобетона, которая включает в себя металлическую раму КМП-А3У-22-27 из спецпрофиля СВП-27 и обратный свод циркульной формы. После установки рамы ее омоноличивали бетоном. Площадь поперечного сечения протяженной части ствола принята $S_{пр}$ = 22,5 м^2 и $S_{св}$ = 19,7 м^2.

Наклонный путевой ствол пройден одновременно с конвейерным наклонным стволом. Крепь устья выработки – КМП-А3У из спецпрофиля СВП-27 $S_{пр}$ = 18,0 м^2, с шагом установки крепи 0,5 м.

Обратная засыпка после установки железобетонной крепи велась по суглинкам, вынутым при разработке котлована. Ее выполняли с отставанием от установки крепи после набора прочности бетона 70 %.

ОАО «Шахта «Южная»

С поверхности наклонный конвейерный ствол проводился по породе под углом 14°. Ствол предназначен для выдачи горной массы и исходящей струи воздуха на поверхность. Коэффициент крепости пород по шкале М. М. Протодьяконова f = 3–4.

Строительство устьевой части наклонного конвейерного ствола осуществлялось открытым способом с последующей обратной засыпкой установленной крепи.

Конструкция крепи устьевой части конвейерного ствола выполнена из железобетона, включая в себя металлическую раму КМП-А3-19-27 из спецпрофиля СВП-27 и обратный свод циркульной формы. После установки раму омоноличивали бетоном.

Площадь поперечного сечения конвейерного ствола $S_{св}$ = 17,4 м^2.

Обратная засыпка выполнялась с отставанием от установки крепи после набора прочности бетона 70 %.

Наклонный конвейерный ствол № 2 шахты «Южная» предназначен для выдачи на поверхность горной массы и исходящей струи воздуха. Пройден под углом от 12 до 14° к горизонту по породам с коэффициентом крепости f = 4–8

по шкале М. М. Протодьяконова и по углю $S_{пр}$ = 21,7 м^2, $S_{св}$ = 19,3 м^2. В качестве крепления ствола использовалась крепь КМП-А3У-18-27.

Крепление технологического отхода конвейерного ствола № 2 выполнялось арочной металлической рамной крепью с решетчатой затяжкой с последующим омоноличиванием конструкции в бетон.

ЗАО «Шахта «Салек»

Фланговый наклонный путевой ствол пройден по пл. 58–57. Ствол предназначен для общего проветривания, ведение доставочных работ и монтажа лавы 58–06, по окончании отработки лавы – для выдачи оборудования на поверхность из лавы.

Ствол пройден по угольному пласту с присечкой пород крепостью до f = 4 по шкале М. М. Протодьяконова под углом 18°.

Конструкция крепи устьевой части флангового наклонного путевого ствола представляет совой железобетонную крепь, включающую в себя металлическую раму КМП-А3-19-27 из спецпрофиля СВП-27 и обратный свод циркульной формы. После установки раму омоноличивали бетоном.

Площадь поперечного сечения принята $S_{св}$ = 16,2 м^2, $S_{пр}$ = 20,7 м^2, при этом ширина выработки в проходке (в самой широкой части) составляет b = 5,54 м; наибольшая высота выработки (в проходке) h = 4,41 м.

Обратная засыпка после установки железобетонной крепи велась по супесям, вынутым при разработке котлована. Обратная засыпка выполнялась с отставанием от установки крепи после набора прочности бетона 70 %.

ОАО «Шахта «Березовская»

Строительство флангового бремсберга № 21 проводилось с поверхности в северном крыле шахтного поля. Бремсберг пройден по угольному пласту мощностью 0,6–0,7 м с прической пород кровли с коэффициентом по шкале М. М. Протодьяконова f = 3–4 под углом 16º.

Протяженность устьевой части флангового бремсберга составляет 50 м. Проходка этого участка осуществлялась открытым способом с последующей обратной засыпкой установленной крепи.

Конструкция крепи устьевой части флангового бремсберга выполнена из железобетона, которая включает в себя металлическую раму КМП-А3-18-27 из спецпрофиля СВП-27 и обратный свод циркульной формы. После установки раму омоноличивали бетоном.

Площадь поперечного сечения принята $S_{св}$ = 14,1 м^2, $S_{пр}$ = 17,6 м^2, при этом ширина выработки в проходке (в самой широкой части) составляет b = 5,32 м; наибольшая высота выработки (в проходке) h = 3,79 м.

Обратная засыпка после установки железобетонной крепи велась по суглинкам, вынутыми при разработке котлована. Обратная засыпка выполнялась с отставанием от установки крепи после набора прочности бетона 70 %.

1.3 Выбор конструкции крепей устьев наклонных стволов

«Существующие способы строительства устьев наклонных стволов (открытым котлованом и горный), а также горно-геологические условия являются определяющими факторами при выборе конструкции крепей устьев [22, 75]». При строительстве устьев наиболее часто применяют прямоугольную, арочную и сводчатую формы крепей.

Прямоугольная форма имеет 2 типа крепи.

Конструкция из сборного железобетона. «Крепь состоит из железобетонных плит (рис. 1.1). После возведения крепи наносится слой монолитного бетона. Это повышает устойчивость конструкции, а также служит для перетяжки швов между элементами крепи. Также слой бетона является гидроизоляцией, препятствуя проникновению воды в щели стыков. На рассматриваемую конструкцию наносится несколько слоев рубероида на мастичной основе, которая выполняет полную гидроизоляцию крепи [22]».

«Данная крепь может применяться только при строительстве устьев открытым способом. Это связано с технологией ведения работ: крепи устанавливаются при помощи кранов [22]». Достоинства – скорость возведения крепи, точность конструкции, т.к. элементы крепи производятся в заводских условиях, а не на стройплощадке, поэтому размеры плит соответствуют проекту. Недос-

татками данной конструкции являются – применение большегрузного дорогостоящего транспорта; необходимо наносить слой монолитного бетона и гидроизоляцию т.к. большое количество холодных швов, что ведет к удорожанию крепи; применяется при небольших нагрузках на крепь.

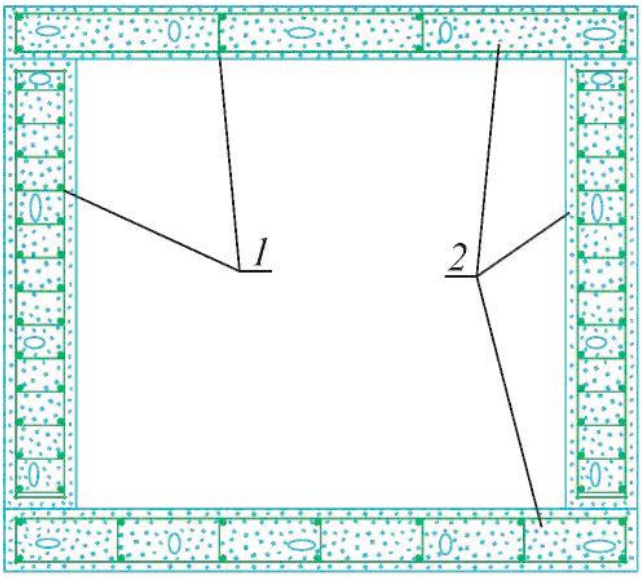


Рис. 1.1 – Конструкция крепи из сборного железобетона.

1 – арматурная сетка; *2* – сборные железобетонные конструкции.

Конструкции из монолитного железобетона. «Рассматриваемая конструкция часто применяются на шахтах Кузбасса (рис. 1.2), что связано с их разнообразием при различных геометрических размерах сечения устья. Монолитная железобетонная крепь обладает высокой устойчивостью, не требующая дополнительных мер по ее повышению. Работы по монтажу крепи ведут аналогично наземному строительству. После отрывки котлована устанавливается металлический каркас для пола выработки. Далее возводится опалубка и нагнетается бетонная смесь. После чего возводят арматурный каркас стен, в заранее оставленные закладные элементы каркаса пола, что и составляет целостность конструкции; установка и центровка опалубки, в то время как бетон пола набирал прочность 25 %, приступают к бетонированию стен [22]».

Бетонирование стен, по данным ОАО «Кузбассгипрошахта», производится на всю высоту. Необходимость в виброуплотнителях отсутствует, поскольку

бетонная смесь под собственным весом уплотняется. После чего, переходят к монтажу балок кровли. В качестве жесткой арматуры применяют двутавровые балки, которые имеют наибольший момент сопротивления при изгибе. Номер профиля и число балок на метр крепи зависят от действующей нагрузки. Затем устанавливают опалубку по кровле выработки и производят нагнетание бетонной смеси. После набора прочности бетона 25 % приступают к работам по гидроизоляции. Достоинства рассматриваемой крепи: отсутствие холодных швов в нижней части выработки, и, как следствие, нет необходимости в их перетяжке. К недостаткам можно отнести применение большегрузного дорогостоящего транспорта; неравнопрочность конструкции крепи со стороны кровли; применяется при небольших нагрузках на крепь.

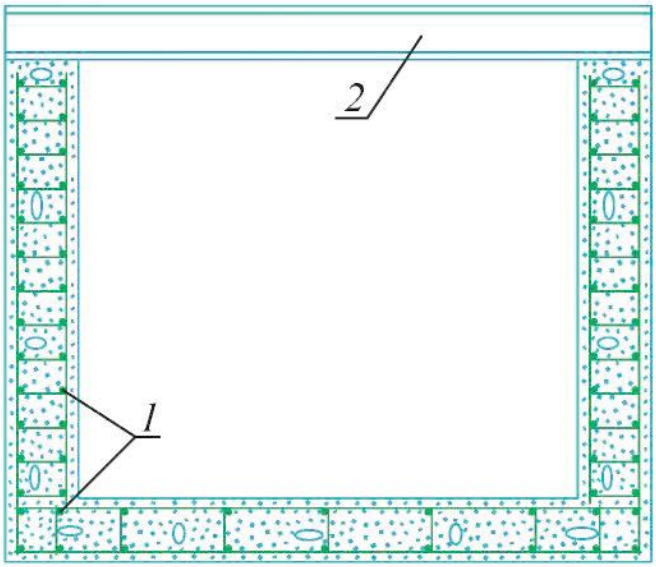


Рис. 1.2 – Конструкция крепи из монолитного железобетона.

1 – арматурная сетка и каркас; *2* – двутавровая балка.

«Не только в шахтном строительстве используются устья наклонных выработок. Например, при строительстве ливневого коллектора, первой очереди Красноярского метрополитена устье сооружали открытым способом протяженностью 480 м в сложных горно-геологических условиях. Тоннель закладывался в текучепластичных суглинках с прослойками гравийных и галечниковых грунтов с суглинистым заполнителем. Конструкция тоннеля спроектирована ***сборно-***

монолитной: монолитный железобетонный лоток и сборные железобетонные арки с монолитными замковыми элементами. Сводовая часть конструкции предусмотривает наружную обмазочную гидроизоляцию из двух слоев асбестобитумной мастики (рис. 1.3) [22]».

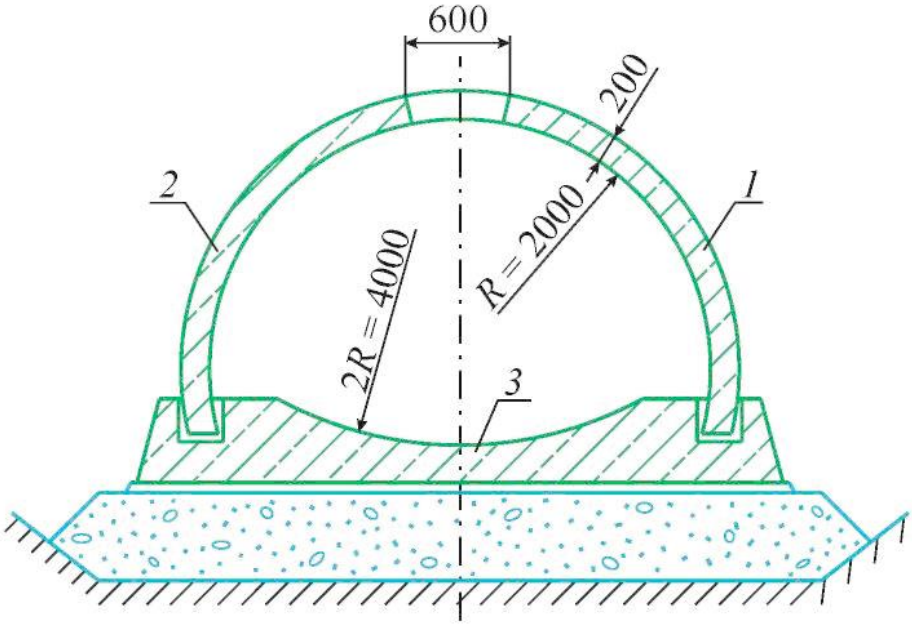


Рис. 1.3 – Конструкция обделки тоннеля.

Блок: *1* – БСК-4; *2* – БСК-5; *3* – БФК-4.

Недостатки – применение большегрузного дорогостоящего транспорта; при большом количестве холодных швов необходимо наносить слой монолитного бетона и гидроизоляцию, что ведет к удорожанию крепи; может применяться при небольших нагрузках на крепь и стоимости строительства выработки.

«Важным конструктивным элементом в арочной форме крепи является жесткая арматура, в качестве которой применяется спецпрофиль СВП. В разных горно-геологических условиях в месте заложения устья спецпрофиля может изменяться от СВП-17 до СВП-33. Также можно варьировать и расположением профиля СВП относительно сечения крепи и т.д. (рис. 1.4) [22]».

Монолитная железобетонная крепь с жесткой арматурой. «Арочная крепь с профилем СВП, который расположен в середине сечения крепи (рис. 1.4) [12, 54]». Это одна из простых конструкций крепей устья.

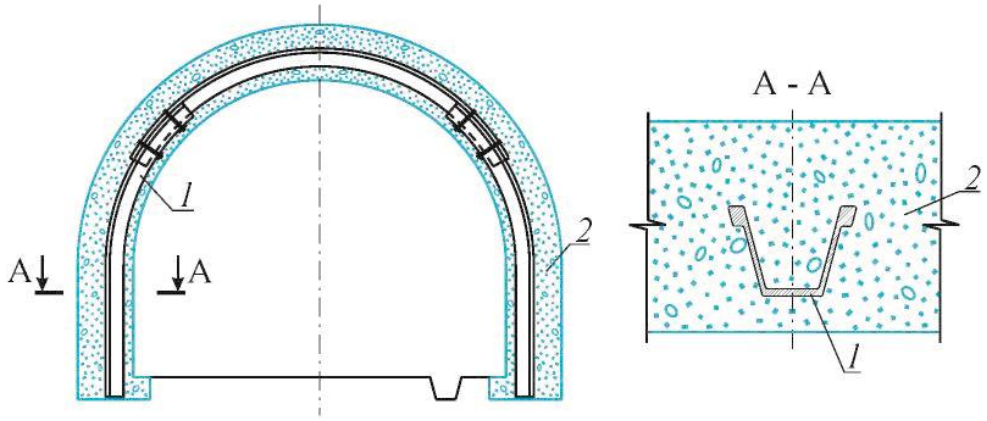


Рис. 1.4 – Монолитная железобетонная крепь с жесткой арматурой.
1 – металлическая рама из СВП; *2* – монолитный бетон.

К недостаткам можно отнести работу сплошных конструкций крепей преимущественно в поперечном направлении выработки и недостаточность их работы в продольном направлении; материалоемкость конструкции крепи при обеспечении ее необходимой несущей способности; неравнопрочность конструкции из-за наличия перегруженных элементов крепи.

Монолитная железобетонная крепь с внутренней гибкой арматурой (рис. 1.5). «Наиболее важным конструктивным элементом является жесткая арматура, расположенная таким образом, чтобы воспринимать нагрузку как от сжимающих, так и от растягивающих напряжений [12]».

К недостаткам можно отнести неудовлетворительную работу крепи со стороны боков выработки в продольном направлении; увеличение металлоемкости конструкции крепи при обеспечении ее необходимой несущей способности за счет применения гибкой арматуры; неравнопрочность конструкции из-за наличия перегруженных элементов крепи.

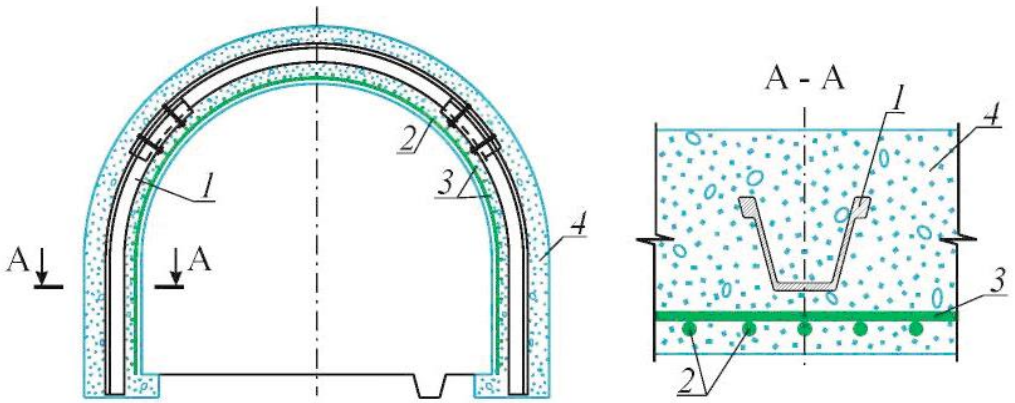


Рис. 1.5 – Монолитная железобетонная крепь с внутренней гибкой арматурой.
1 – металлическая рама из СВП; *2* – рабочая арматура; *3* – распределительная арматура; *4* – монолитный бетон.

Монолитная железобетонная крепь с вынесенным профилем СВП. «Предложенная ОАО «КузНИИшахтострой» арочная крепь с вынесенным профилем СВП, где спецпрофиль СВП выносится из монолитного бетона внутрь выработки, а арматурная сетка остается в бетоне (рис. 1.6) [76]».

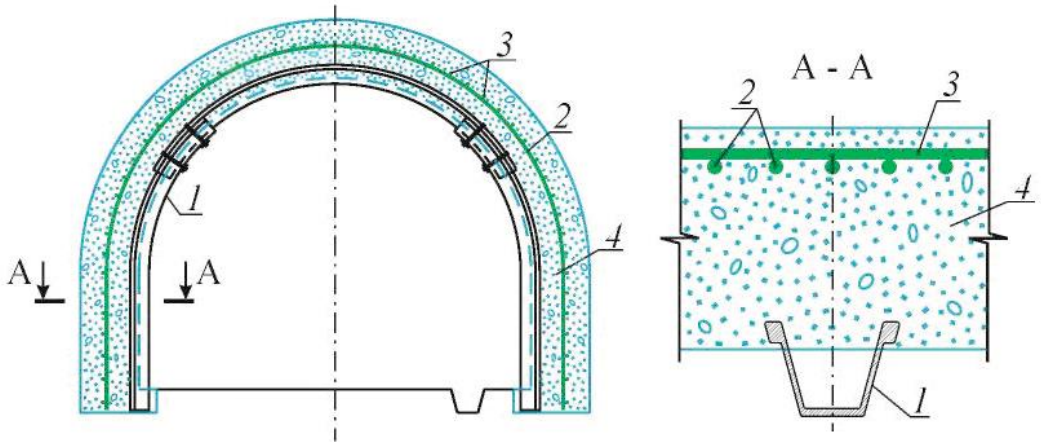


Рис. 1.6 – Монолитная железобетонная крепь с вынесенным профилем СВП.
1 – металлическая рама из СВП; *2* – рабочая арматура; *3* – распределительная арматура; *4* – монолитный бетон.

«Проведенные сравнения и расчеты с предыдущим вариантом показали, что несущая способность балки превышает в среднем в 3–4 раза несущую способ-

ность балки с расположением жесткой арматуры в центре, это свидетельствует о больших потенциальных возможностях нового вида крепи с вынесенной жесткой арматурой [22]».

К недостаткам можно отнести неудовлетворительную работу крепи со стороны кровли выработки в продольном направлении; за счет применения гибкой арматуры увеличивается металлоемкость крепи при обеспечении необходимой ее несущей способности; конструкция крепи неравнопрочнная из-за наличия перегруженных элементов; вынесенный спецпрофиль СВП подвержен коррозии.

Монолитная железобетонная крепь с двумя профилями СВП. «Данная крепь применяется в очень сложных горно-геологических условиях, когда ни одна из рассмотренных выше крепей не выдерживает нагрузку [12]». Распределение гибкой арматуры по сечению выработки только одно – в растянутой и в сжатой зонах (рис. 1.7).

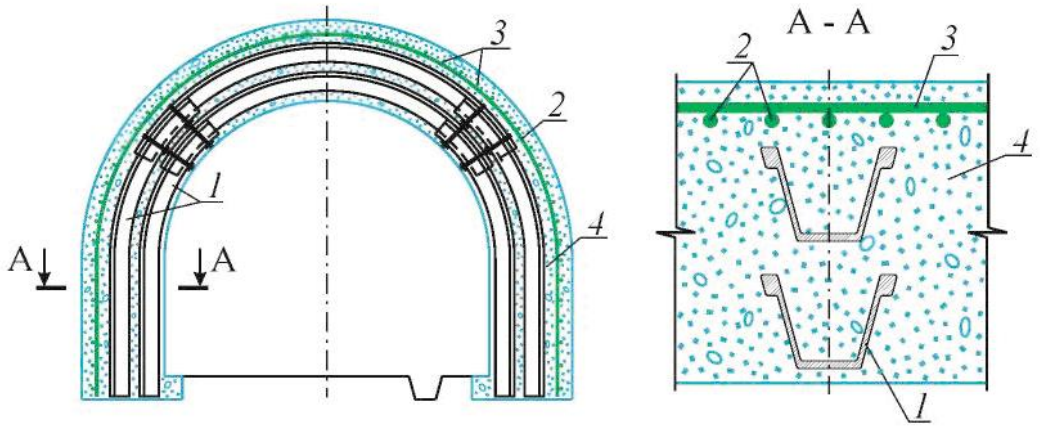


Рис. 1.7 – Монолитная железобетонная крепь с двумя профилями СВП.
1 – металлическая рама из СВП; *2* – рабочая арматура; *3* – распределительная арматура; *4* – монолитный бетон.

К недостаткам можно отнести неудовлетворительную работу крепи со стороны кровли выработки в продольном направлении; значительное увеличение металлоемкости конструкции крепи при обеспечении ее необходимой несущей способности за счет применения второго спецпрофиля СВП и гибкой

арматуры; неравнопрочность конструкции из-за наличия перегруженных элементов крепи; увеличение трудоемкости возведения крепи.

Конструкции крепей, представленные на рис. 1.1–1.3 в шахтном строительстве не получили значительного применения, поэтому для дальнейшего сравнения и анализа к рассмотрению принимаем конструкции крепей, представленные на рисунках 1.4–1.7.

Выводы, цель и задачи исследований

Анализ современного состояния на строящихся и эксплуатируемых шахтах показал, что применяемые в настоящее время крепи для устьев наклонных стволов имеют следующие недостатки:

1. В настоящее время новые месторождения преимущественно вскрываются наклонными стволами.

2. Для крепления устьев наклонных стволов применяются монолитные железобетонные крепи арочной или сводчатой форм поперечного сечения, у которых имеется ряд недостатков:

– работа сплошных конструкций крепей преимущественно в поперечном направлении выработки и недостаточность их работы в продольном направлении;

– увеличение металлоемкости конструкции крепи при обеспечении ее необходимой несущей способности за счет применения гибкой арматуры;

– неравнопрочность конструкций из-за наличия перегруженных элементов крепи;

– подверженность коррозии вынесенного спецпрофиля СВП;

– применения второго спецпрофиля СВП;

– увеличение трудоемкости возведения крепи.

В этой связи обоснование конструкции крепи и совершенствование технологии крепления устьев наклонных стволов металлической арочной крепью с монолитным бетоном представляет актуальную научно-техническую задачу.

Целью настоящей работы является обоснование параметров и совершенствование технологии крепления металлической арочной крепью с монолитным бетоном, обеспечивающая снижение материало- и трудоемкость при строительстве устьев наклонных стволов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– определить несущую способность металлической арочной крепи с монолитным бетоном в зависимости от класса бетона, толщины бетона, шага и номера спецпрофиля СВП, площади и класса арматурной сетки;

– установить способ снижения материалоемкости металлической арочной крепи с монолитным бетоном при сохранении ее несущей способности для устьев наклонных стволов, сооружаемых открытым способом;

– разработать эффективную технологию возведения металлической арочной крепи с монолитным бетоном при строительстве устьев наклонных стволов открытым способом.

ГЛАВА II. ОПРЕДЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ АРОЧНОЙ КРЕПИ С МОНОЛИТНЫМ БЕТОНОМ

2.1 Определение размеров поперечного сечения железобетонных элементов крепи

Из условий изготовления, долговечности и обеспечения совместной работы бетона и арматуры бетонные и железобетонные элементы крепи должны отвечать определенным конструктивным требованиям [53, 71].

Минимальные размеры поперечных сечений железобетонных элементов крепи определяются расчетом по предельным состояниям с учетом экономических требований, необходимости унификации и особенностей технологии изготовления. При этом должны выполняться требования по расположению арматуры в сечении (толщина защитного слоя бетона, расстояние между стержнями и хомутами и др.). Размеры сечений внецентренно сжатых элементов крепи должны приниматься такими, чтобы их гибкость l_0/i в любом направлении не превышала для железобетонных элементов 120 [41, 57, 66, 71].

Толщина защитного слоя бетона для арматуры должна приниматься не менее двух радиусов арматуры: при высоте сечения элемента менее 250 мм – не менее 10 мм; при высоте сечения, равной или большей 250 мм, – не менее 15 мм.

Чтобы иметь возможность свободно укладывать в форму цельные арматурные стержни, сетки или каркасы, которые идут по всей длине или ширине изделия, их концы должны отстоять от грани элемента крепи на 10 мм.

Расстояния в свету между отдельными стержнями арматуры, а также между продольными стержнями соседних плоских сварных каркасов должны приниматься не менее наибольшего диаметра стержней, а также, если стержни при бетонировании занимают:

– в горизонтальном положении: для нижней арматуры не менее 25 мм, для верхней не менее 30 мм;

– в вертикальном положении не менее 50 мм.

Площадь поперечного сечения продольной арматуры в железобетонных элементах должна приниматься не менее указанной в табл. 2.1.

В элементах с продольной арматурой, расположенной равномерно по контуру сечения, а также в центрально-растянутых элементах минимальная площадь сечения продольной арматуры должна приниматься в 2 раза больше величин, указанных в табл. 2.1.

Минимальное содержание арматуры S и S' во внецентренно сжатых элементах, несущая способность которых при расчетном эксцентриситете используется менее чем на 50 %, независимо от гибкости элементов принимается равным 0,05 %.

Требования табл. 2.1 не распространяются на армирование, определяемое расчетом элемента для стадий транспортирования и возведения; в этом случае площадь сечения арматуры определяется только расчетом по прочности. Если расчетом установлено, что несущая способность элемента исчерпывается одновременно с образованием трещин в бетоне растянутой зоны, то площадь сечения продольной растянутой арматуры должна быть увеличена не менее чем на 15 %.

Таблица 2.1 – Минимальные площади сечения продольной арматуры

Условия работы арматуры	**Минимальная площадь сечения продольной арматуры в железобетонных элементах, % площади сечения бетона**
1	**2**
Арматура S в изгибаемых, а также во внецентренно растянутых элементах при расположении продольной силы за пределами рабочей высоты сечения	0,05
Арматура S, S' во внецентренно растянутых элементах при расположении продольной силы между арматурой S и S'	0,05

Окончание табл. 2.1

1	2
Арматура S, S' во внецентренно сжатых элементах при: $l_0/i < 17$	0,05
$17 \le l_0/i \le 35$	0,10
$35 \le l_0/i \le 83$	0,20
$l_0/i > 83$	0,25

Примечание. Минимальная площадь сечения арматуры, приведенная в настоящей таблице, относится к площади сечения бетона, равной произведению ширины прямоугольного сечения либо ширины ребра таврового (двутаврового) сечения на рабочую высоту сечения h_0. В элементах с продольной арматурой, расположенной равномерно по контуру сечения, а также в центрально-растянутых элементах указанная величина минимального армирования относится к полной площади сечения бетона.

Трещиностойкость подземных конструкций в зависимости от условий, при которых они работают, и от вида применяемой арматуры определяется отнесением к соответствующей категории:

– 1 – не допускается образование трещин;

– 2 – допускается ограниченное по ширине непродолжительное раскрытие трещин $a_{crc\,1}$ при условии обеспечения их последующего надежного закрытия (зажатия);

– 3 – допускается ограниченное по ширине непродолжительное $a_{crc\,1}$ и продолжительное $a_{crc\,2}$ раскрытие трещин.

2.2 Расчет железобетонных элементов крепи по прочности

В общем случае при любых сечениях, внешних усилиях и любом армировании расчет железобетонных элементов крепи по прочности должен производиться из условия [71]

$$M \le \pm\left(R_b S_b - \sum \sigma_{si} S_{si}\right), \tag{2.1}$$

где знак «плюс» перед скобкой принимается для внецентренного сжатия и изгиба, знак «минус» – для растяжения как показано на рис. 2.1; M: в изгибае-

мых элементах – проекция момента внешних сил на плоскость, перпендикулярную к прямой, ограничивающей сжатую зону сечения; во внецентренно сжатых и растянутых элементах – момент продольной силы N относительно оси, параллельной прямой, ограничивающей сжатую зону и проходящей:

– во внецентренно сжатых элементах – через центр тяжести сечения наиболее растянутого или наименее сжатого стержня продольной арматуры;

– во внецентренно растянутых элементам – через точку сжатой зоны, наиболее удаленную от указанной прямой;

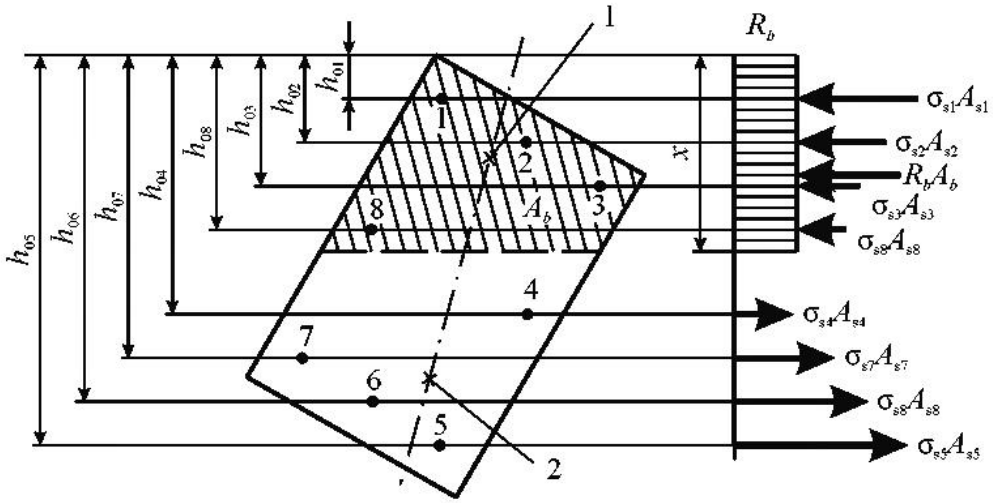


Рис. 2.1 – Схема и эпюр напряжений в сечении, нормальном к продольной оси железобетонного элемента, в общем случае расчета по прочности.
I–I – плоскость, параллельная плоскости действия изгибающего момента, или плоскость, проходящая через точки приложения продольной силы и равнодействующих сжимающих и растягивающих усилий: 1 – точка приложения равнодействующей усилий в сжатой арматуре и бетоне сжатой зоны; 2 – точка приложения равнодействующей усилий в растянутой арматуре.

S_b – статический момент площади сечения сжатой зоны бетона относительно соответствующей из указанных осей, при этом в изгибаемых элементах положение оси принимается таким, как и во внецентренно сжатых; S_{si} – статический момент площади сечения i-го стержня продольной арматуры относи-

тельно соответствующей из указанных осей; σ_{si} – напряжение в i-м стержне продольной арматуры.

Условие (2.1) получено по предельным усилиям в сечении, нормальном к продольной оси элемента (рис. 2.1), исходя из следующих предпосылок: сопротивление бетона [72, 74] растяжению принимается равным нулю, сжатию представляется напряжениями, равными R_b и равномерно распределенными по сжатой зоне бетона; деформации (напряжения) в арматуре определяются в зависимости от высоты сжатой зоны бетона с учетом деформаций (напряжений) от предварительного напряжения; растягивающие напряжения в арматуре принимаются не более расчетного сопротивления растяжению R_s; сжимающие – не более расчетного сопротивления сжатию R_{sc}.

Высота сжатой зоны x и напряжение σ_{si} определяются из совместного решения уравнений

$$R_b A_b - \sum \sigma_{si} A_{si} \pm N = 0;$$

$$\sigma_{si} = \frac{\sigma_{sc,u}}{1 - \frac{\omega}{1{,}1}} \left(\frac{\omega}{\xi_i} - 1 \right) + \sigma_{spi}, \qquad (2.2)$$

знак минус перед N принимается для внецентренно сжатых элементов, знак плюс – для внецентренно растянутых элементов; A_{si} – площадь сечения i-го стержня продольной арматуры; ξ_i – относительная высота сжатой зоны бетона, равная x/h_{0i} (h_{0i} – расстояние от оси, проходящей через центр тяжести сечения рассматриваемого i-го стержня арматуры и параллельной прямой, ограничивающей сжатую зону, до наиболее удаленной точки сжатой зоны сечения); ω – характеристика сжатой зоны бетона

$$\omega = \alpha - 0{,}008 R_b,$$

где α – коэффициент, принимаемый для тяжелого бетона равным 0,85; $\sigma_{sc,u}$ – предельное напряжение в арматуре сжатой зоны, зависящее от условий работы

бетона, при расчете подземных конструкций его можно принимать равным 400 МПа; σ_{spi} – предварительное напряжение в *i*-м стержне продольной арматуры (при расчете ненапряженных подземных конструкций его можно не учитывать).

Напряжение σ_{si}, получаемое при расчете по формуле (2.2) и учитываемое со своим знаком, при этом во всех случаях $R_{si} \geq \sigma_{si} \geq -R_{sci}$.

2.3 Расчет железобетонных элементов крепи по наклонным сечениям

Расчет должен проводиться для обеспечения прочности на действие поперечной силы по наклонной полосе между наклонными трещинами и по наклонной трещине; изгибающего момента по наклонной трещине.

В *первом случае* необходимо выполнение условия

$$Q \leq 0{,}3\varphi_{\omega 1}\varphi_{b1}R_b bh_0, \tag{2.3}$$

где $\varphi_{\omega 1}$ – коэффициент, учитывающий влияние хомутов, нормальных к продольной оси элемента; φ_{b1} – коэффициент, определяемый по формуле

$$\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b,$$

где β – коэффициент, принимаемый равным для бетона: тяжелого, мелкозернистого и ячеистого – 0,01; легкого – 0,02.

Во *втором случае* при наличии поперечной арматуры проверяется условие прочности наиболее опасного наклонного сечения (рис. 2.2)

$$Q \leq Q_b + Q_{sw} + Q_{s,inc}, \tag{2.4}$$

где Q_b, Q_{sw} и $Q_{s,inc}$ – поперечные силы, воспринимаемые бетоном, хомутами и отгибами соответственно.

В *третьем случае* принимается, что для обеспечения прочности по наклонной трещине (рис. 2.3), должно выполняться условие прочности опасного наклонного сечения на действие изгибающего момента

$$M \leq M_s + M_{sw} + M_{s,inc}, \tag{2.5}$$

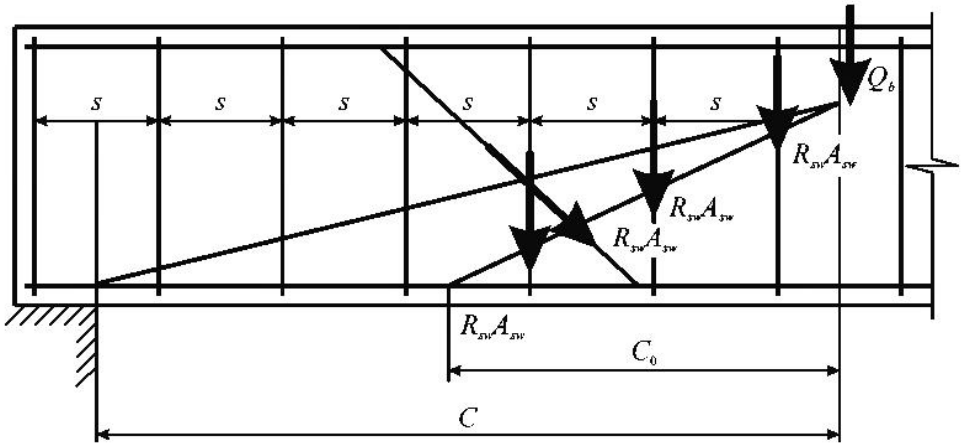


Рис. 2.2 – Схема усиления в сечении, наклоном к продольной оси железобетонного элемента, при расчете его по прочности на действие поперечной силы.

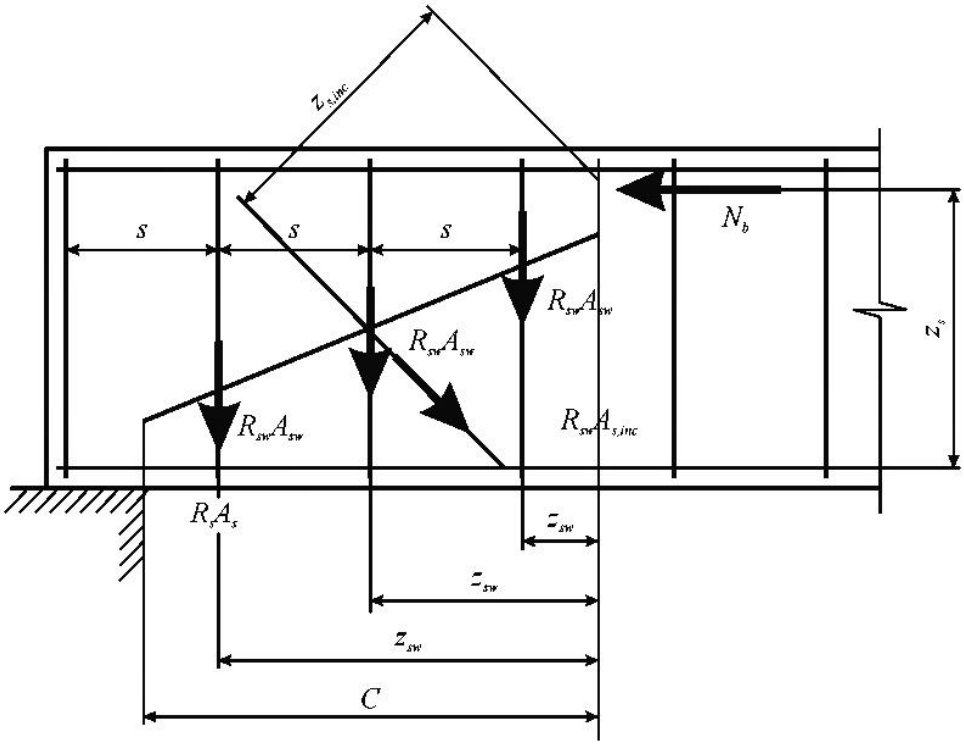


Рис. 2.3 – Схема усилений в сечении, наклонном оси железобетонного элемента, при расчете его по прочности на действие изгибающего момента.

где M – момент от внешней нагрузки, расположенной с одной стороны от рассматриваемого наклонного сечения, относительно оси, перпендикулярной к плоскости момента и проходящей через точку приложения равнодействующей усилий N_b в сжатой зоне. Моменты M_s, M_{sw}, $M_{s,inc}$ определяются как суммы моментов относительно той же оси от усилий соответственно в продольной арматуре, хомутах и отгибах, пересекающих растянутую зону наклонного сечения.

2.4 Расчет элементов металлической арочной крепи с монолитным бетоном в зависимости от класса бетона, толщины бетона, шага и номера спецпрофиля СВП, площади и класса арматурной сетки

В необходимых случаях проводится расчет крепей по предельным состояниям второй группы (на предмет пригодности к нормальной эксплуатации), включающий расчет по образованию трещин, раскрытию трещин, деформациям, определению жесткости крепи и прогибов.

При расчете сравниваемых конструкций крепй можно варьировать следующими характеристиками: толщиной крепи, шагом установки рам из спецпрофиля СВП (СВПУ), номером спецпрофиля СВП (СВПУ), классом гибкой арматуры, диаметром гибкой арматуры, шагом арматурной сетки, классом бетона (рис. 2.4).

В результате некоторых расчетов возможных вариантов получено, что несущая способность металлической арочной крепи с монолитным бетоном для устьев наклонных стволов зависит от толщины крепи на 5,9 % (рис. 2.4, табл. 2.2), от шага и номера спецпрофиля СВП (СВПУ) – на 39,7 % (рис. 2.4, табл. 2.3), от площади гибкой арматуры и ее класса – на 23,4 % (рис. 2.4, табл. 2.4), от класса бетона железобетонной крепи – на 19,9 % (рис. 2.4, табл. 2.5).

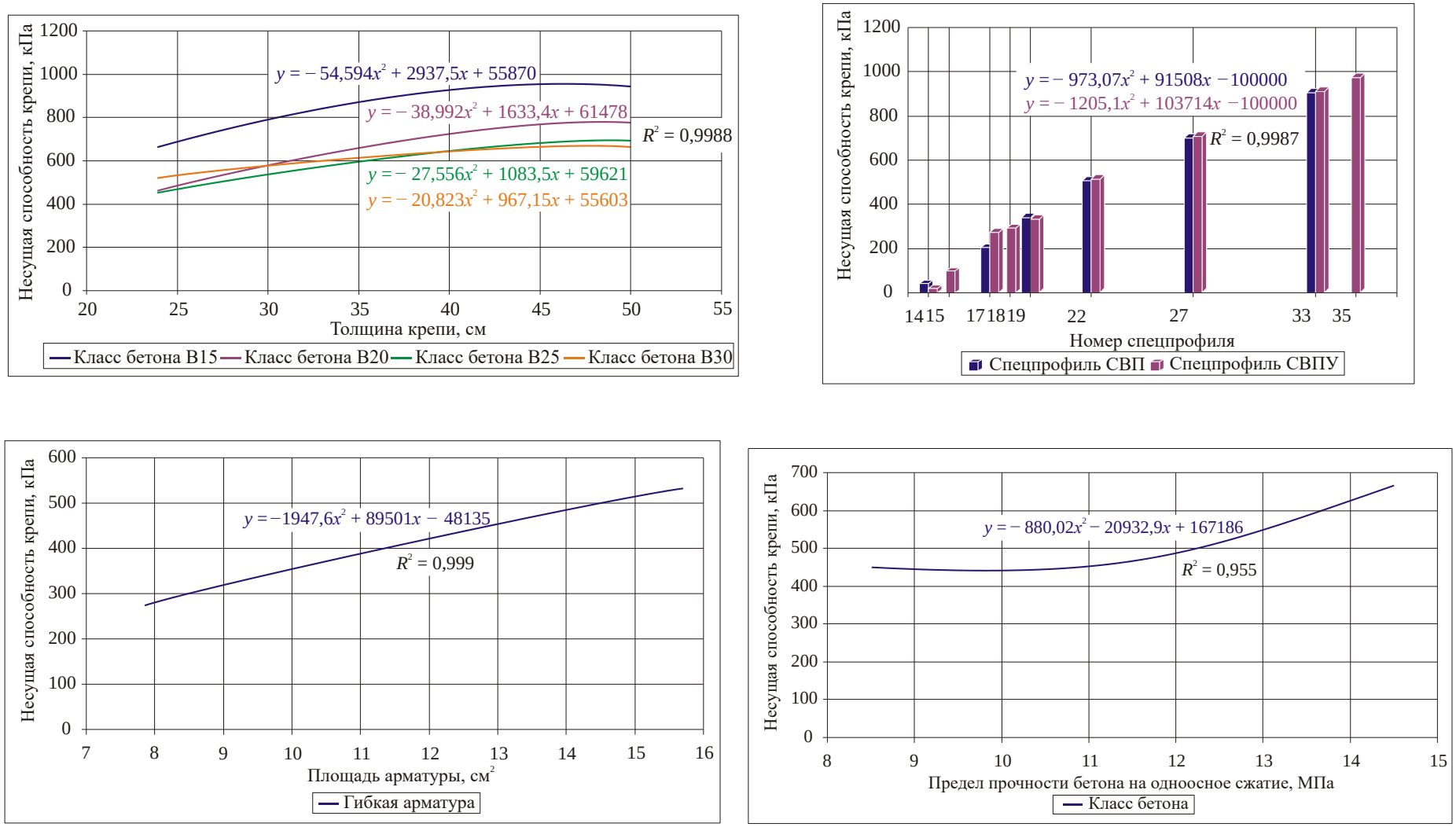


Рис. 2.4. – Зависимости несущей способности крепи от толщины и класса бетона, спецпрофиля СВП (СВПУ), гибкой арматуры.

Таблица 2.2 – Зависимость несущей способности сравниваемых крепей от толщины и класса бетона

Толщина крепи, см	**Несущая способ-ность крепи, кН**	**Изменение несущей способности, %**	
		всего	**в среднем**
1	**2**	**3**	**4**
Класс бетона В15			
50,00	943,97		5,6
45,00	955,80	1,2	
40,50	954,58	0,1	
36,45	938,04	1,8	
32,81	903,71	3,8	
29,52	848,95	6,5	
26,57	770,88	10,1	
23,92	666,44	15,7	
Класс бетона В20			
50,00	778,57		7,9
45,00	775,79	0,4	
40,50	761,53	1,9	
36,45	734,40	3,4	
32,81	692,68	6,0	
29,52	634,59	9,2	
26,57	558,24	13,7	
23,92	461,17	20,9	
Класс бетона В25			
50,00	694,39		6,5
45,00	690,98	0,5	
40,50	678,91	1,8	
36,45	657,17	3,3	
32,81	624,73	5,2	
29,52	580,45	7,6	
26,57	523,15	11,0	

Окончание табл. 2.2

1	2	3	4
23,92	451,55	15,9	
Класс бетона В30			
50,00	665,52		3,7
45,00	667,16	0,2	
40,50	662,48	0,7	
36,45	650,86	1,8	
32,81	631,62	3,1	
29,52	604,07	4,6	
26,57	567,47	6,5	
23,92	521,00	8,9	
Итого			**5,9**

Таблица 2.3 – Зависимость несущей способности сравниваемых крепей от номера спецпрофиля СВП (СВПУ)

Номер спецпрофиля СВП (СВПУ)	**Несущая способность крепи, кН**	**Изменение несущей способности, %**	
		всего	**в среднем**
1	**2**	**3**	**4**
Спецпрофиль СВП			
14	461,62		39,7
17	2181,40	78,8	
19	3504,82	37,8	
22	4960,44	29,3	
27	7124,40	30,4	
33	9145,10	22,1	
Спецпрофиль СВПУ			
14а	22,21		
15	902,05	97,5	

Окончание табл. 2.3

1	2	3	4
17	2586,25	65,1	39,4
18а	2950,87	12,4	
19	3399,40	13,2	
22	5075,40	33,0	
22а	5177,50	2,0	
27	7185,10	28,0	
27а	7239,57	0,8	
33	9201,73	21,3	
35	9706,24	5,2	
Итого			**39,5**

Таблица 2.4 – Зависимость несущей способность сравниваемых крепей от площади гибкой арматуры

Площадь арматуры, см^2	**Несущая способность крепи, кН**	**Изменение несущей способности, %**	
		всего	**в среднем**
7,854	948,49		23,4
9,503	1973,59	51,9	
11,309	2864,08	31,1	
13,273	3634,34	21,2	
15,394	4296,66	15,4	
17,671	4862,48	11,6	
20,106	5342,94	9,0	
Итого			**23,4**

Таблица 2.5 – Зависимость несущей способности сравниваемых крепей от класса бетона

Класс бетона (предел прочности бетона при одноосном сжатии, МПа)	**Несущая способность крепи, кН**	**Изменение несущей способности, %**	
		всего	**в среднем**
1	**2**	**3**	**4**
В15 (8,5)	521,00		19,9
В20 (11,5)	451,55	13,3	
В25 (14,5)	461,62	2,2	
В30 (17,0)	666,44	44,4	
Итого			**19,9**

Выводы по главе 2

Анализ опыта строительства устьев наклонных стволов на эксплуатируемых шахтах на примере Кузбасса позволяет сделать следующие выводы:

– при строительстве устьев наклонных стволов применятся в основном арочная форма поперечного сечения;

– в качестве крепи – монолитная железобетонная крепь, как с жесткой арматурой из спецпрофиля СВП, так и с жесткой из спецпрофиля СВП и гибкой арматурой.

На основании полученных аналитических расчетов и на их основе построенных зависимостей сформировано первое научное положение:

✓ несущая способность металлической арочной крепи с монолитным бетоном обеспечивается классом бетона на 19,9 %, толщиной бетона на 5,9 %, шагом и номером спецпрофиля СВП на 39,5 %, классом арматурной сетки на 11,1 % площадью гибкой арматуры на 23,4 %.

ГЛАВА III. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ АРОЧНОЙ КРЕПИ С МОНОЛИТНЫМ БЕТОНОМ ДЛЯ УСТЬЕВ НАКЛОННЫХ СТВОЛОВ

3.1 Определение нагрузок на крепи горных выработок

«До 40–50 гг. прошлого столетия нагрузка на крепь горных выработок считалась заданным исходным фактором при расчете и проектировании их конструкций. В настоящее время она определяется во взаимосвязи с породным массивом, вмещающим подземные выработки. При этом задачи механики подземных сооружений определяют необходимость изучения прочности и устойчивости, надежности и долговечности подземных сооружений и возводимых в них конструкций, контактирующих с окружающим массивом, а также определение принципов и методов расчета подземных сооружений на прочность, жесткость и устойчивость при статических (горное давление, нагрузка на крепь, давление подземных вод и т.п.) и динамических (взрывные работы, землетрясения и т.п.) воздействиях [1, 6, 18, 80]».

Из-за общей сложности механических характеристик и строения реального породного массива, наличия в нем начального поля напряжений, такие как неоднородность, анизотропность свойств, дискретное строение, обладание физически нелинейными законами деформирования в пространстве и во времени, создание единой теории горного давления с полным учетом всех свойств реального породного массива не представилось возможным.

Данное обстоятельство предопределило необходимость замены реального породного массива моделями (рис. 3.1), идеализирующими его свойства и взаимодействие с крепью подземных выработок. В настоящее время большее признание получили геомеханические модели взаимодействия крепи подземных выработок с породным массивом в виде сплошной среды: упругая, вязкоупругая, жесткопластическая, упругопластическая, упругопластическая неодно-

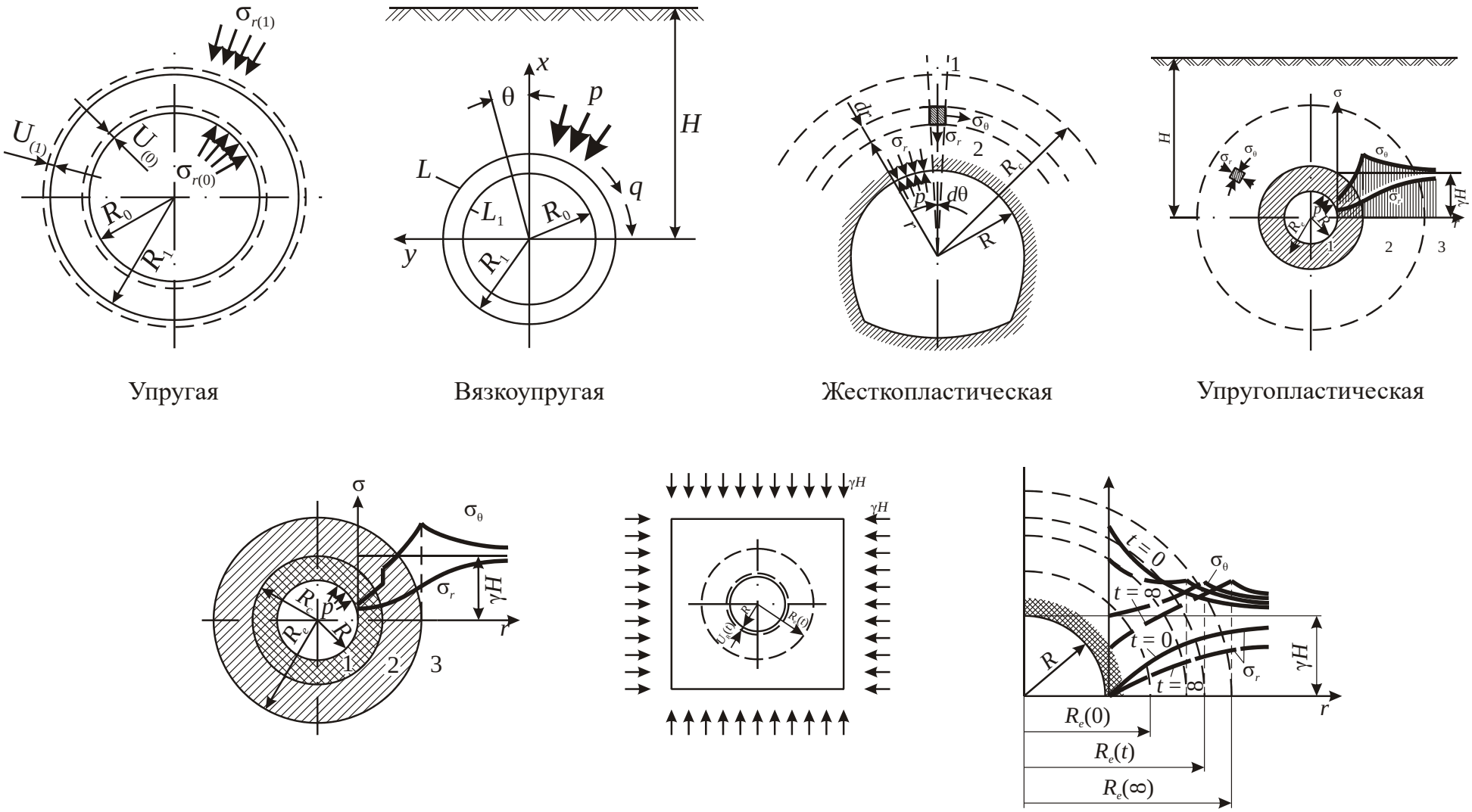


Рис. 3.1 – Геомеханические модели.

родная, вязкоупругопластическая и вязкая, вязкопластическая. Эти модели классифицированы по признакам напряженно-деформированного состояния породного массива в окрестности горных выработок: главным влияющим фактором, определяющим нагрузку на крепь, является режим работы крепи.

В соответствии с геомеханическими моделями породного массива, крепь горных выработок может работать в режиме заданной нагрузки, заданной и взаимовлияющей деформации; фактически, нагрузка на крепь в указанных режимах ее работы или не зависит от жесткости крепи, что соответствует режиму заданной нагрузки, или полностью определяется жесткостью крепи при заданной деформации, или определяется из условия взаимодействия крепи с породным массивом. Наибольшее распространение в практике расчета и проектирования конструкций горных выработок получили режимы заданной нагрузки и взаимовлияющей деформации.

«Другой подход к определению нагрузки на крепь подземных выработок базируется на расчетных схемах взаимодействия массива горных пород с подземными сооружениями, под которыми понимается символическое представление о порядке комплексного решения геомеханических и инженерных задач по обеспечению нормальной эксплуатации подземных выработок. Основой построения расчетных схем являются геомеханические модели в совокупности с проектно-конструкторскими, технологическими и эксплуатационными признаками проектируемого подземного сооружения. Для удобства проектирования разработана обобщенная классификация расчетных схем, которая рекомендована для практического использования при расчете конструкций горных выработок и подземных сооружений [6]».

Обобщенная классификация расчетных схем (рис. 3.2) содержит главные проектно-конструкторские признаки: незакрепленная выработка, ограждающая крепь, несущая крепь; геомеханические признаки, соответствующие указанным проектно-конструкторским признакам и выражающиеся в реализации механических процессов в окружающем породном массиве: локальное вывалообразование, сплошное вывалообразование, деформирование массива без разрыва сплошности

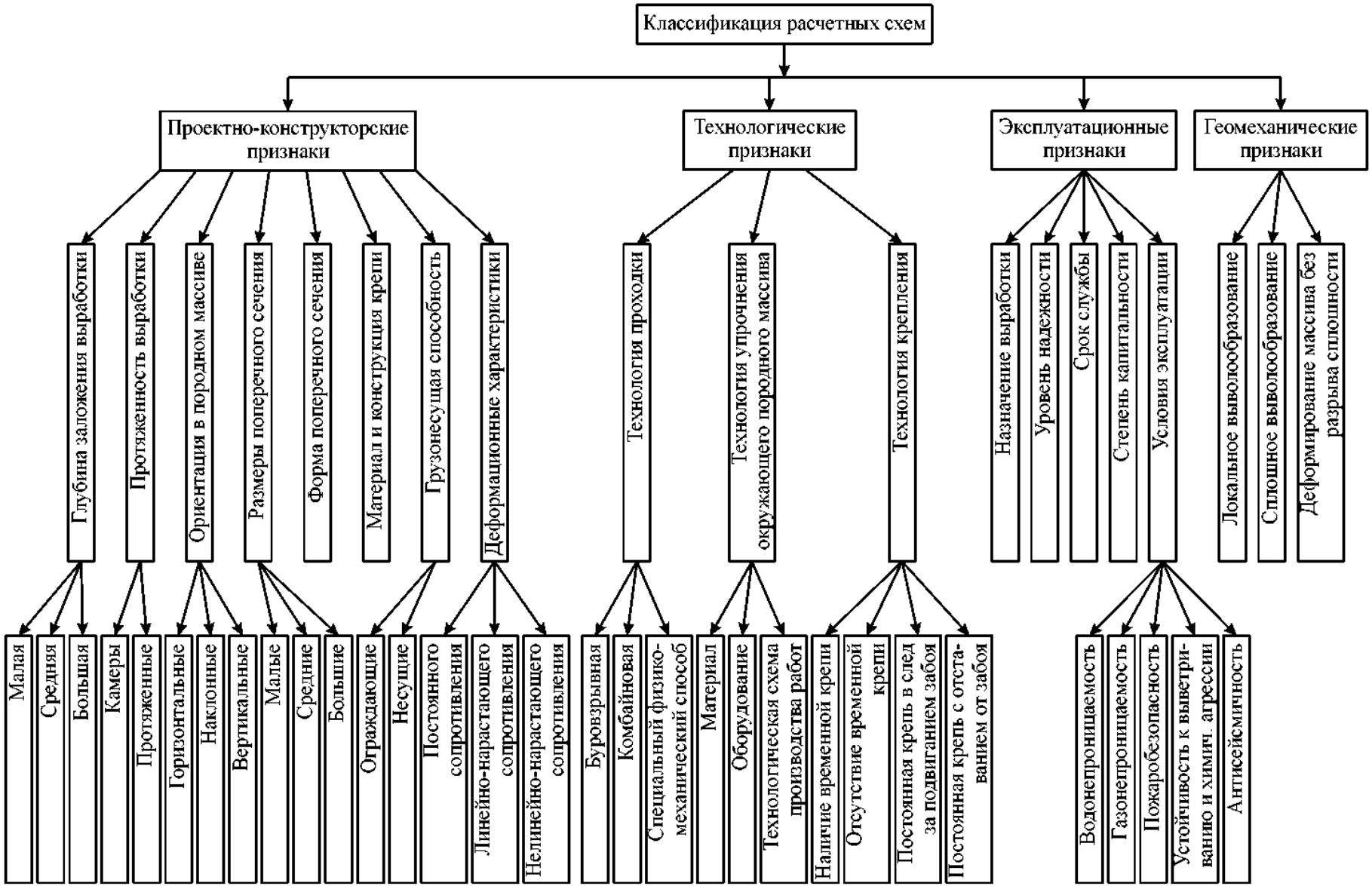


Рис. 3.2 – Классификация расчетных схем.

(без вывалообразования); режимы взаимодействия крепи и окружающего породного массива, соответствующие видам реализации механических процессов: заданное вывалообразование, заданная нагрузка, взаимовлияющая деформация, заданная деформация; основные расчетные параметры: размеры сводообразования (вывалообразования) для режима заданной нагрузки и величина смещений породного контура для режима заданной деформации при ограждающей крепи.

«Учитывая, что обобщающая классификация расчетных схем достаточно полно отражает формирование нагрузки на конструкции горных выработок и определяет основные расчетные параметры этой нагрузки, обзор методов определения нагрузки на крепь горных выработок проводится в соответствии с приведенными в данной классификации видами реализации механических процессов в породном массиве и режимами взаимодействия крепи и породного массива, а именно: формирование нагрузки в условиях локального вывалообразования и сплошного сводообразования и в условиях деформирования породного массива без разрыва его сплошности [6]».

«Наиболее многочисленные исследования проведены в области формирования нагрузки на крепь горных выработок для условий локальных вывалов, в результате которых появилось большое число гипотез, по-разному объясняющих механизм вывалов [1, 4, 11, 15, 63, 64, 68, 69]».

«Многочисленность гипотез сводообразования связана с многообразием горно-геологических условий, в которых, как показали наблюдения за обрушением пород кровли горных выработок, происходит образование вывалов различных конфигураций и размеров. Гипотезы отличает простота, наглядность и достаточная обоснованность результатами лабораторных и натурных исследований по определению параметров сводообразования [63, 64]».

«Все гипотезы для условий локального вывалообразования характеризуются общим подходом к определению нагрузки на крепь подземной выработки – нагрузка рассматривается как масса части пород, отделившейся от их массива в объеме образовавшегося свода обрушения. При этом считается, что выше свода обрушения породы находятся в устойчивом состоянии, образуя как бы

свод естественного равновесия, и не оказывают влияния на крепь подземной выработки. Задача определения нагрузки на крепь сводится к определению высоты и конфигурации свода обрушения. Определению нагрузки на крепь в условиях локального вывалообразования соответствует жесткопластическая геомеханическая модель породного массива [63, 64]».

«Гипотеза горного давления М. М. Протодьяконова [63, 64], доработанная П. М. Цимбаревичем [84] и в настоящее время не потерявшая значение своей сущности, находит применение в практике расчета конструкций подземных сооружений и получает дальнейшее развитие в модифицированном виде. Достоинство гипотезы М. М. Протодьяконова видится в правильном подходе к процессу разрушения породного массива и образования свода обрушения над кровлей подземной выработки и к определению условий обеспечения устойчивости этого свода – сдвигающие силы в пятах свода не должны превосходить сил внутреннего трения породы. На основе этой предпосылки М. М. Протодьяконов определил достоверно коррелирующие зависимости между пролетом, высотой свода обрушения и предложенным им коэффициентом крепости пород, как кажущимся углом внутреннего трения, относящимся ко всем горным породам [63, 64, 84]».

«В других гипотезах определение параметров сводов обрушения производится на основе методов механики сплошной среды – теорий упругости, пластичности, ползучести, при линейных и нелинейных схемах деформирования породного массива и разрушении его от растягивающих и сдвигающих напряжений [6]».

«При сплошном сводообразовании область разрушения горных пород охватывает весь контур подземной выработки, при этом разрушение породного массива, исходя из теории прочности Кулона–Мора, может происходить как от растягивающих, так и от сдвигающих напряжений [6]».

«Формирование нагрузки на крепь горных выработок в условиях сплошного сводообразования соответствует жесткопластической и упругопластической неоднородной геомеханическим моделям породного массива. Исследования в этом направлении определения нагрузки при представлении породного массива жесткопластической средой проведены Н. С. Булычевым [15, 16]», упругопластиче-

ской неоднородной средой – И. Т. Алимжановым [2], И. В. Баклашовым [4–7], Ж. С. Ержановым [33], Л. Е. Ершовым [36], Б. А. Картозия [5, 6], М. В. Корнилковым [47], Г. А. Крепенниковым [21], Ю. М. Либерманом [49], М. М. Протодьяконовым [63], К. В. Руппенейтем [68], Г. Л. Фисенко [81], Н. Н. Фотиевой [82], Г. С. Франкевичем [83], П. М. Цимбаревичем [84]. При этом решение задачи определения нагрузки на крепь дано для круглого поперечного сечения горной выработки.

«Формирование нагрузки на крепь в условиях ее совместного деформирования с породным массивом, преимущественное явление при сооружении горных выработок характерен для пород, проявляющих пластические свойства. Ему соответствуют упругая, вязкогупругая, упругопластическая, упругопластическая неоднородная, вязкоупругопластическая геомеханические модели массива и работа крепи в режиме взаимовлияющей деформации либо заданной деформации. Это формирование нагрузки может происходить также в породах, склонных к хрупкому разрушению в случае достаточно высокой жесткости крепи, ограничивающей смещения породного контура выработки. Нагрузка на крепь представляется как контактные напряжения, возникающие между крепью и массивом, и определяется из решения этой контактной задачи по методам, изложенным в ранее указанных трудах [1, 6, 18]».

«Впервые определение нагрузки на крепь при взаимодействии ее с породным массивом для случая осесимметричной задачи предложено Ф. А. Белаенко [9] из уравнения, на которое также ссылаются авторы [6]».

$$U_{\infty}(p) = U_0 + U(p), \tag{3.1}$$

где $U_{\infty}(p)$ – смещение породного контура к моменту установления статического равновесия в системе крепь-массив; U_0 – начальные смещения породного контура, соответствующие промежутку времени от обнажения участка, породного контура до момента ввода крепи, в работу; $U(p)$ – смещения внешнего контура крепи к моменту установления статического равновесия в системе крепь-массив.

Важной особенностью уравнения (3.1) является то, что оно позволяет решить задачу определения нагрузки на крепь для любого механического состояния породного массива с учетом времени отставания возведения крепи.

Многие исследования взаимодействия крепи с породным массивом пока имеют только научное значение, так как их использование в практике расчета и проектирования горных выработок ограничивается трудностями получения требующихся исходных данных, необходимостью применять сложный математический аппарат для решения контактной задачи взаимодействия системы крепь-массив и большой трудоемкостью решения этой задачи, а также, как отмечалось выше, сложившимися стереотипами в проектировании горных выработок.

Прикладное значение имеют исследования взаимодействия системы «крепь-массив», выполненные на основе упругой модели для выработки любого поперечного сечения и упругопластической неоднородной модели с учетом запредельного деформирования породного массива и остаточной прочности пород вокруг выработки круглого поперечного сечения, вошедшие в нормативные документы, учебники и техническую литературу [6, 17, 18, 67, 73, 86, 89].

В решении задачи взаимодействия крепи с породным массивом определились два направления. Первое направление – определение нагрузки и расчет крепи не отделяются друг от друга, т.е. при заданных параметрах крепи проверяется ее прочность и жесткость как компоненты системы «крепь-массив». На основе данного метода разработаны алгоритмы и программы расчета практически для всех типов крепей горных выработок, находящихся в гравитационном поле напряжений, с учетом тектонических напряжений и сейсмических воздействий. Второе направление предполагает последовательное определение членов уравнения совместного смешения породного контура и внешнего контура крепи, выраженных через искомую нагрузку P, и решение этого уравнения относительно данной нагрузки. В работе [6] данная задача решена при вязкоупругой и упругопластической неоднородной моделях с учетом технологических особенностей сооружения горных выработок и влияния забойной незакрепленной части выработок. При этом в упругопластической модели учитывается образование вокруг выработки областей запредельного деформирования и остаточной прочности.

«Особое место при исследовании проявлений горного давления в подземных выработках принадлежит экспериментальным и экспериментально-анали-

тическим методам. Основы данных методов используются для непосредственного проектирования крепей в соответствующих условиях [18, 28]». «Для определения по одним замеренным контактным напряжениям других напряжений из условия контакта с массивом при решении этой задачи взаимодействия «крепь-массив» [15, 18, 24]». Также фактической нагрузки по замеренным перемещениям крепи посредством задачи теории оболочек или строительной механики стержневых систем, по которой затем производится расчет крепи [26, 39, 52]».

В расчете и проектировании крепи горных выработок весьма важным является анализ устойчивости пород реального массива, степень устойчивости которых определяет длительность нахождения незакрепленного контура выработки в равновесном состоянии и интенсивность разрушения окружающих выработку пород, а также предварительное определение типа и вида проектируемых конструкций крепи, выбор геомеханических моделей и расчетных схем взаимодействия крепи с массивом, в соответствии с которыми проводится прочностной расчет конструкций крепи.

Исследования вопроса устойчивости горных пород как устойчивости незакрепленной горной выработки, проведены в работах И. В. Баклашова [4], Ю. М. Басинского [8], З. Бенявски [10], Н. С. Булычева [16], Д. Дира [85], А. И. Долгун [31], Ж. С. Ержакова [33], Л. М. Ерофеева [35], Л. Е. Ершова [36], Ю. З. Заславского [37], В. Ю. Изаксоном [34], В. Н. Каретникова [39, 40], Б. А. Картозия [42, 43], В. Б. Клейменова [45], И. Д. Насонова [52], М. М. Протодьяконова [63], Г. Л. Фисенко [81], П. М. Цимбаревич [84] и др. В итоге были разработанные различные классификации устойчивости горных пород. В основе отечественных классификаций лежат предельные смещения породного массива [38] или соотношение между действующими напряжениями в породном массиве и крепи и пределом их прочности на сжатие с учетом горно-геологических и горнотехнических факторов [38]. Среди них, наиболее полная и согласующаяся с вышерассмотренной классификацией геомеханических моделей породного массива, классификация с подразделением горных пород на пять категорий по степени устойчивости, длительности обнажения и по интенсивности разрушения

[16]. За рубежом применяются многофакторные классификации породных массивов в баллах [12, 20], которые позволяют получать более дифференцированные и точные сведения о породном массиве и возможных вариантах крепления подземных выработок.

Для Кузнецкого угольного бассейна на основе многочисленных и всесторонних исследований ОАО «КузНИИшахтострой» [35, 38, 50] установлено, что основным критерием, определяющим интенсивность проявлений нагрузки на крепь, тип крепи, конструкцию и технологию установки, является коэффициент устойчивости

$$n = \frac{R_{\text{м}}}{\sigma_{\max}}, \tag{3.2}$$

где $R_{\text{м}}$ – прочность породы в массиве на одноосное сжатие, МПа; $\sigma_{\max}$ – наибольшее сжимающее напряжение на контуре выработки, МПа.

При этом $R_{\text{м}}$ определяется как средневзвешенный предел прочности пород, окружающих выработку, а максимальное напряжение $\sigma_{\max}$ определяется с учетом формы выработки, влияния близко расположенных выработок и очистных работ.

С учетом изложенного, коэффициент устойчивости n определяется следующим выражением

$$n = \frac{R_{\text{м}}}{\gamma H K_1 K_2 K_3}, \tag{3.3}$$

где R_c – средневзвешенная прочность пород в массиве, МПа; γН – напряжения нетронутого массива, МПа; K_1 – коэффициент концентрации напряжений, учитывающий форму выработки; K_2 – коэффициент, учитывающий влияние близко расположенных выработок; K_3 – коэффициент, учитывающий влияние очистных работ.

Все входящие в формулу (3.3) параметры определяются в соответствии с методикой [50].

Для различных значений *n* установлены условия работы крепи, рекомендуемые типы крепей, технологии ее возведения, необходимая несущая способность. Нагрузка на крепь определяется в зависимости от условий работы крепи, ее типа и площади поперечного сечения.

Таким образом, произведенный краткий обзор методов определения нагрузки на крепь горных выработок позволяет сделать вывод, что в настоящее время расчет конструкций крепи производится как по заданным нагрузкам, так и по контактным напряжениям. При этом факторы простоты, точности и трудоемкости определения нагрузки предопределяют необходимость дальнейшего исследования вопроса определения нагрузки на крепи горных выработок и разработку новых подходов решения этой задачи.

3.2 Испытание металлических рамных крепей

Существующие типовые и унифицированные сечения капитальных горизонтальных и наклонных горных выработок с различными видами крепи ограничены максимальной площадью поперечного сечения в свету 18 м^2. Исходя из этого в проектах производства работ (ППР) при необходимости разрабатываются и закладываются сечения выработок различных форм и размеров с площадью поперечного сечения в свету более 18 м^2. Металлические рамные крепи, согласно [29, 30, 33], необходимо пройти приемочные испытания. Их параметры (размеры, податливость, несущая способность, сопротивление, стабильность работы в податливом режиме) должны соответствовать требованиям ГОСТа [29].

В России определить несущую способность, сопротивление, податливость и коэффициент использования несущей способности рамных крепей в натуральном виде можно в двух местах: ННЦ ГП – ИГД им. А. А. Скочинского (г. Люберцы, Московской обл.) и в ОАО «КузНИИшахтострой» (г. Кемерово). В этих организациях имеются стенды для испытания рамных крепей (рис. 3.3, 3.4).

На основе проведения анализа и требований [29, 30] в ОАО «КузНИИшахтострой» разработаны типы металлических крепей арочной формы (табл. 3.1).

Стендовые испытания проводились в жестком режиме [25, 26, 27].

В результате выполненных в соответствии с требованиями ГОСТ [30] приемочных испытаний металлической четырех- и пятизвенной арочной крепей в жестком режиме определены: несущая способность рам ($P_н$), удельная масса ($M_у$), прогиб верхняка ($h_в$) для всех типоразмеров крепи (табл. 3.1 и рис. 3.5–3.6).

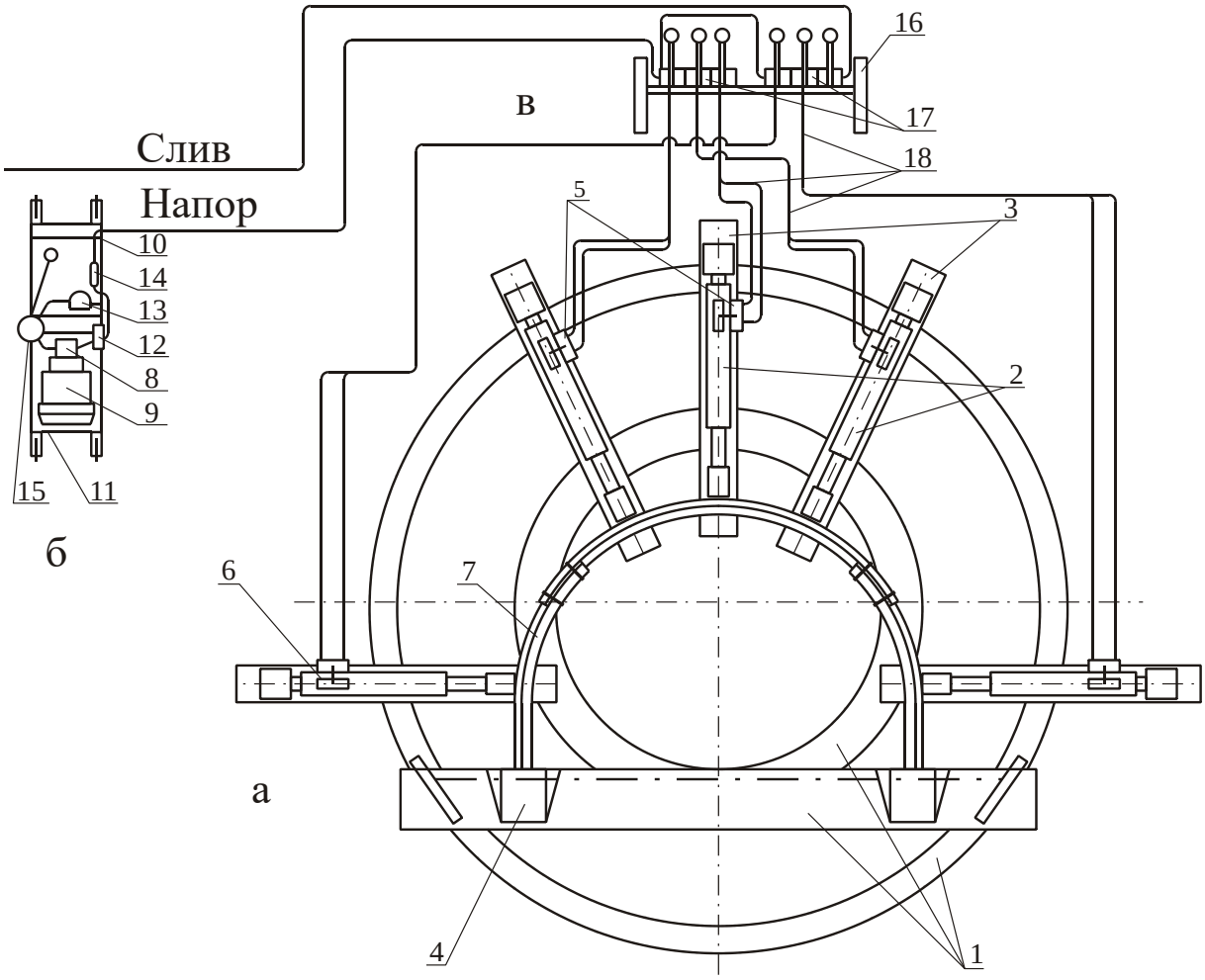


Рис. 3.3 – Испытательный горизонтальный стенд ОАО «КузНИИшахтострой»: а – силовой блок; б – маслостанция; в – пульт управления; 1 – опорная металлоконструкция; 2 – силовые гидроцилиндры; 3 – опорные балки гидроцилиндров; 4 – передвижные опорные башмаки стоек крепи; 5 – гидрозамки; 6 – образцовые манометры; 7 – металлическая рамная крепь; 8 – насос; 9 – электродвигатель; 10 – маслобак; 11 – рама; 12 – предохранительно-переливной клапан; 13 – дроссель; 14 – манометр; 15 – фильтр; 16 – каркас; 17 – гидрораспределители; 18 – рукава высоконапорные.

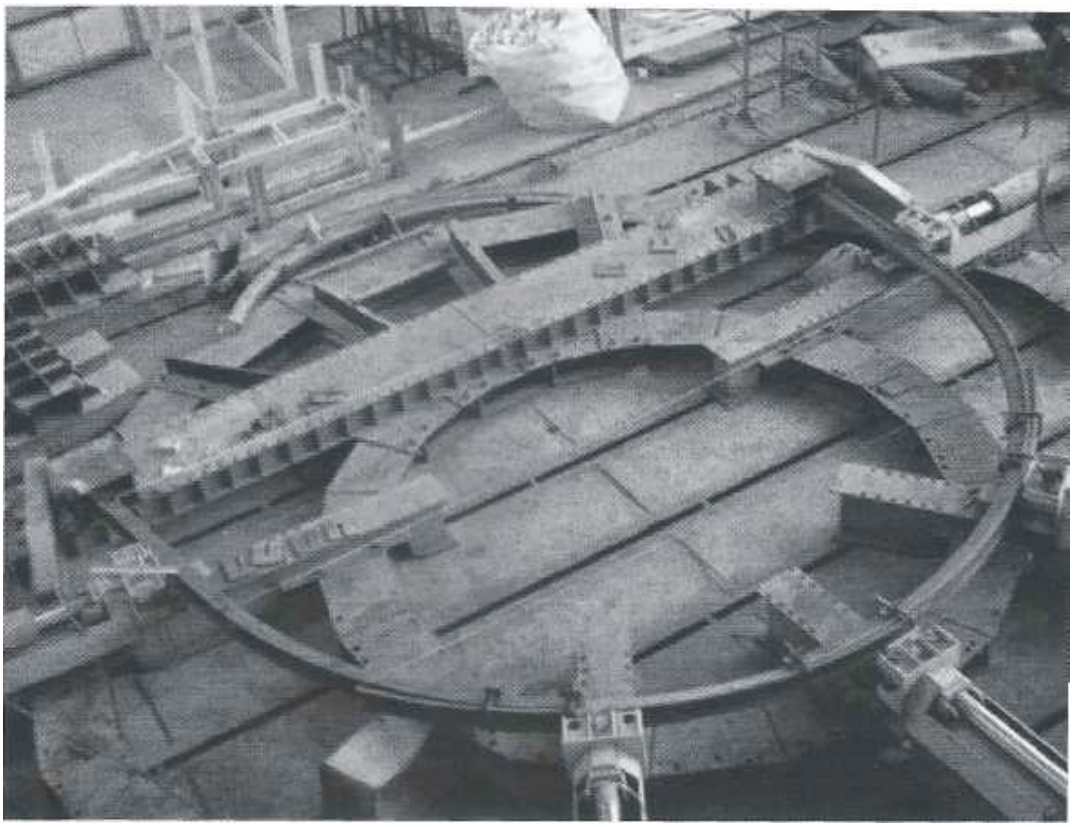


Рис. 3.4 – Испытание металлической арочной крепи из спецпрофиля СВП.

Таблица 3.1 – Испытание металлической арочной крепи в жестком режиме

Типоразмер крепи	**$P_н$, кН/раму**	**$M_y \cdot 10^{-3}$, кг/кН · м^2**	**$h_в$, мм**
1	**2**	**3**	**4**
КМП-А3М-9-22	337	68	262
КМП-А3М-11-22	328	61	336
КМП-А3М-14-22	315	56	370
КМП-А3М-16-22	306	53	401
КМП-А3М-9-27	437	62	266
КМП-А3М-11-27	425	58	274
КМП-А3М-14-27	403	54	283
КМП-А3М-16-27	390	51	296
КМП-А4У-21-33р	520	50	320
КМП-А4У-24-33р	490	48	335

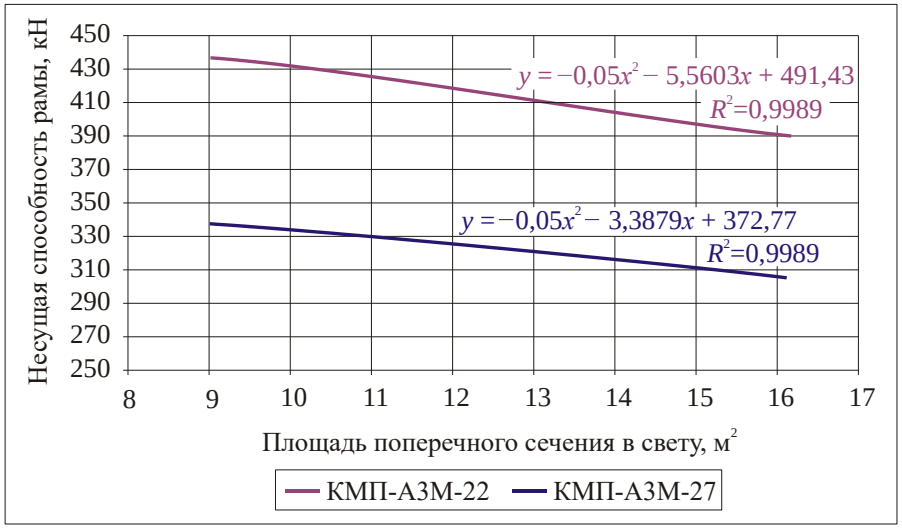
Окончание табл. 3.1

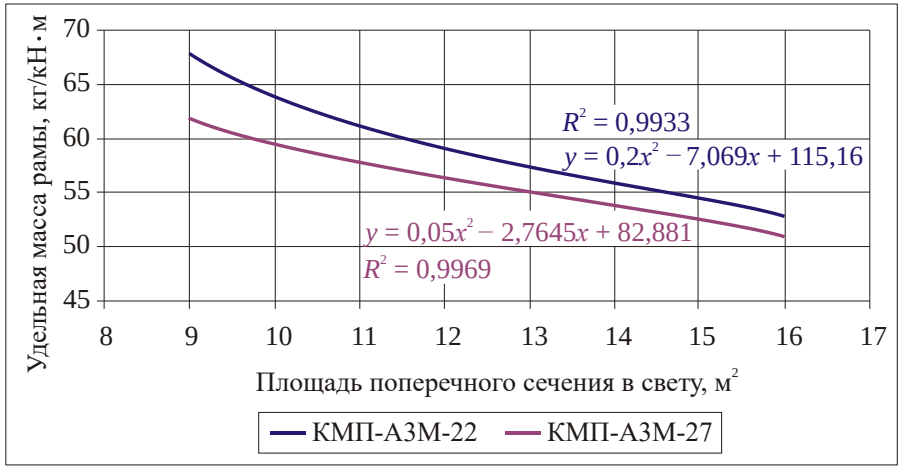
1	2	3	4
КМП-А4У-27-33р	450	50	340
КМП-А4У-30-33р	430	50	360
КМП-А4-21-33	693	37	198
КМП-А4-24-33	663	36	330
КМП-А4-27-33	619	34	340
КМП-А4-30-33	545	38	361
КМП-А5-21-33	728	37	282
КМП-А5-24-33	698	36	304
КМП-А5-27-33	650	34	326
КМП-А5-30-33	625	36	346

На основании результатов испытаний металлических рамных крепей в жестком режиме и построенных на их основе зависимостей установлено, что уменьшение несущей способности от 9,5 до 21,4 % (среднее 15,45 %), при прочих равных условиях происходит с увеличением площади поперечного сечения, при этом удельная масса претерпевает незначительные изменения в большую на 10,5 % или в меньшую сторону на 22,1 %, а прогиб верхняка увеличивается с возрастанием площади поперечного сечения крепи от 10,1 до 34,7 % (среднее 22,4 %) [14].

Установленная несущая способность крепи всех типоразмеров оказалась не ниже регламентируемой [29]. Конструктивная податливость (вертикальная и горизонтальная), сопротивление и стабильность работы в жестком режиме находится в пределах, установленных [29].

На основании данных, полученных при испытании в жестком режиме, расчетным путем определен коэффициент несущей способности крепи ($K_{н.с}$). Результаты представлены в табл. 3.2.





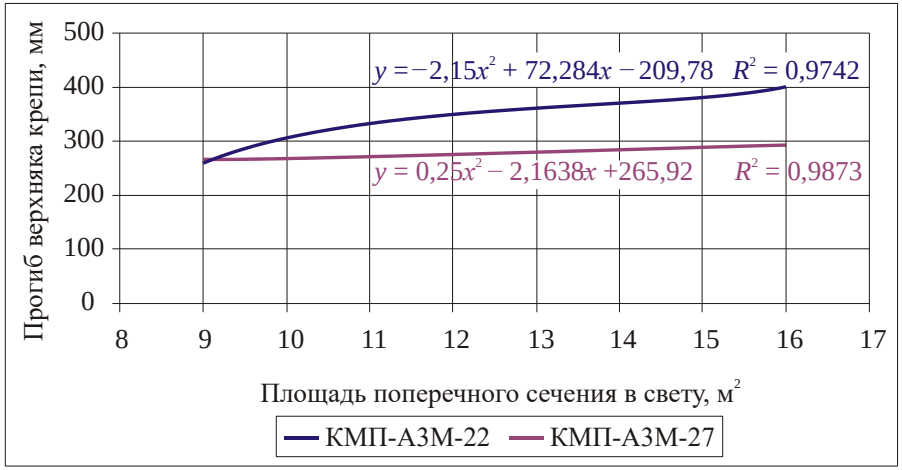
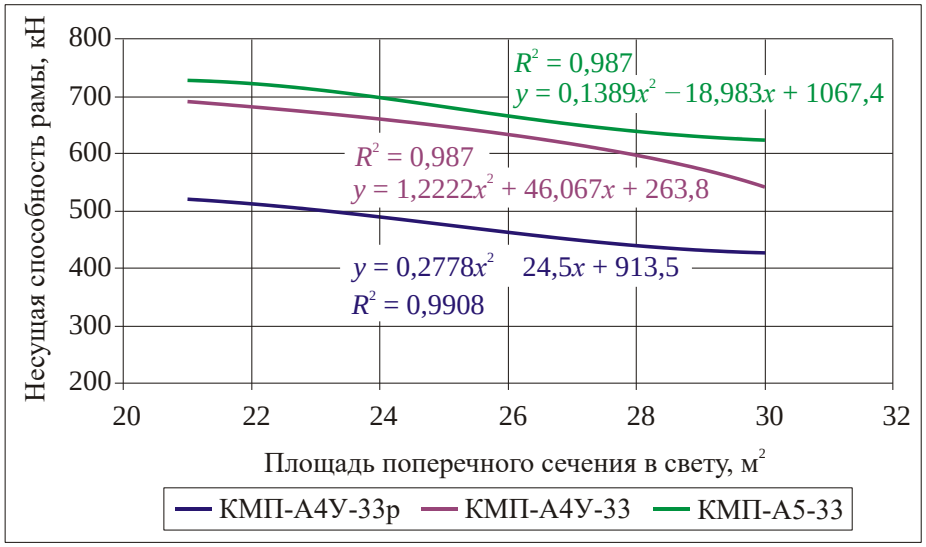
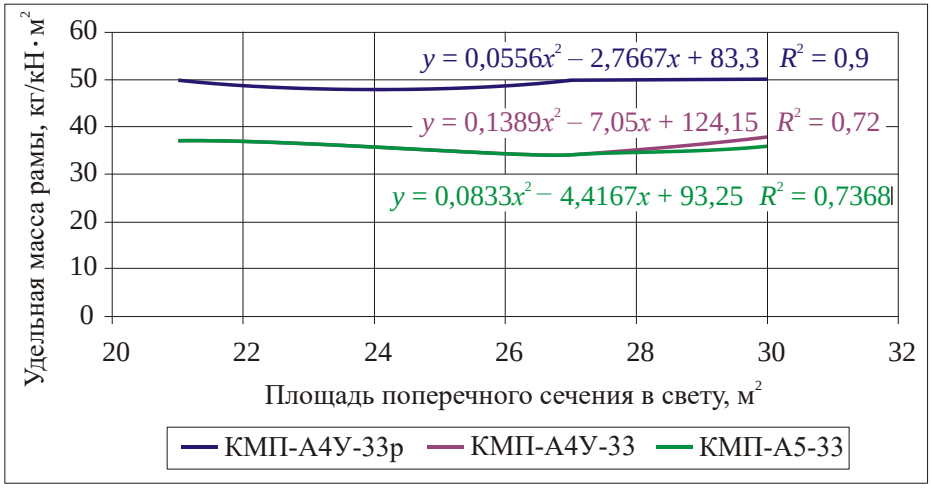


Рис. 3.5. – Зависимость свойств модифицированных рам от ее типоразмера: несущей способности, удельной массы, прогиба верхняка.





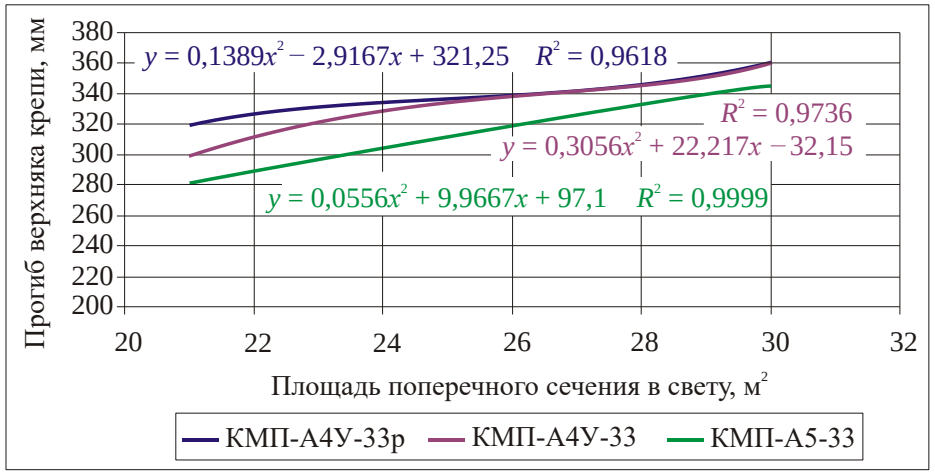


Рис. 3.6. – Зависимость свойств унифицированных рам от ее типоразмера: несущей способности, удельной массы, прогиба верхняка.

Таблица 3.2 – Коэффициент несущей способности крепи

Типоразмер крепи	**$K_{н.с}$, %**
1	**2**
КМП-А3М-9-22	70
КМП-А3М-11-22	68
КМП-А3М-14-27	71
КМП-А3М-16-27	65
КМП-А4У-22-33р	65
КМП-А4У-24-33р	67
КМП-А4У-27-33р	70
КМП-А4У-30-33р	69
КМП-А4-21-33	64
КМП-А4-27-33	57
КМП-А4-31-33	48
КМП-А5-21-33	66
КМП-А5-27-33	60
КМП-А5-29-33	48

Параметры крепи соответствуют основным показателям качества и эксплуатационным характеристикам, выполнены по конструкторской документации и отвечают нормативам [29].

При испытании крепи в жестком режиме нагружения (образцов без узлов податливости) непосредственно определялись следующие характеристики: $P_н$ – несущая способность – предельная вертикальная нагрузка в жестком режиме нагружения, кН/раму; прогиб верхняка рамы, мм. Текущие значения нагрузок на рамы крепи, полученные в ходе стендовых испытаний в жестком режиме нагружения, положенные в основу определения фактического сопротивления и несущей способности рам крепи (табл. 3.3, рис. 3.7, 3.8).

Таблица 3.3 – Текущие значения нагрузок на рамы крепи в жестком режиме

Отчет по шкале манометров, 10^{-3} Па	**Вертикальная нагрузка, кН**	**Отчет по шкале манометров, 10^{-3} Па**	**Вертикальная нагрузка, кН**	**Отчет по шкале манометров, 10^{-3} Па**	**Вертикальная нагрузка, кН**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
КМП-А3-10-17					
18,0	65,28	22,0	80,71	21,0	76,85
30,0	112,37	31,0	115,96	28,5	106,99
20,0	58,95	21,5	64,61	20,0	58,95
68,0	236,60	74,5	261,28	69,5	242,79
20,0	72,99	22,0	80,71	21,5	78,78
31,0	115,96	25,0	94,43	28,0	105,19
22,0	66,50	19,0	55,18	20,5	60,84
73,0	255,45	66,0	230,32	70,0	244,81
КМП-А3У-11-17					
22,5	82,64	32,5	121,24	30,0	111,59
29,5	110,58	19,0	67,52	28,5	105,19
15,5	41,98	16,0	67,52	15,0	40,10
67,5	235,20	67,5	232,63	73,5	258,68
22,5	82,64	32,5	121,24	11,5	44,05
30,0	112,37	20,0	71,11	25,0	94,43
18,0	51,41	16,5	45,75	15,0	19,36
60,5	246,42	69,0	238,10	51,5	157,84
32,5	121,24	30,0	111,59	11,5	44,05
20,0	71,11	28,0	105,19	28,0	105,19
15,0	40,10	17,0	47,64	15,0	32,56
67,5	232,45	75,0	264,42	54,5	181,80

Продолжение табл. 3.3

1	2	3	4	5	6
КМП-АЗУ-13-22					
21,0	76,85	32,5	106,10	26,0	96,15
24,0	90,85	88,5	312,39	28,5	101,61
32,5	106,10	31,0	115,45	40,0	134,38
77,5	273,79	30,5	109,42	94,5	332,14
31,0	115,45	30,0	96,67	25,0	90,84
91,5	321,54				
КМП-АЗ-16-22					
22,5	82,64	35,0	105,52	24,0	88,43
28,0	105,19	91,0	314,04	34,0	126,72
37,0	103,70	26,0	96,15	28,0	89,12
87,5	290,90	28,5	106,99	96,0	307,27
26,0	96,15	35,0	105,52	30,0	112,37
89,5	308,66				
КМП-АЗУ-18-27					
30,0	111,59	110,0	394,30	35,5	117,41
38,5	142,86	32,0	119,31	110,5	396,54
35,0	115,52	38,0	141,07	36,0	134,75
103,5	369,97	35,5	117,41	38,5	142,86
31,0	115,45	105,5	377,79	29,0	92,87
40,0	148,24	35,0	130,89	103,5	370,49
39,0	130,61	40,0	148,24		
КМП-АЗ-19-27					
34,0	115,45	36,0	126,84	36,0	132,96
37,0	119,54	107,5	399,35	33,0	123,13
40,0	96,67	35,0	130,89	36,0	104,21
111,0	331,66	34,0	135,69	105	360,30

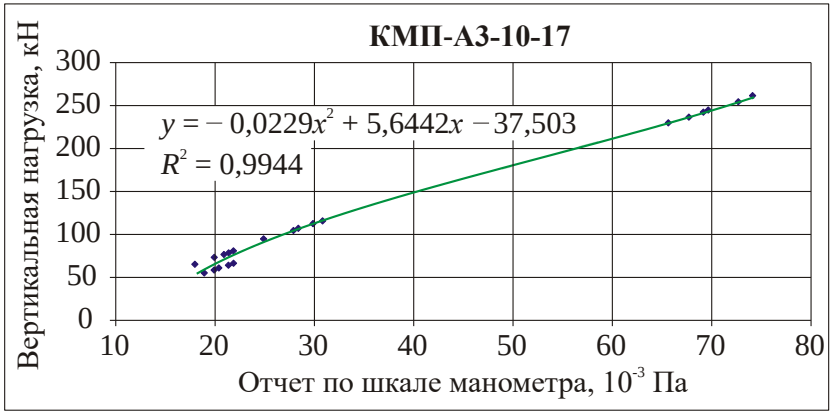
Окончание табл. 3.3

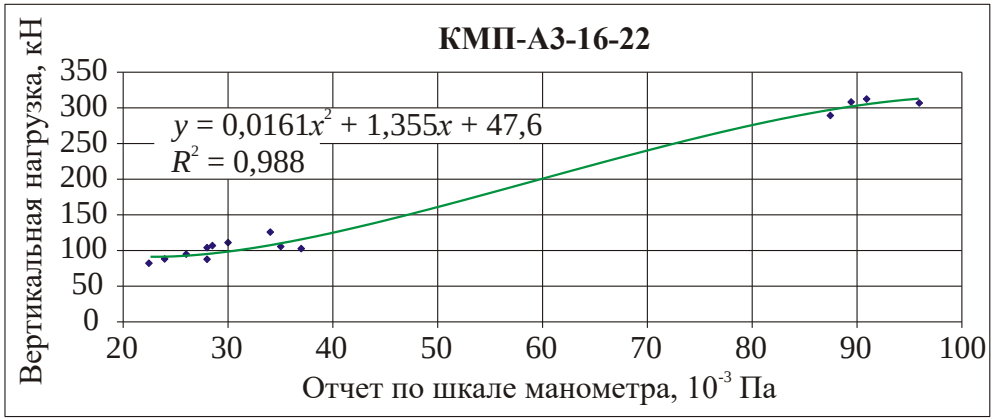
1	2	3	4	5	6
37,0	127,03	40,0	119,3	37,0	134,75
36,0	137,48	109,0	385,87	32,0	123,13
38,0	144,57	35,5	130,89	38,0	119,30
111,0	409,08	33,0	126,72	107,0	377,18
35,0	138,61	32,0	144,57	36,5	133,90
100,5	402,18				

На основании полученных результатов испытаний различных типоразмеров крепей [54] построены графики зависимости вертикальной нагрузки и прогиба верхняка на основе отчета по шкале манометра (рис. 3.9).

На основании результатов испытаний металлических рамных крепей и в жестком режиме установлено, что с изменением прямолинейных стоек КМП-А3-10-17 на криволинейные КМП-А3У-10-17 несущая способность всей рамы увеличивается от 0,7 до 30,4 % (среднее 6,8 %), при прочих равных условиях; с уменьшением площади поперечного сечения крепи и с изменением прямолинейных стоек КМП-А3-16-22 в жестком режиме на криволинейные КМП-А3У-13-22 несущая способность всей рамы увеличивается от 3,5 до 59,1 % (среднее 19,1 %) при прочих равных условиях; с уменьшением площади поперечного сечения крепи и с изменением прямолинейных стоек КМП-А3-19-27 в жестком режиме на криволинейные КМП-А3У-18-27 несущая способность всей рамы увеличивается от 0,3 до 33,1 % (среднее 9,0 %), при прочих равных условиях.

Прошедшие испытания крепи являются основой для разработки унифицированных типовых сечений горных выработок площадью свыше 18 м^2 с металлической рамной крепью, в которых остро нуждаются строящиеся и реконструируемые шахты, проектные организации и шахтостроители, а также результаты испытаний необходимы для расчета крепи устьев наклонных стволов.





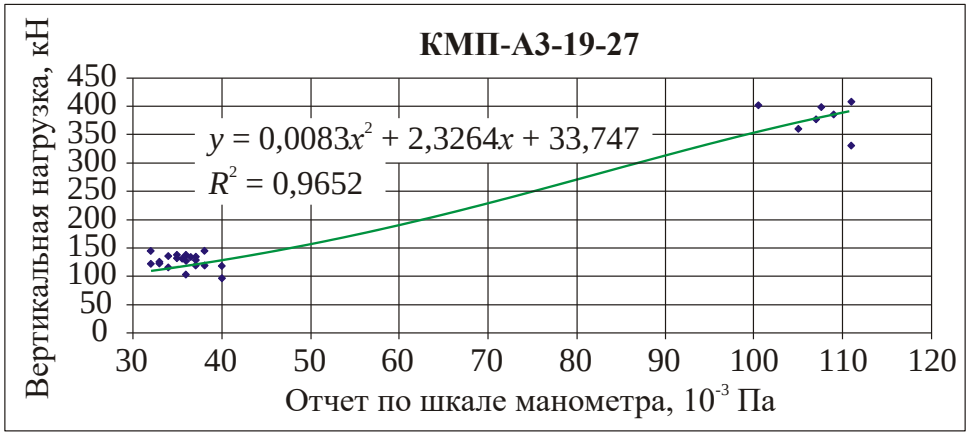
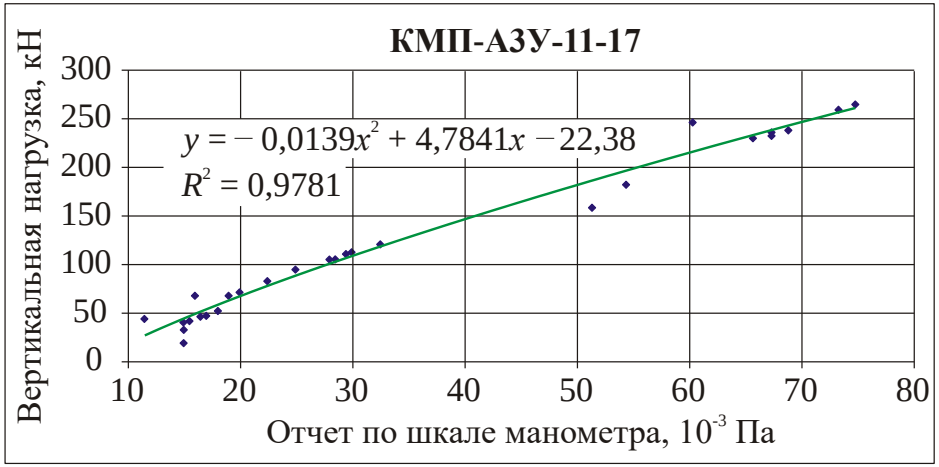
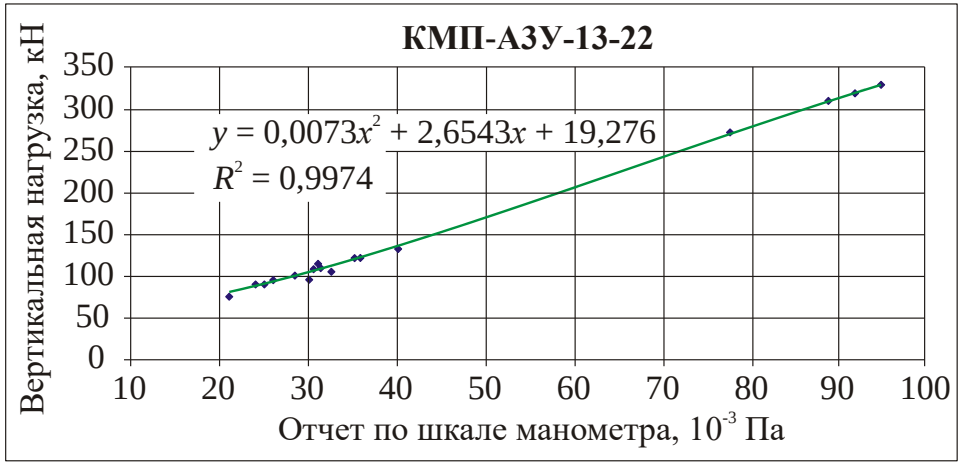


Рис. 3.7. – Нагружение рам крепи с прямолинейными стойками в жестком режиме.





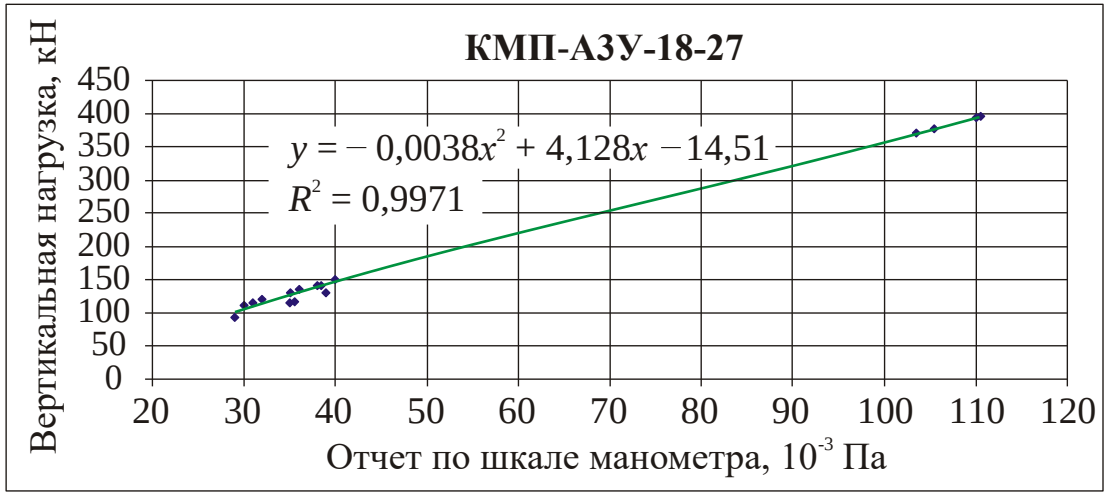
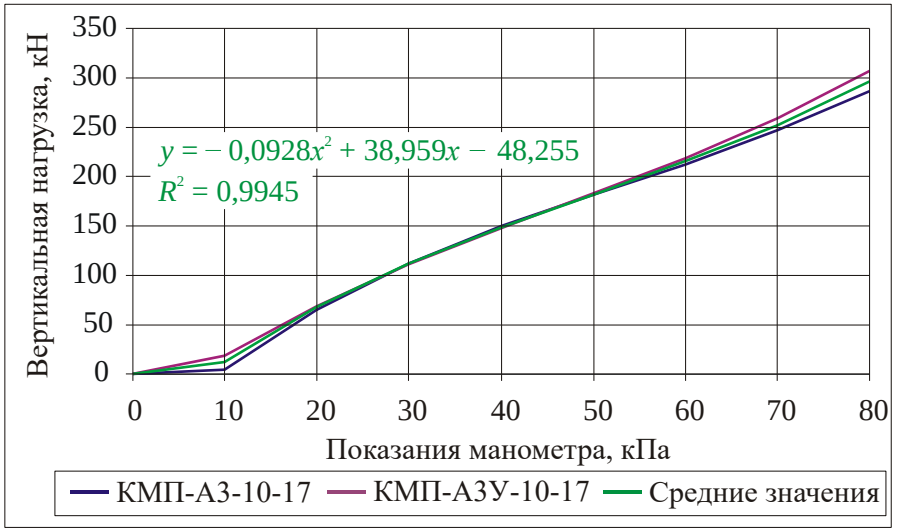
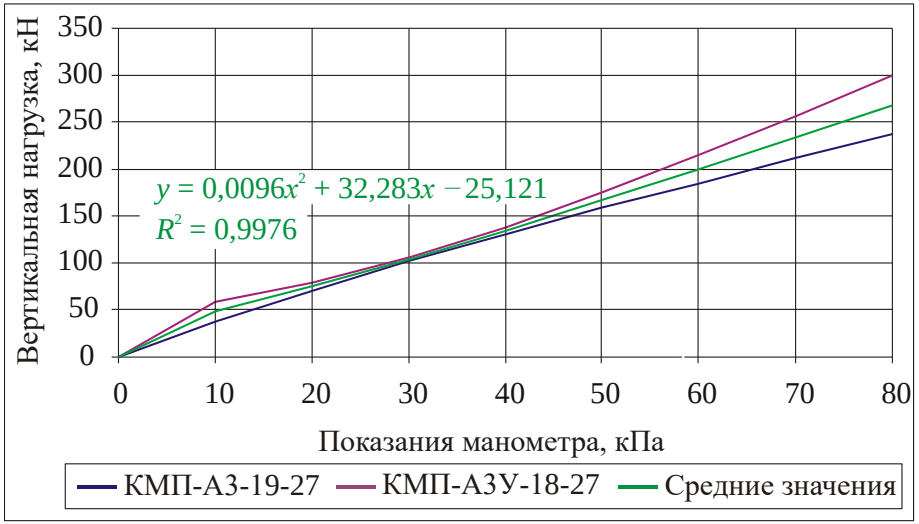


Рис. 3.8. – Нагружение рам крепи с криволинейными стойками в жестком режиме.





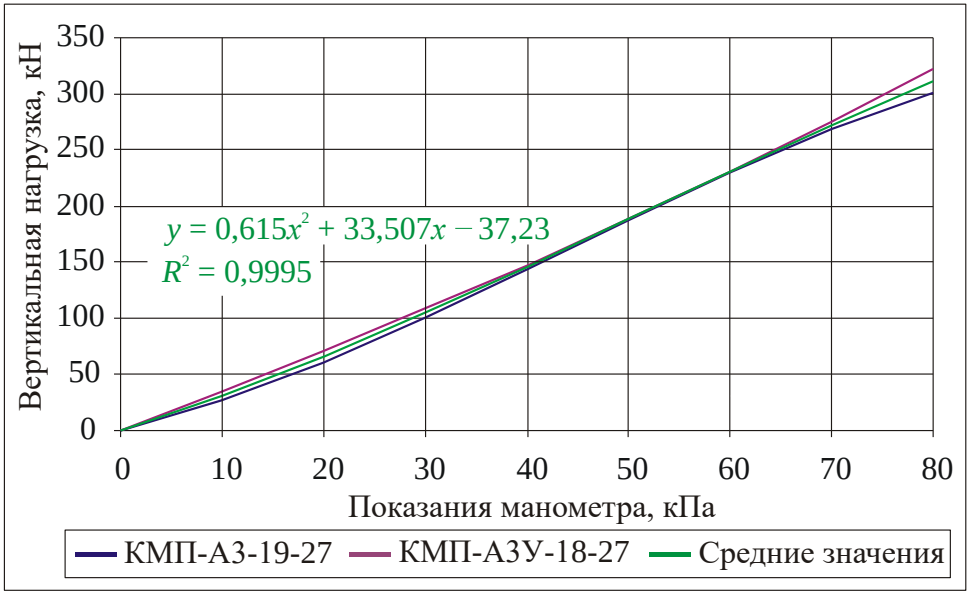


Рис. 3.9. – Зависимость прогиба верхняка от вертикальной нагрузки различных типоразмеров крепей.

3.3 Определение внутренних усилий в крепи

Основываясь на знаниях строительной механики [19], значение изгибающего момента $M_и$ в шарнире должен быть равен нулю [77]. После проведенных расчетов программным комплексом «ЛИРА-САПР-2013» принятых к сравнению и анализу конструкций крепей, получены следующие результаты.

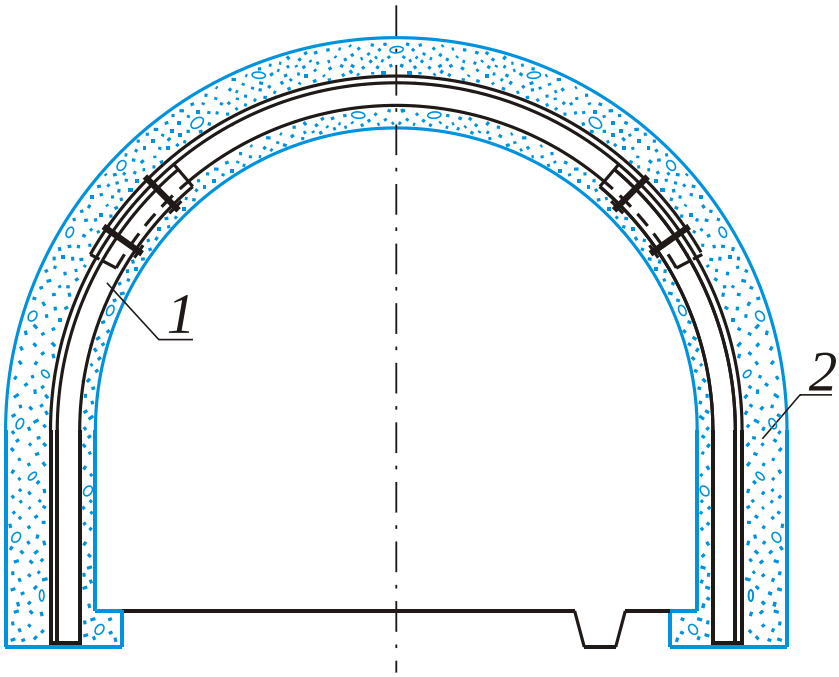


Рис. 3.10. – Монолитная железобетонная крепь с жесткой арматурой: 1 – металлическая рама из СВП; 2 – монолитный бетон.

В основу расчета положен метод конечных элементов в перемещениях. В качестве основных неизвестных приняты следующие перемещения узлов:

– *X* – линейное по оси *X*;

– *Y* – линейное по оси *Y*;

– *Z* – линейное по оси *Z*;

– *UX* – угловое вокруг оси *X*;

– *UY* – угловое вокруг оси *Y*;

– *UZ* – угловое вокруг оси *Z*.

В расчетную схему включены следующие типы элементов: тип 10 – универсальный пространственный стержневой КЭ.

Универсальный стержень изображен на рис. 3.11. Стержень имеет местную правую декартову систему координат X_1, Y_1, Z_1, относительно которой определяются усилия и задается местная нагрузка. Ось X_1 направлена по продольной оси стержня от начала (первый узел по документу 1) к концу (второй узел). Оси Y_1 и Z_1 являются главными центральными осями инерции. Ось Z_1 всегда направлена в верхнее полупространство. По умолчанию полагается, что у произвольно ориентированных стержней ось Y_1 параллельна горизонтальной плоскости XOY глобальной системы координат, а у вертикальных стержней – параллельна оси Y глобальной системы координат и направлена в противоположную сторону. Если же положение главных центральных осей у реального стержня не совпадает с положением, принятым по умолчанию, то необходимо задавать угол чистого вращения – угол поворота главных центральных осей относительно принятого по умолчанию положения. Для этого необходимо найти положение оси A, которая образуется пересечением плоскости, параллельной XOY, с плоскостью Y_1OZ_1 реального стержня так, чтобы тройка X_1AZ_1 была правой. Угол между осью Y_1 и осью A является искомым углом чистого вращения F. Положительное его значение соответствует вращению оси A до совмещения с осью Y_1 против часовой стрелки, если смотреть с конца оси X_1.

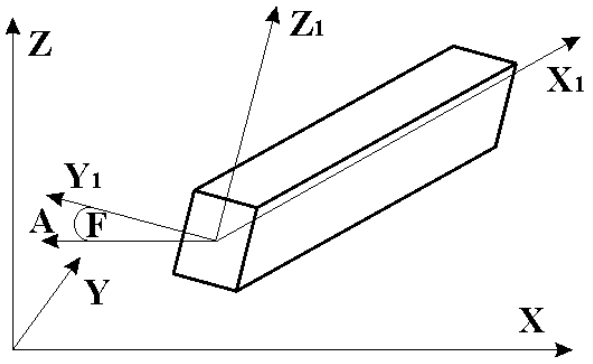


Рис. 3.11. – Универсальный стержень.

Предусматриваются различные возможности прикрепления стержня к узлам схемы:

– при помощи абсолютно жестких вставок вдоль местных осей;

– при помощи снятия связи по любому направлению (снятие линейной связи обеспечивает проскальзывание; снятие угловой связи – свободный поворот, т.е. цилиндрический шарнир).

Матрица жесткости строится для гибкой части стержня. Привязки сосредоточенной и трапециевидной нагрузок задаются относительно упругой части стержня, т.е. возможны отрицательные привязки.

Конечный элемент может работать во всех признаках схем, применяемых при расчете стержневых конструкций.

Габариты – арка пролетом 6 м, высотой 4,15 м.

Расчет ведется на элемент условной ширины 1 м. Условия опирания – шарнирное, неподвижное в узлах 34, 35.

Нагрузка задана проекционная, согласно схеме, представленной на рис. 3.12.

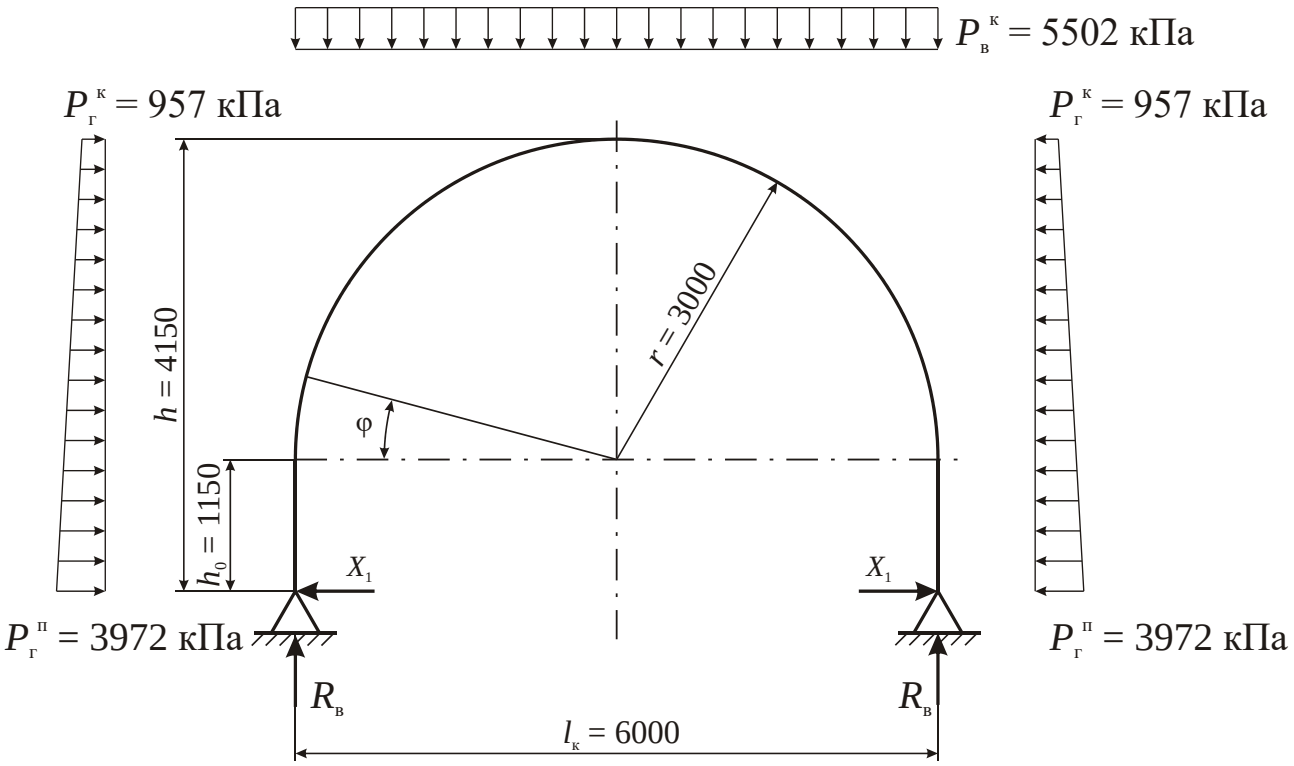


Рис. 3.12. – Расчетная схема крепи.

Параметры расчетной схема представлены в табл. 3.4–3.5, рис. 3.13–3.16.

Таблица 3.4 – Таблица узлов

№ узла	Координаты			Связи					
	X	***Y***	***Z***	***X***	***Y***	***Z***	***UX***	***UY***	***UZ***
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1	3,000	0,000	0,000	–	–	–	–	–	–
2	2,986	0,000	0,294	–	–	–	–	–	–
3	2,942	0,000	0,585	–	–	–	–	–	–
4	2,871	0,000	0,871	–	–	–	–	–	–
5	2,772	0,000	1,148	–	–	–	–	–	–
6	2,646	0,000	1,414	–	–	–	–	–	–
7	2,494	0,000	1,667	–	–	–	–	–	–
8	2,319	0,000	1,903	–	–	–	–	–	–
9	2,121	0,000	2,121	–	–	–	–	–	–
10	1,903	0,000	2,319	–	–	–	–	–	–
11	1,667	0,000	2,494	–	–	–	–	–	–
12	1,414	0,000	2,646	–	–	–	–	–	–
13	1,148	0,000	2,772	–	–	–	–	–	–
14	0,871	0,000	2,871	–	–	–	–	–	–
15	0,585	0,000	2,942	–	–	–	–	–	–
16	0,294	0,000	2,986	–	–	–	–	–	–
17	0,000	0,000	3,000	–	–	–	–	–	–
18	– 0,294	0,000	2,986	–	–	–	–	–	–
19	– 0,585	0,000	2,942	–	–	–	–	–	–
20	– 0,871	0,000	2,871	–	–	–	–	–	–
21	– 1,148	0,000	2,772	–	–	–	–	–	–
22	– 1,414	0,000	2,646	–	–	–	–	–	–
23	– 1,667	0,000	2,494	–	–	–	–	–	–
24	– 1,903	0,000	2,319	–	–	–	–	–	–

Окончание табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	– 2,121	0,000	2,121	–	–	–	–	–	–
26	– 2,319	0,000	1,903	–	–	–	–	–	–
27	– 2,494	0,000	1,667	–	–	–	–	–	–
28	– 2,646	0,000	1,414	–	–	–	–	–	–
29	– 2,772	0,000	1,148	–	–	–	–	–	–
30	– 2,871	0,000	0,871	–	–	–	–	–	–
31	– 2,942	0,000	0,585	–	–	–	–	–	–
32	– 2,986	0,000	0,294	–	–	–	–	–	–
33	– 3,000	0,000	0,000						
34	3,000	0,000	– 1,150	+	+	+	+	–	+
35	– 3,000	0,000	– 1,150	+	+	+	+	–	+

Таблица 3.5 – Таблица жесткостей

Тип жесткости	Имя	Параметры
1	Брус 100×50	$R_0 = 0$; $E = 30000$; $GF = 0$
		$B = 100$; $H = 50$

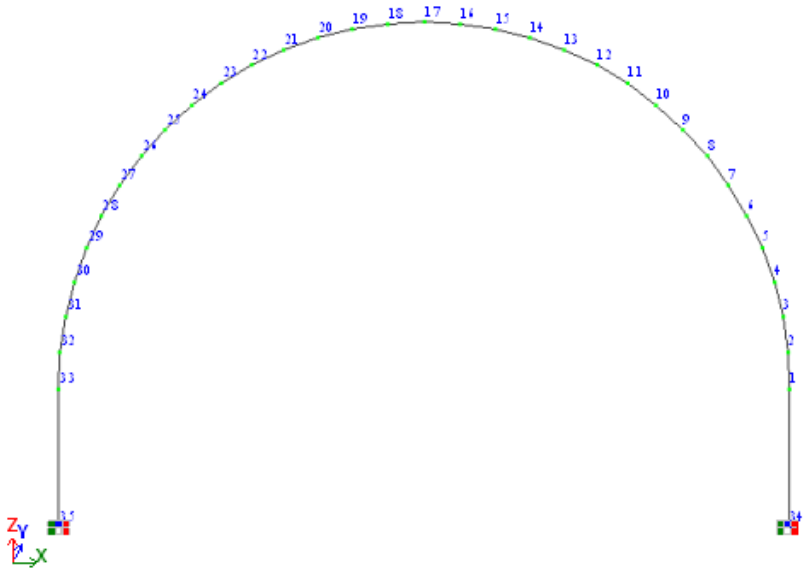


Рис. 3.13. – Схема расположения узлов.

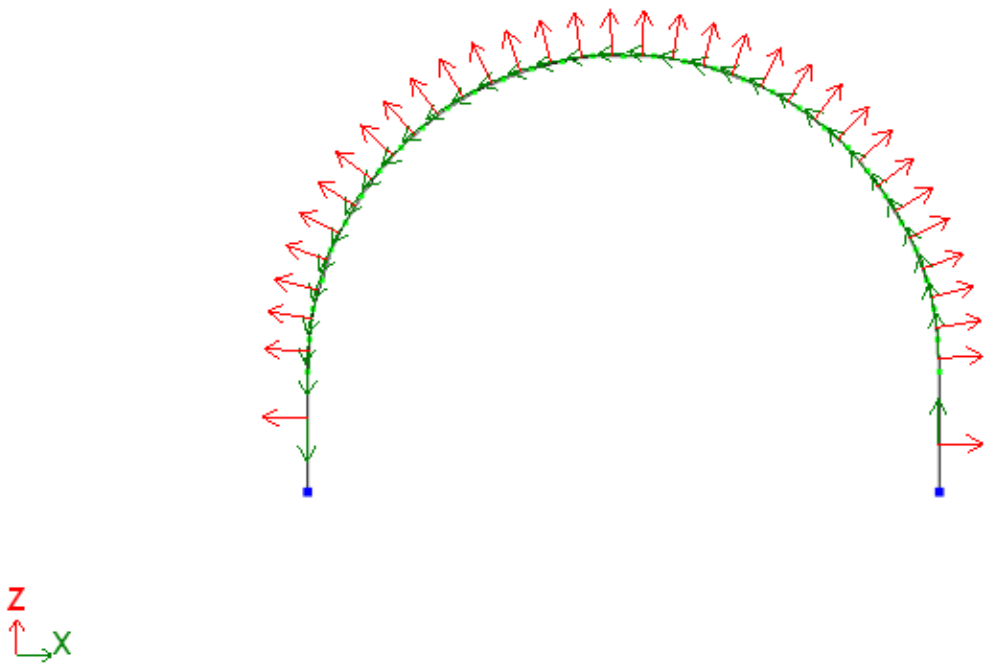


Рис. 3.14. – Направление локальных осей элементов.

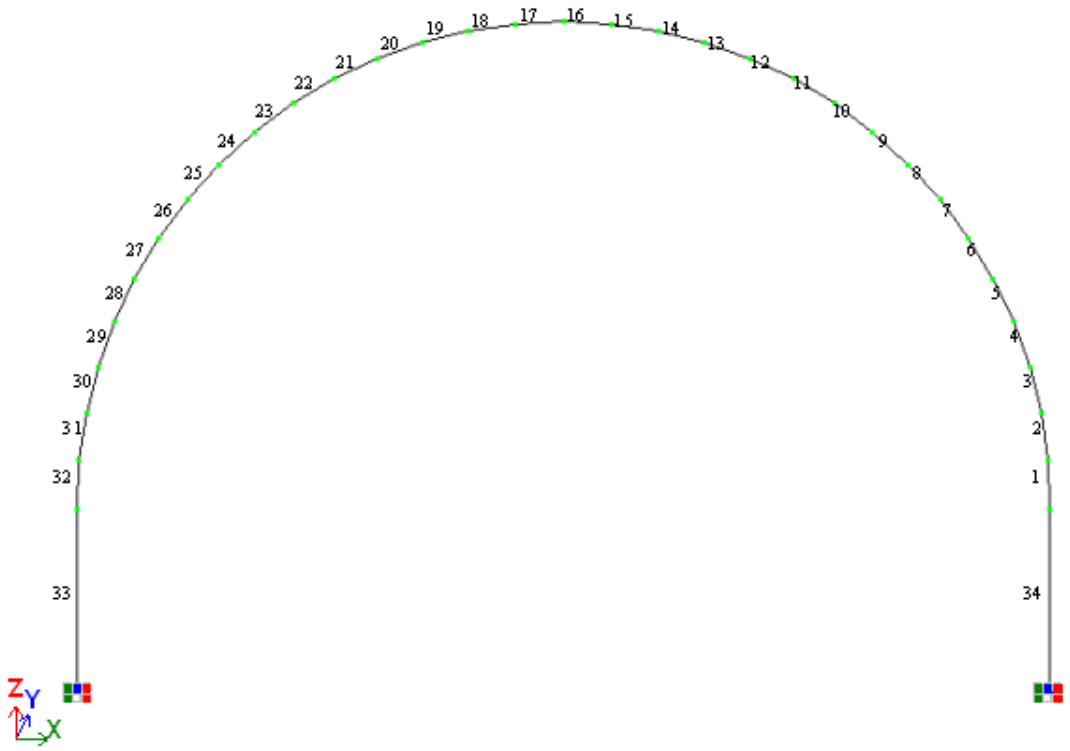


Рис. 3.15. – Схема расположения элементов.

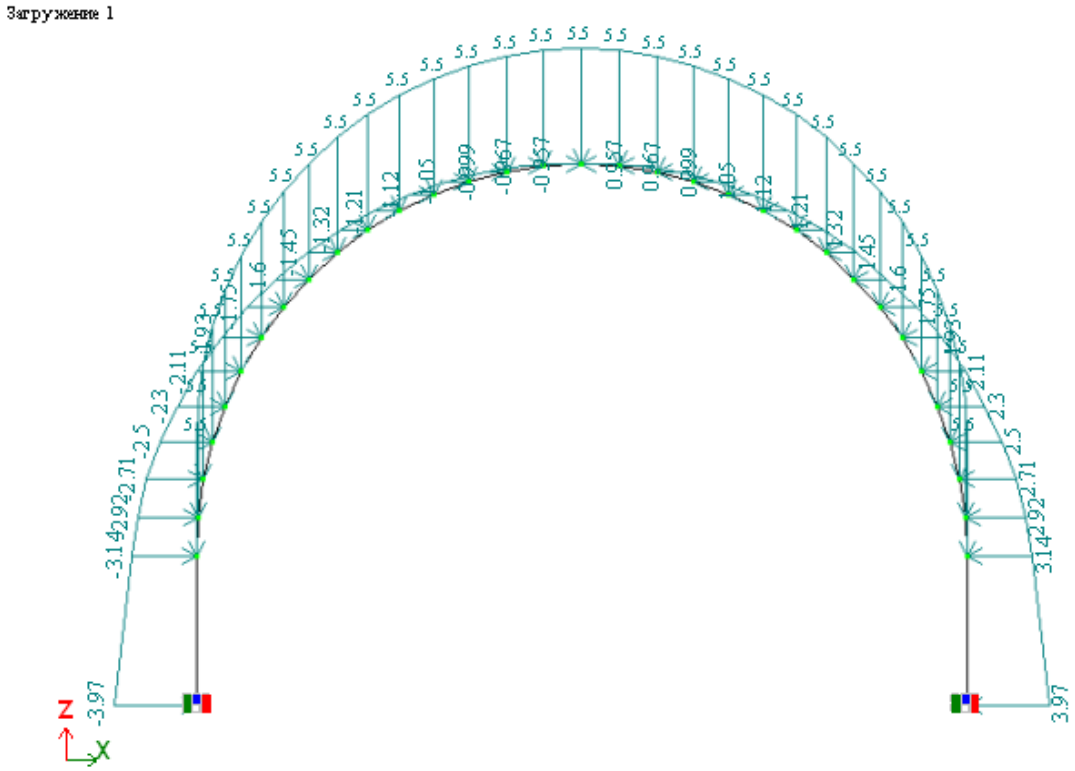


Рис. 3.16. – Схема приложения нагрузки, МН.

Результаты расчета представлены на рис. 3.17–3.28 и табл. 3.5–3.7.

Полученные перемещения и углы поворотов адекватны только для принятой жесткости. (толщина бетона 500 мм, модуль Юнга 30000 МПа)

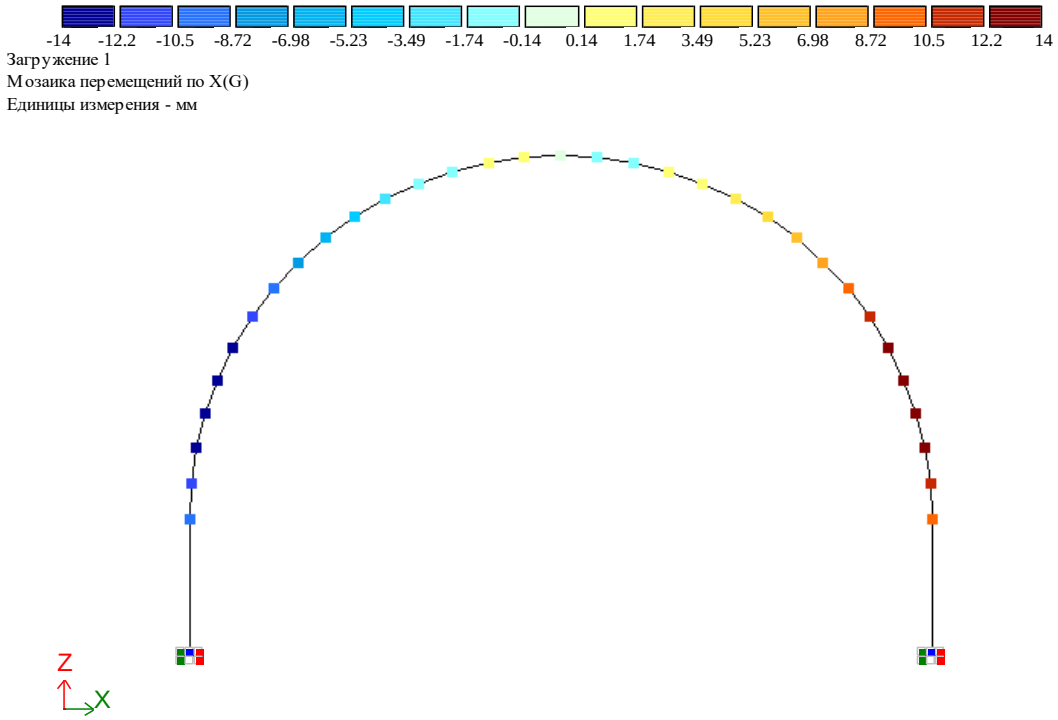


Рис. 3.17. – Мозаика перемещений по X(G).

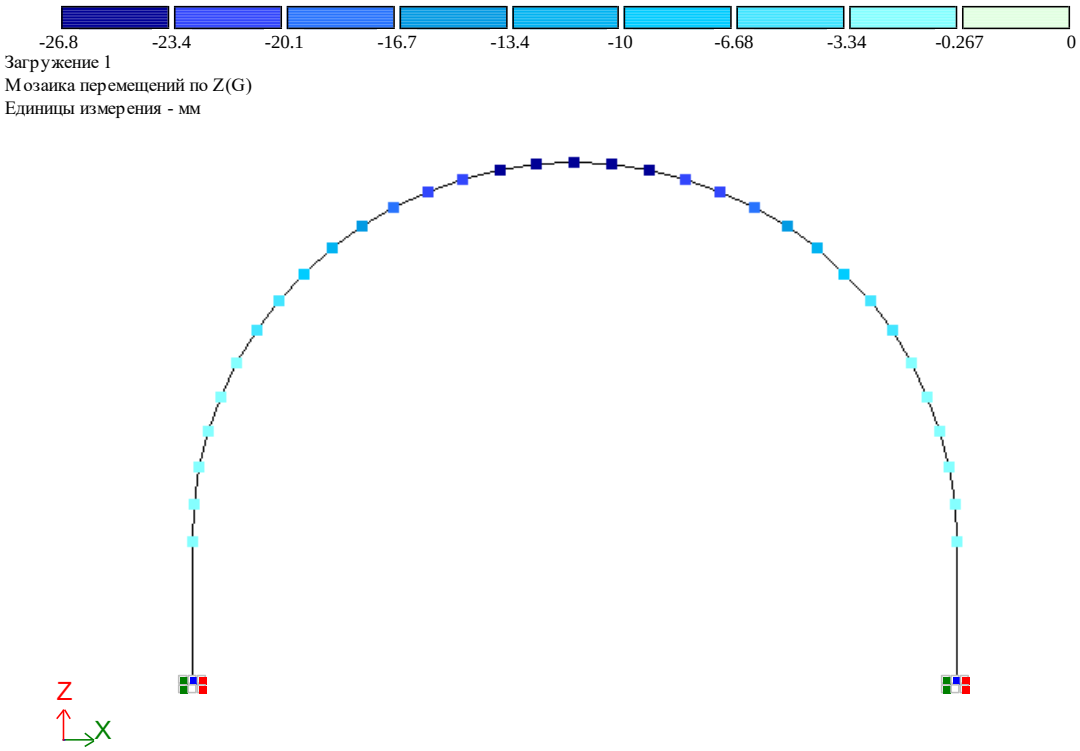


Рис. 3.18. – Мозаика перемещений по Z(G).

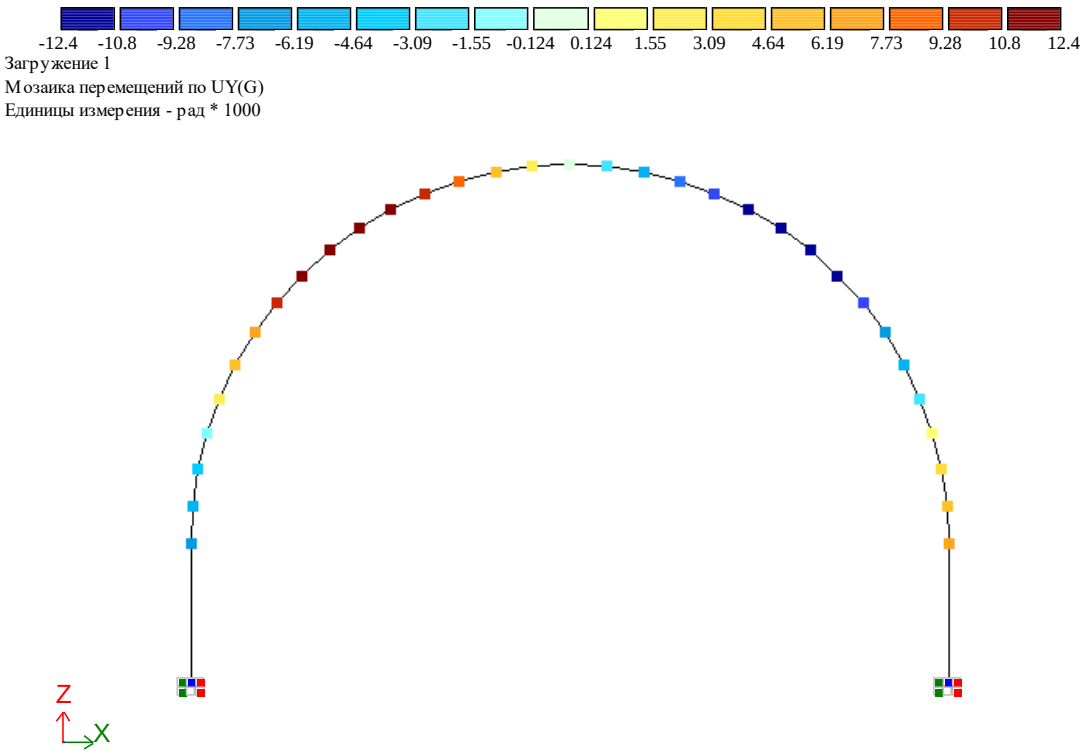
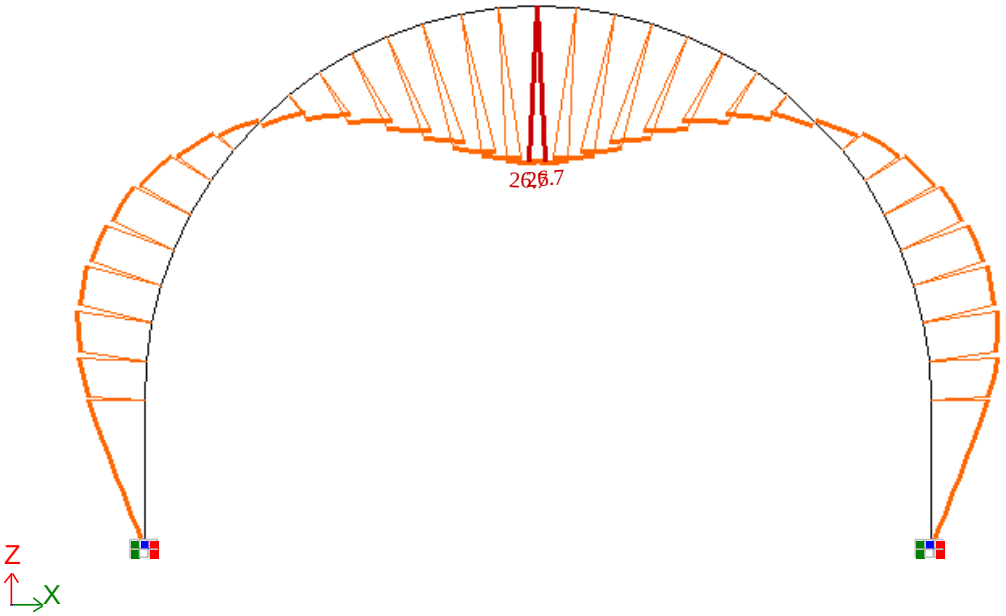


Рис. 3.19. – Мозаика перемещений по UY(G).

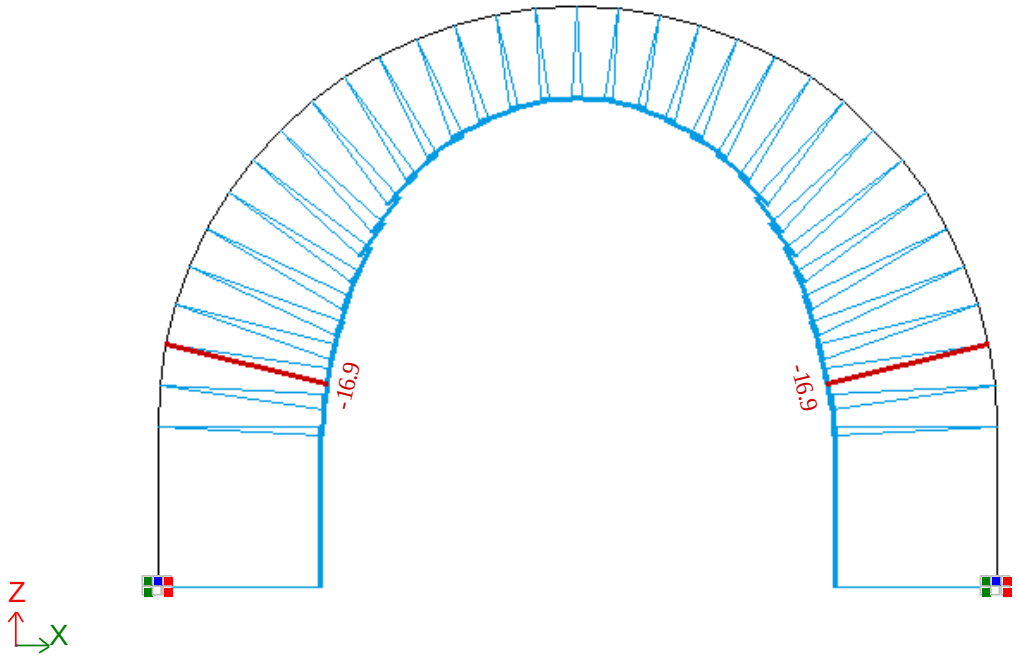
Загружение 1
Эпюры перемещений fy+fz
Единицы измерения - мм



Максимальное значение 26.7037

Рис. 3.20. – Мозаика перемещений по UY(G).

Загружение 1
Эпюра N
Единицы измерения - МН



Минимальное значение -16.874;

Рис. 3.21. – Эпюр N.

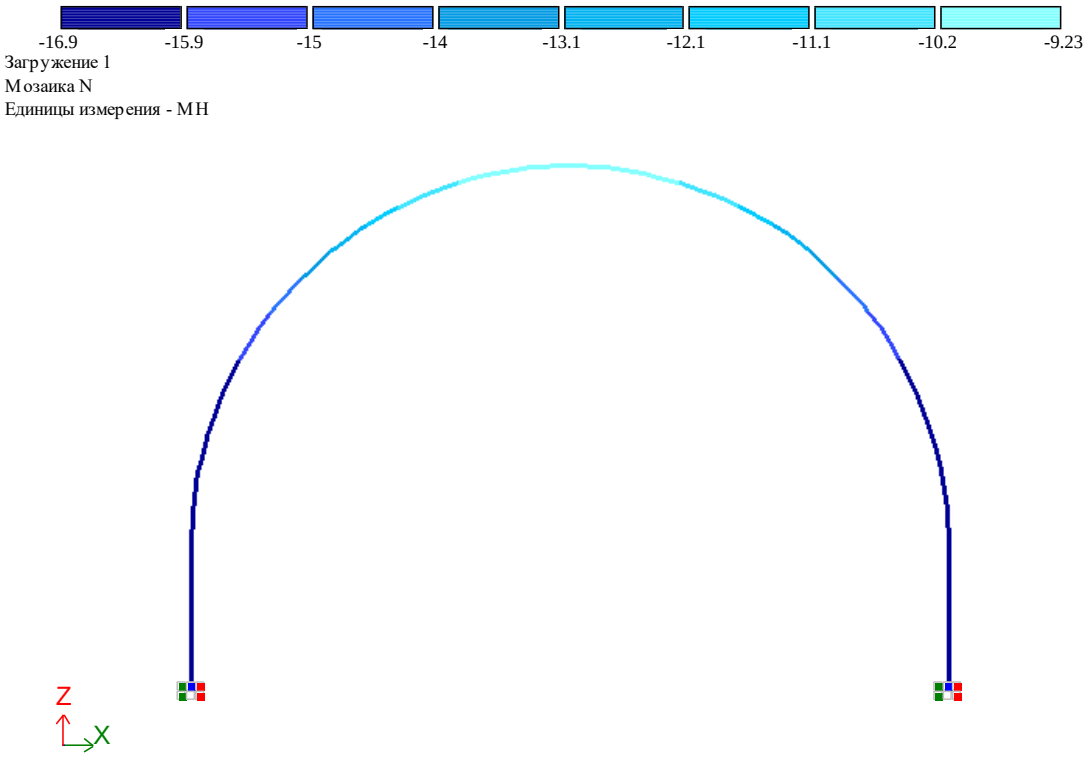


Рис. 3.22. – Мозаика N.

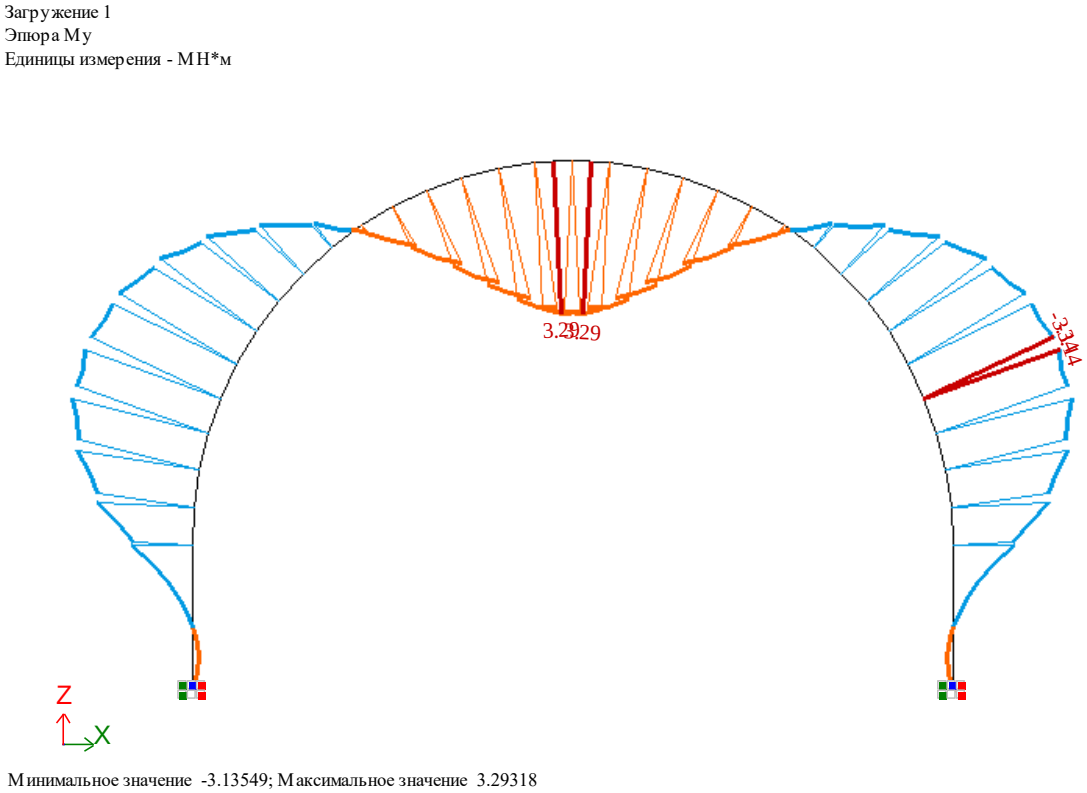


Рис. 3.23. – Эпюр M_y.

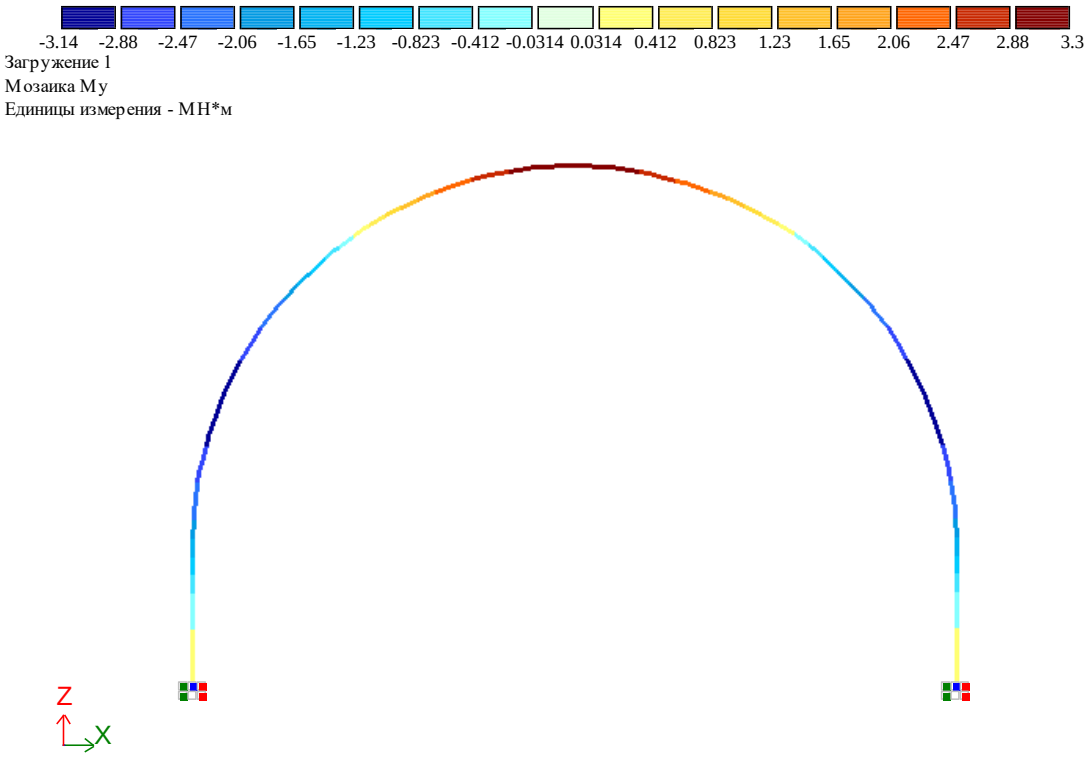


Рис. 3.24. – Мозаика M_y.

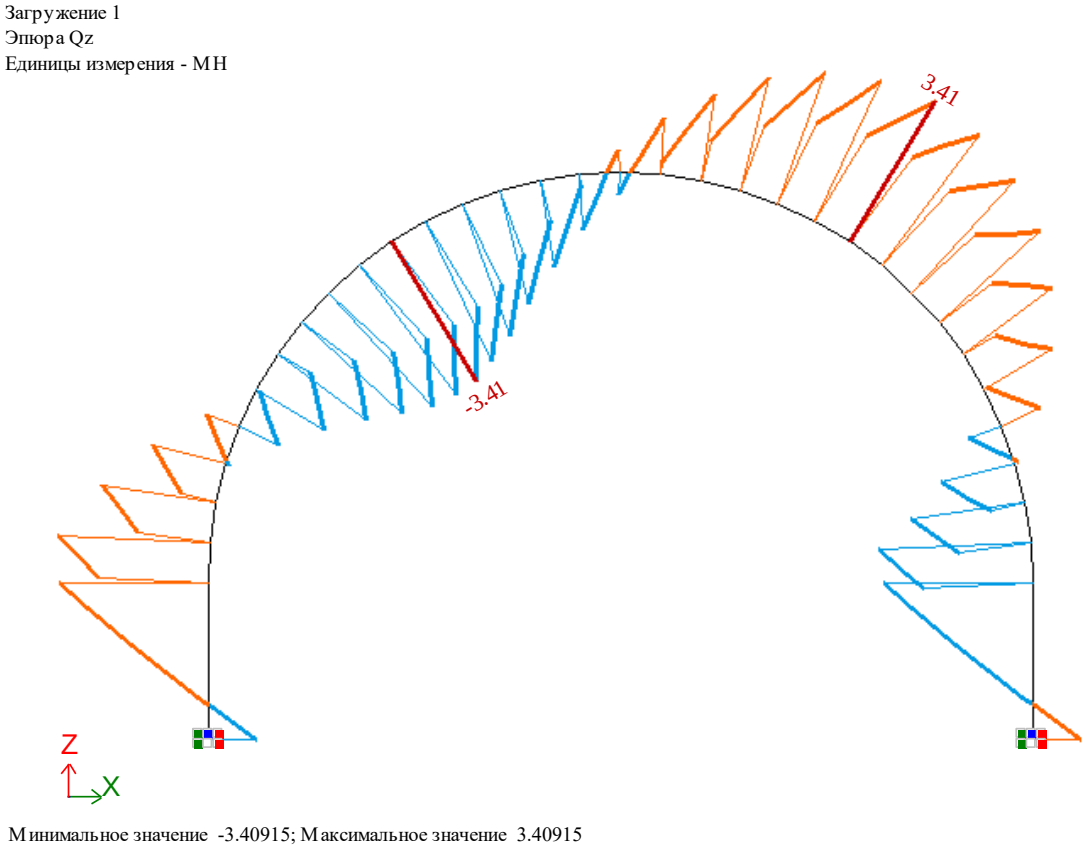


Рис. 3.25. – Эпюр Q_z.

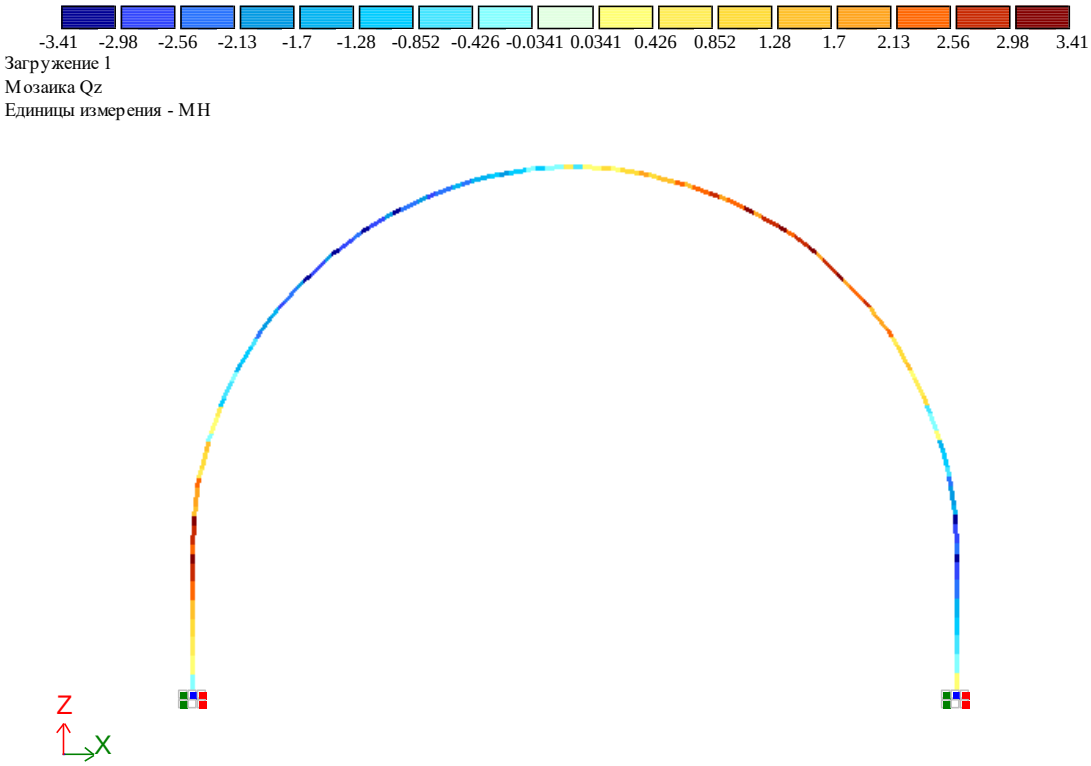


Рис. 3.26. – Мозаика Q_z.

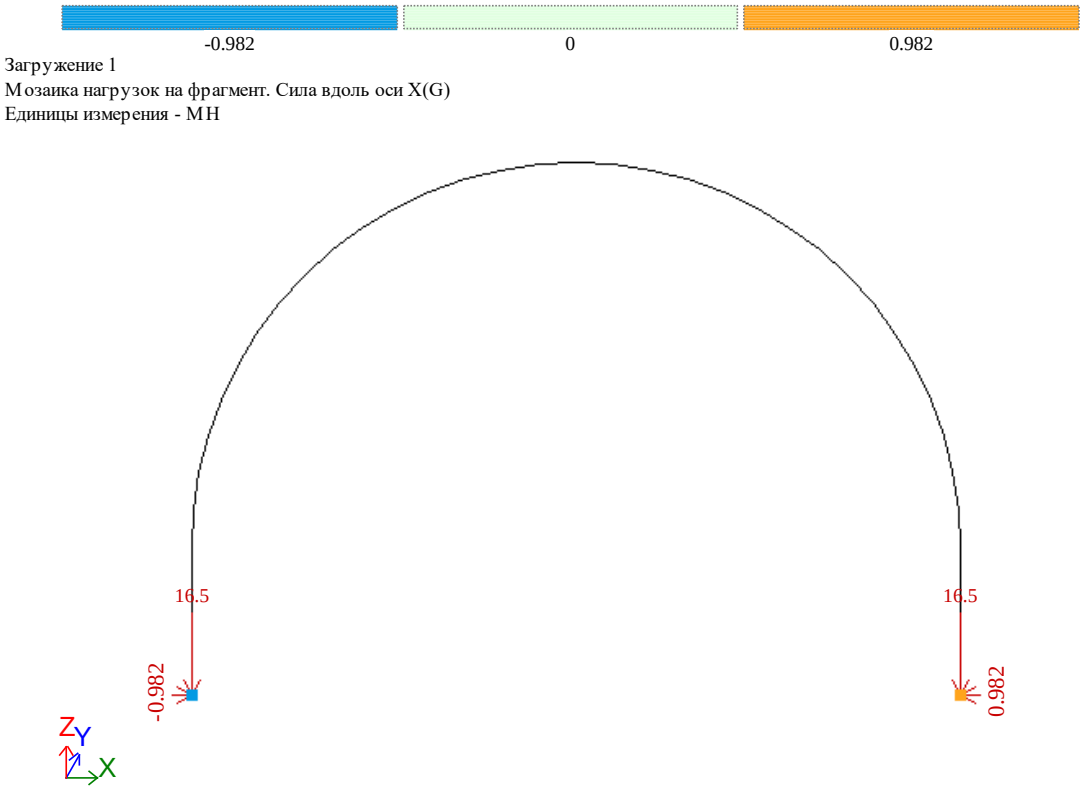


Рис. 3.27. – Мозаика нагрузок на фрагмент. Сила вдоль оси X(G).

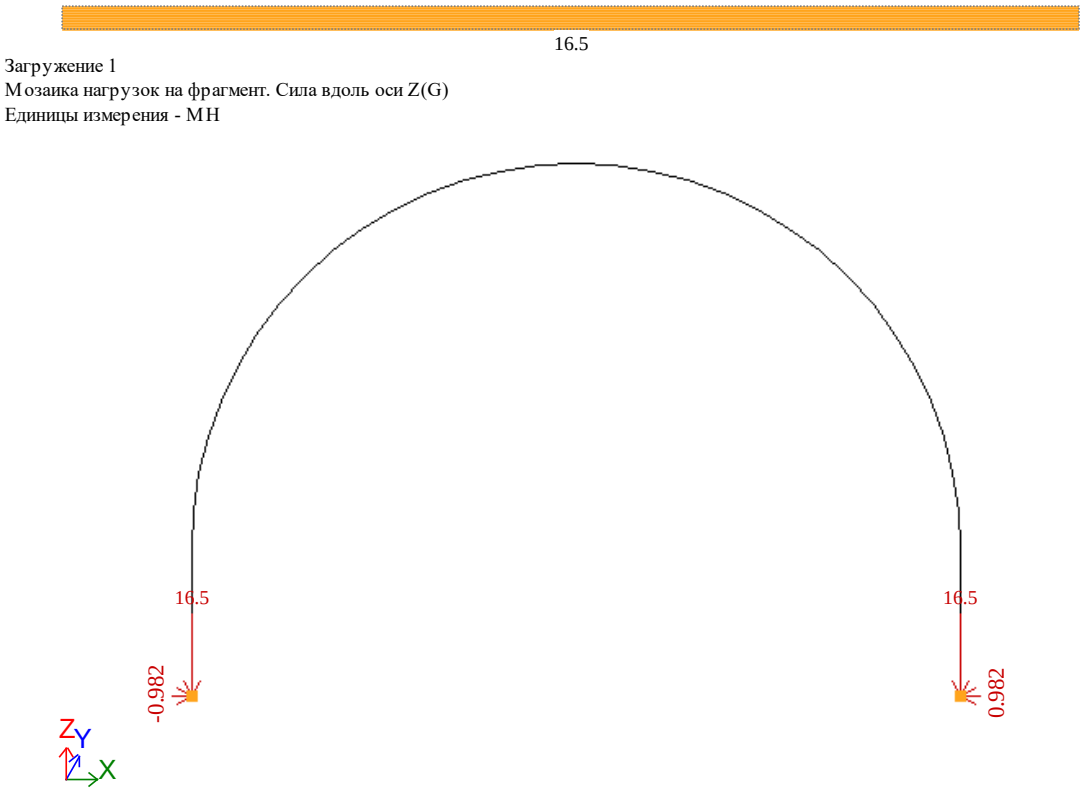


Рис. 3.28. – Мозаика нагрузок на фрагмент. Сила вдоль оси Z(G).

Таблица 3.5 – Усилия в стержнях

Загружение	**Тип**	**Элемент**	**Сечение**	***N*, МН**	***MY*, МН · м**	***QZ*, МН**
1	10	1	1	-16,63850	-1,312720	-2,291230
1	10	1	2	-16,60280	-2,120360	-3,184950
1	10	2	1	-16,83500	-2,120360	-1,542970
1	10	2	2	-16,72020	-2,700710	-2,389350
1	10	3	1	-16,87400	-2,700710	-0,738164
1	10	3	2	-16,67310	-3,039850	-1,556160
1	10	4	1	-16,74540	-3,039850	0,085058
1	10	4	2	-16,45600	-3,135480	-0,725981
1	10	5	1	-16,44790	-3,135480	0,890945
1	10	5	2	-16,07280	-2,996030	0,064139
1	10	6	1	-15,98910	-2,996030	1,638770
1	10	6	2	-15,53680	-2,641890	0,773721

Окончание табл. 3.5

Загружение	**Тип**	**Элемент**	**Сечение**	***N*, МН**	***MY*, МН · м**	***QZ*, МН**
1	10	7	1	-15,38610	-2,64189	2,293150
1	10	7	2	-14,87020	-2,103610	1,368910
1	10	8	1	-14,66440	-2,103610	2,819760
1	10	8	2	-14,10370	-1,421470	1,818570
1	10	9	1	-13,85760	-1,421470	3,192260
1	10	9	2	-13,27470	-0,642806	2,100680
1	10	10	1	-13,00490	-0,642806	3,391640
1	10	10	2	-12,42540	0,180218	2,201610
1	10	11	1	-12,14970	0,180218	3,409140
1	10	11	2	-11,60030	0,993712	2,118670
1	10	12	1	-11,33680	0,993712	3,245160
1	10	12	2	-10,84370	1,744880	1,858560
1	10	13	1	-10,60920	1,744880	2,912780
1	10	13	2	-10,19690	2,385640	1,440460
1	10	14	1	-10,00670	2,385640	2,432690
1	10	14	2	-9,69608	2,874830	0,890714
1	10	15	1	-9,56200	2,874830	1,837260
1	10	15	2	-9,36894	3,181500	0,246078
1	10	16	1	-9,29976	3,181500	1,162810
1	10	16	2	-9,23424	3,285870	-0,453782
1	10	34	1	-16,50600	0,000000	0,982269
1	10	34	2	-16,50600	-1,312720	-3,105120

Таблица 3.6 – Перемещения (на половину схемы)

Загрение	**Узел**	***X*, мм**	***Z*, мм**	***UY*, *RD* · 1000**
1	1	9,70710	-1,2655	7,5458
1	2	11,72500	-1,4929	5,9492

Окончание табл. 3.6

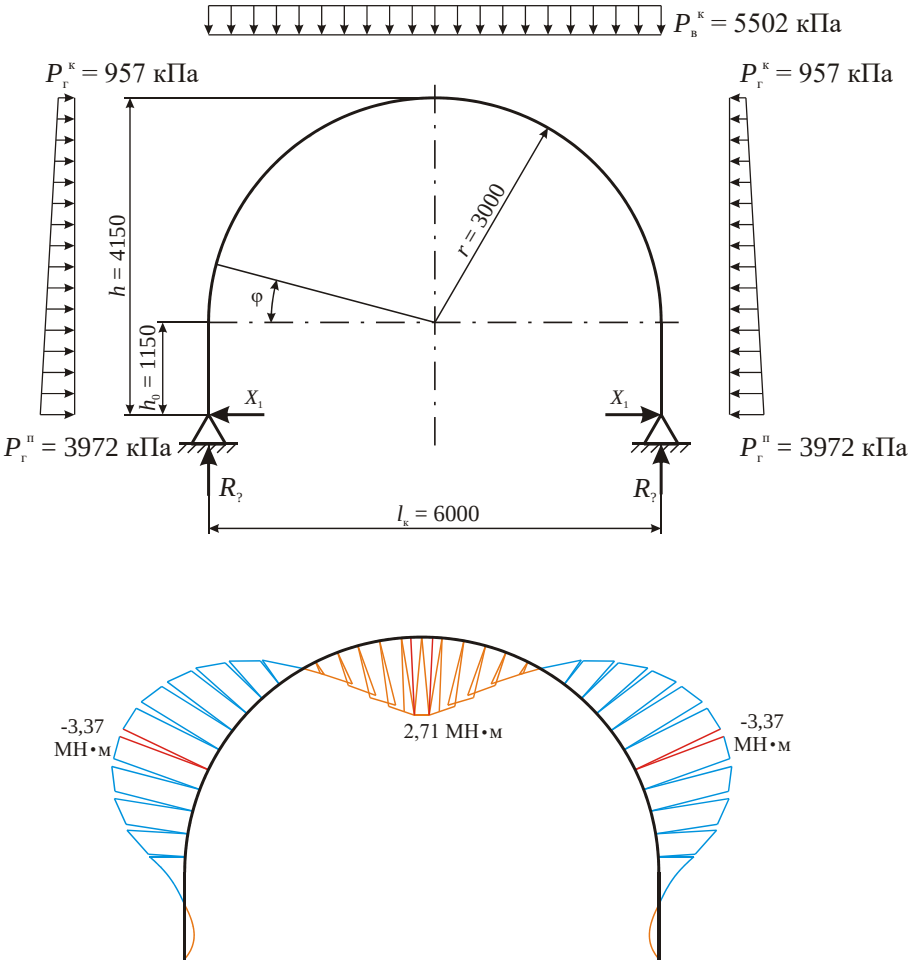
Загрение	**Узел**	***X*, мм**	***Z*, мм**	***UY, RD* · 1000**
1	3	13,19200	-1,6084	3,6977
1	4	13,95200	-1,7574	1,0124
1	5	13,94400	-2,1064	-1,8778
1	6	13,19600	-2,8133	-4,7471
1	7	11,81600	-4,0008	-7,3830
1	8	9,97600	-5,7358	-9,5971
1	9	7,88190	-8,0149	-11,2340
1	10	5,75230	-10,7610	-12,1810
1	11	3,78830	-13,8280	-12,3720
1	12	2,15010	-17,0140	-11,7890
1	13	0,93873	-20,0850	-10,4670
1	14	0,18605	-22,7950	-8,4873
1	15	-0,14639	-24,9180	-5,9737
1	16	-0,15925	-26,2710	-3,0839
1	34	0,00000	0,0000	8,5197

Таблица 3.7 – Нагрузка на фрагмент

Загружение	**Узел**	***RX*, МН**	***RZ*, МН**
1	34	0,982269	16,5060
1	35	-0,982269	16,5060

Аналогично рассчитаны остальные принятые к сравнению и анализу конструкции крепей, для которых составлены расчетные схемы и построены эпюр изгибающих моментов (см. рис. 3.29–3.31).

Расчеты показали максимальные изгибающие моменты: монолитной железобетонной крепи с жесткой арматурой в поперечном направлении – 3,29 МН · м (рис. 3.23), монолитной железобетонной крепи с внутренней гибкой арматурой – 3,37 МН · м (рис. 3.29), монолитной железобетонной крепи с



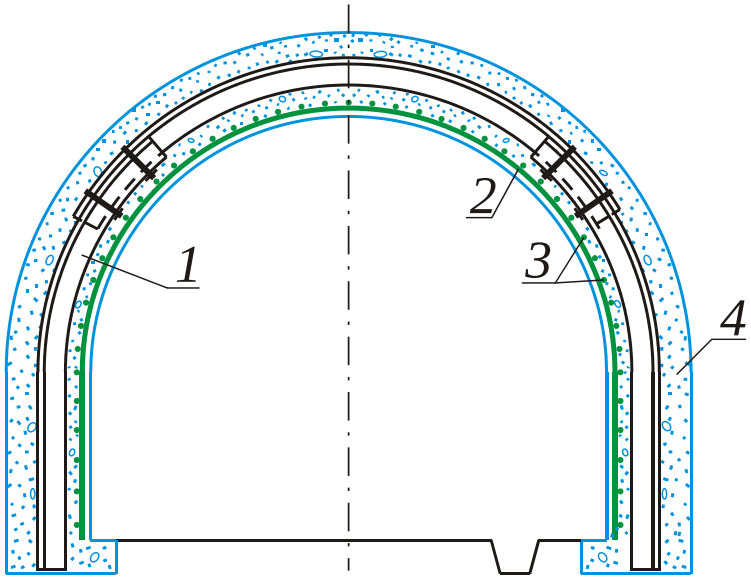
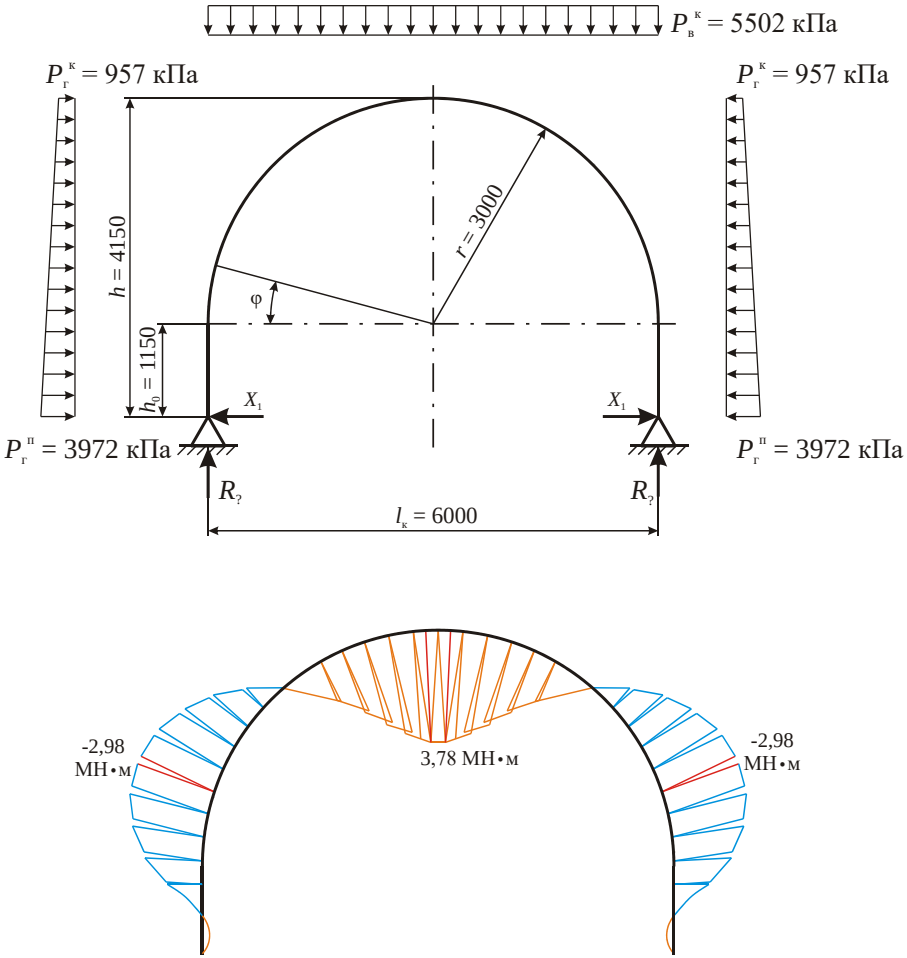


Рис. 3.29 – Расчетная схема и изгибающие моменты монолитной железобетонной крепи с внутренней гибкой арматурой.

1 – металлическая рама из СВП; 2 – рабочая арматура; 3 – распределительная арматура; 4 – монолитный бетон.



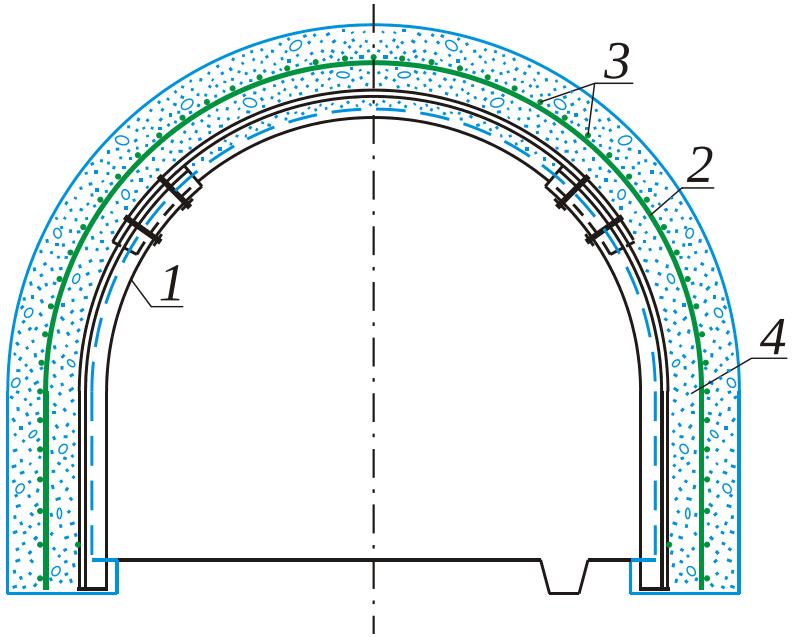
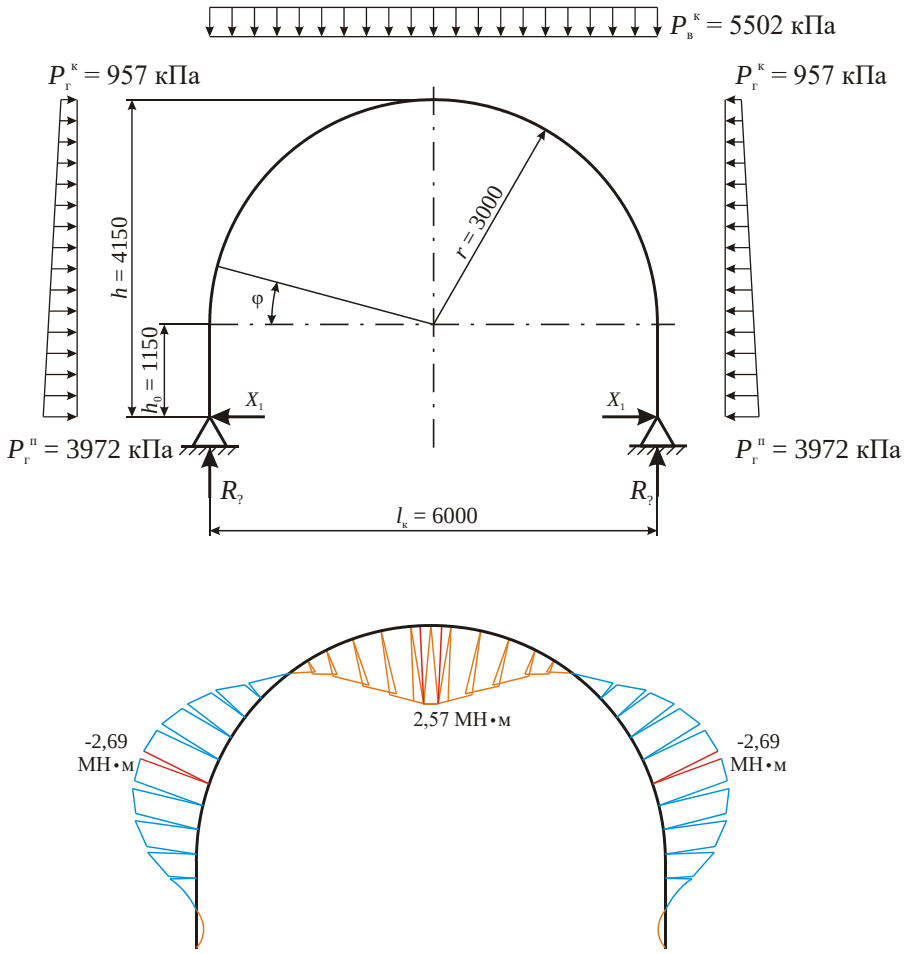


Рис. 3.30 – Расчетная схема и изгибающие моменты монолитной железобетонной крепи с вынесенным профилем СВП. 1 – металлическая рама из СВП; 2 – рабочая арматура; 3 – распределительная арматура; 4 – монолитный бетон.



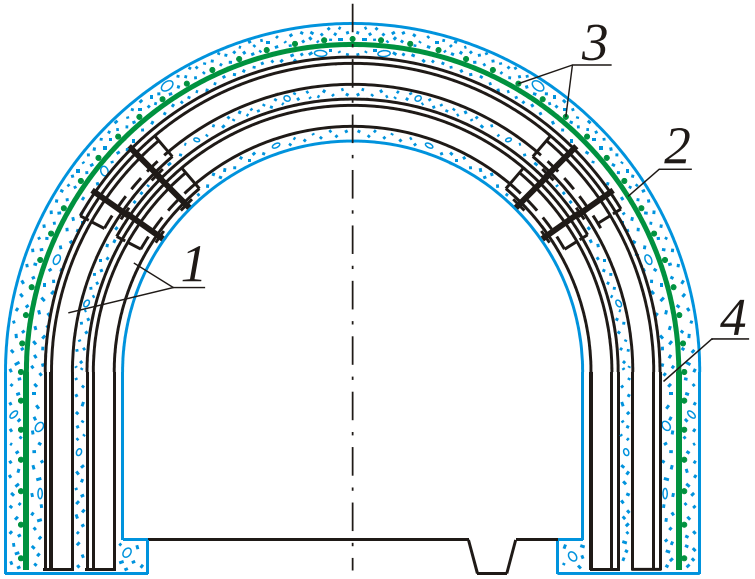


Рис. 3.31 – Расчетная схема и изгибающие моменты монолитной железобетонной крепи с двумя профилями СВП. 1 – металлическая рама из СВП; 2 – рабочая арматура; 3 – распределительная арматура; 4 – монолитный бетон.

вынесенным профилем СВП – 3,78 МН · м (рис. 3.30), для монолитной железобетонной крепи с двумя профилями СВП – 2,69 МН · м (рис. 3.31).

После определения внутренних усилий в элементах монолитных бетонных крепях выяснилось, что установленные на большом расстоянии друг от друга элементы металлической крепи в средней (вертикальной) части как армирующие элементы менее эффективны по сравнению с большим количеством стержней малого сечения в сетке и наружной поверхности крепи.

3.4 Металлическая арочная крепь с монолитным бетоном для устьев наклонных стволов

«Кафедрой строительства подземных сооружений и шахт разработана новая ***конструкция металлической арочной крепи с монолитным бетоном для устьев наклонных стволов,*** на которую получен патент на полезную модель [55, 59]».

«Установленные на большом расстоянии друг от друга элементы металлической крепи в средней (вертикальной) части как армирующие элементы менее эффективны по сравнению с большим количеством стержней малого сечения в сетке и наружной поверхности крепи [13, 22, 23, 58, 74, 88]».

Крепь горной выработки (рис. 3.32) состоит из металлической арочной крепи из спецпрофиля с узлами сопряжения между стойками *2* и верхняком *3*, расположенными соответственно у внутренней поверхности вертикальной части и у наружной поверхности верхней криволинейной части бетонной крепи *4*.

«Дополнительные армирующие Дополнительные армирующие сетки *5* и *6*, не связанные между собой, установлены соответственно у внутренней поверхности криволинейной части и у наружной поверхности вертикальной части бетонной крепи *4* в растянутой зоне согласно эпюр изгибающих моментов *5* (см. рис. 3.32, *в*) [12, 13, 55, 87]».

Крепь устанавливается следующим образом. В выработке с некоторым зазором от бортов и вплотную к верхней точке устанавливают рамы металлической арочной крепи с узлами сопряжения *2* между стойками *3* и верхняком *4* и

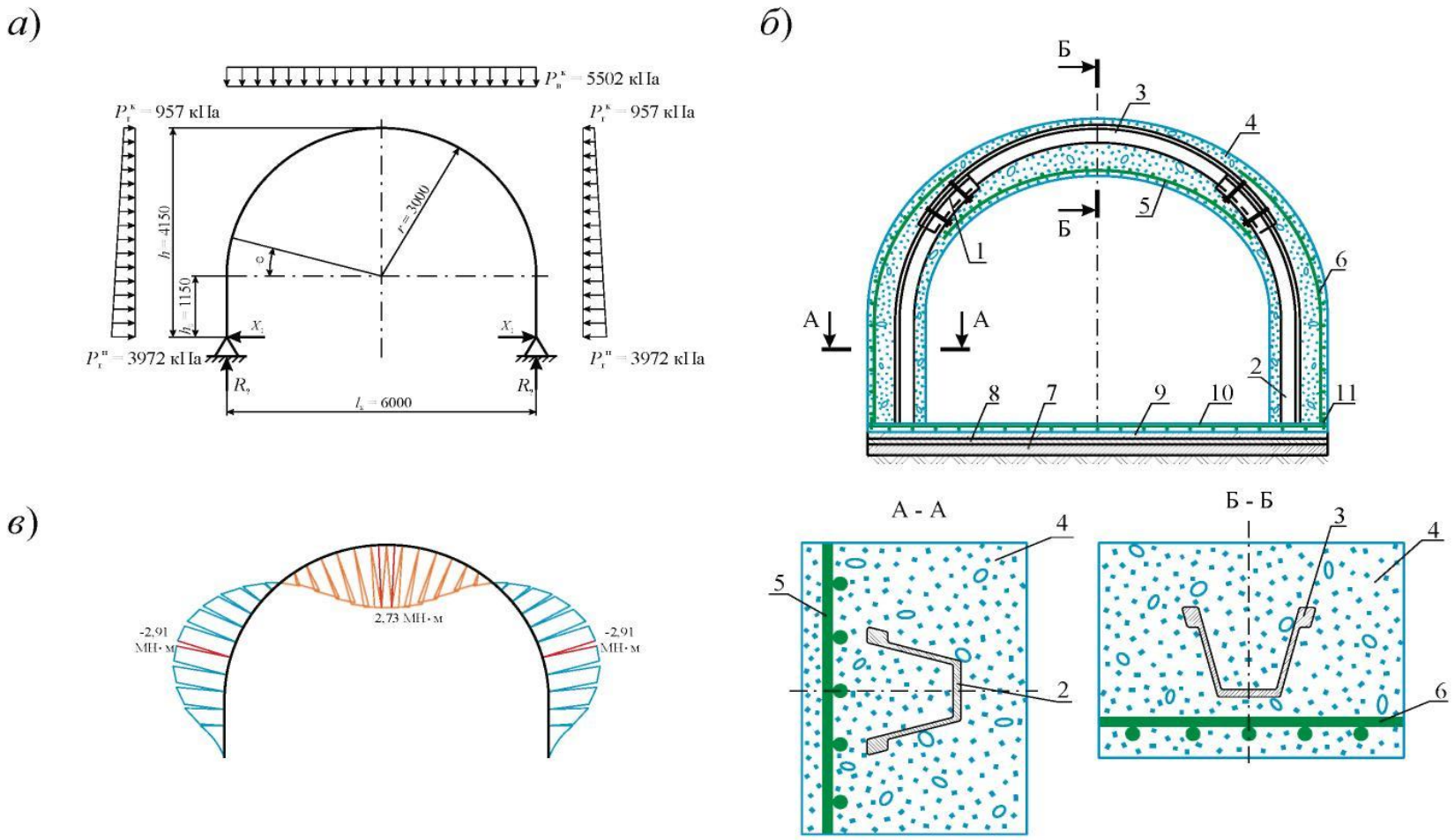


Рис. 3.32 – Металлическая арочная крепь с монолитным бетоном.

а) – расчетная схема крепи; б) – конструкция крепи; в) – эпюр изгибающих моментов; 1 – узел сопряжения; 2 – стойки; 3 – верхняк; 4 – монолитный бетон; 5 – нижняя арматурная сетка; 6 – верхняя арматурная сетка; 7 – слой бутового камня; 8 – расклинцовывание; 9 – слой «тощего бетона»; 10 – железобетонный пол; 11 – арматурные выпуски.

закрепляют на них сетчатую затяжку *1*.

Затем на некотором расстоянии от забоя на рамах арочной крепи устанавливают дополнительные армирующие сетки *6* у бортов выработки и подвешивают дополнительную армирующую сетку *5* под верхняком *3*.

При этом верхние концы сеток *6* располагаются выше нижних концов сеток *5* (практически выше и ниже узлов сопряжений *1*).

Опалубку (на чертеже не показана) для возведения бетонной крепи *4* устанавливают таким образом, что ее поверхность располагается на незначительном расстоянии от стоек *2* и подвесной сетки *5*.

В соответствии с эпюром напряжений в крепи горной выработки максимальные изгибающие моменты $M_и$ возникают в середине вертикальных и криволинейных верхних частях крепи с нулевыми значениями в зоне между концами армирующих сеток *5* и *6* и узлов *1* сопряжений элементов *2* и *3* арочной металлической крепи, причем максимальные растягивающие напряжения возникают только в армирующих сетках *5* и *6*, что позволяет уменьшить размер спецпрофиля и количество рам крепи (см. рис. 3.32).

3.5 Экономический эффект при применении металлической арочной крепи с монолитным бетоном

Расчет экономического эффекта от сокращения трудоемкости возведения железобетонных крепей и разработанной металлической арочной крепи с монолитным бетоном, а также стоимости материалов крепей и основной заработной платы проходчиков определен сравнением нескольких конструкций крепей, применяемых для крепления устьев наклонных стволов, для одних и тех же горно-геологических условий. Сравнение параметров трудоемкости возведения крепей [32] для устьев наклонных стволов представлено на рис. 3.18 и прил. А, табл. 1).

Основная заработная плата проходчиков V разряда при возведении сравниваемых крепей для устьев наклонных стволов представлена на рис. 3.33.

Стоимость материалов при возведении сравниваемых крепей для устьев

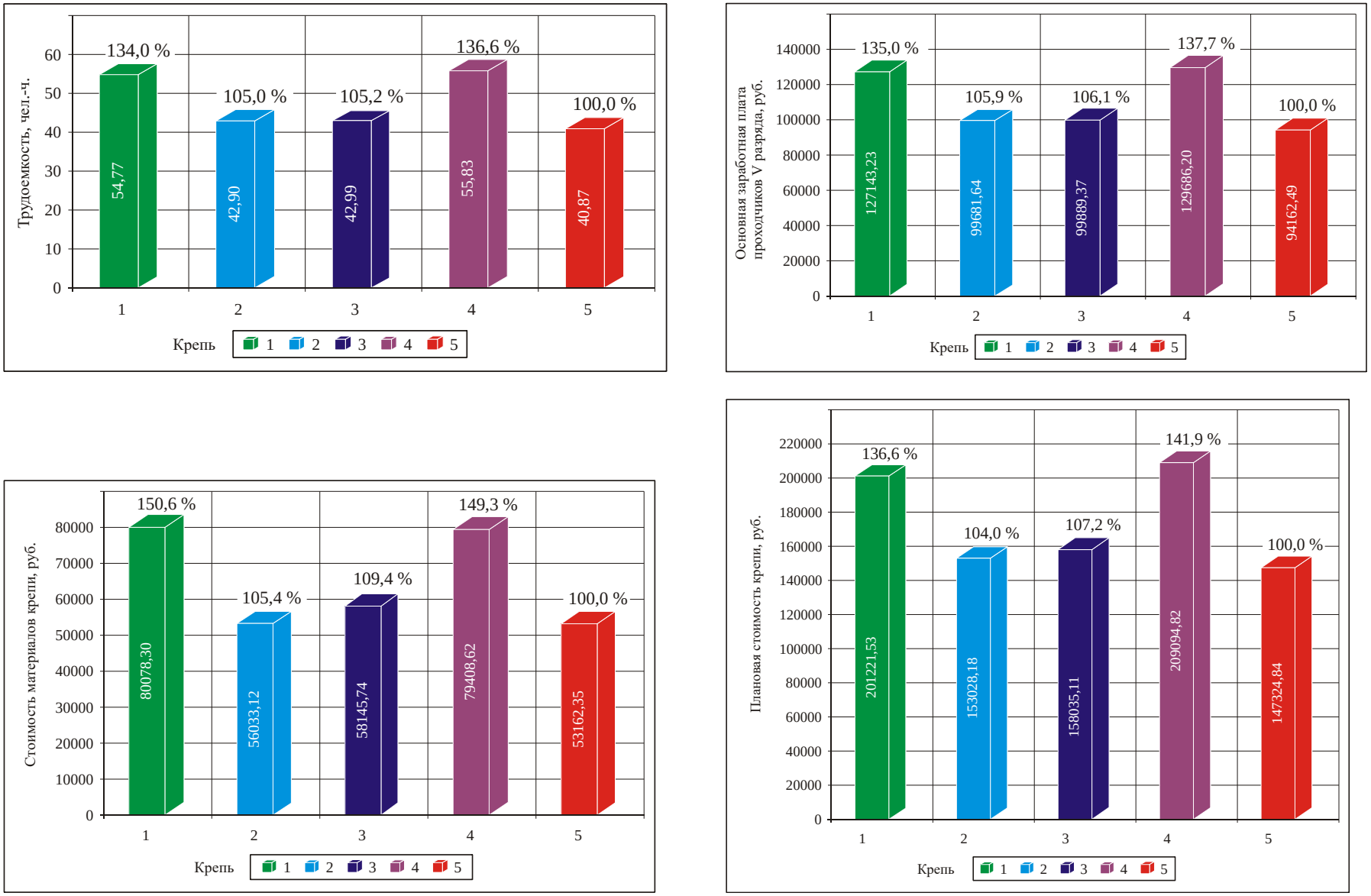


Рис. 3.33. – Экономический эффект при возведении сравниваемых крепей устьев наклонных стволов.

наклонных стволов представлена на рис. 3.33; прил. А, табл. 2 [78, 79, 80].

Плановая стоимость при возведении сравниваемых крепей устья наклонного ствола представлена на рис. 3.33; прил. А, табл. 1.

Сравнение параметров трудоемкости возведения сравниваемых крепей устьев наклонных стволов показывает уменьшение количества человеко-часов от 5,0 до 36,6 %. При расчете основной заработной платы проходчиков V разряда экономия составила от 5,9 до 37,7 %. График стоимости материалов при возведении сравниваемых крепей устьев наклонных стволов показывает уменьшение затрат от 2,2 до 50,6 %. Сравнение плановой стоимости при возведении крепей устьев наклонных стволов позволяет сэкономить от 4,0 до 41,9 % денежных средств.

Выводы по главе 3

1 На основании результатов испытаний металлических рамных крепей в жестком режиме установлено, что уменьшение несущей способности от 9,5 до 21,4 %, при прочих равных условиях, происходит с увеличением площади поперечного сечения, при этом удельная масса претерпевает незначительные изменения в большую (на 10,5 %) или в меньшую (на 22,1 %) сторону, а прогиб верхняка увеличивается с возрастанием площади поперечного сечения крепи от 10,1 до 34,7 %.

2 В ходе лабораторных исследований металлических рамных крепей в жестком режиме установлено, что с изменением прямолинейных стоек на криволинейные стойки, несущая способность всей рамы увеличивается от 6,8–19,1 % при прочих равных условиях.

3 В результате разработана металлическая арочная крепь с монолитным бетоном (патент на полезную модель 59726) в соответствии с эпюром напряжений в крепи горной выработки, где максимальные изгибающие моменты возникают в середине вертикальных и криволинейных верхних частях крепи, а нулевые значения – в зоне между концами армирующих сеток и узлов сопряжений элементов арочной металлической крепи, причем максимальные рас-

тягивающие напряжения возникают только в армирующих сетках, что позволяет уменьшить размер спецпрофиля и количество рам крепи.

4 Разработанная металлическая арочная крепь с монолитным бетоном состоящая из металлической рамы из спецпрофиля СВП (СВПУ) и гибкой арматурой периодического профиля обеспечивает снижение материалоемкости в размере до 50,6 %.

На основании полученных результатов сформировано второе научное положение:

- ✓ размещение арматурной сетки в зонах растягивающих напряжений, как со стороны кровли, так и со стороны боков при обеспечении необходимой несущей способности металлической арочной крепи с монолитным бетоном для устьев наклонных стволов позволяет снизить ее металлоемкость до 50,6 %.

ГЛАВА IV. ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ АРОЧНОЙ КРЕПИ С МОНОЛИТНЫМ БЕТОНОМ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ УСТЬЕВ НАКЛОННЫХ СТВОЛОВ

4.1 Технология возведения металлической арочной крепи с монолитным бетоном

Технология возведения металлической арочной крепи с монолитным бетоном устья наклонной горной выработки включает следующие операции [13, 25, 44, 55, 56, 60, 61, 62, 71]:

– отрывку котлована;

– устройство днища котлована;

– установка металлической рамы (КМП-А3, КМП-А3У) из профиля СВП (СВПУ);

– укладка арматурного каркаса из гибкой арматуры: в кровле – ниже рамы, в боках – снаружи от рам металлической крепи;

– монтаж секций инвентарной опалубки (внутренней и внешней);

– нагнетание бетонной смеси за опалубку;

– уход за бетоном;

– демонтаж секций инвентарной опалубки (внутренней и внешней);

– устройство гидроизоляции;

– обратная засыпка котлована с послойным уплотнением.

Проведенный анализ передовых технологических сооружений с помощью инвентарных опалубок показал следующую последовательность:

– бетонирование пола отдельными заходками с опережением на 2–3-е суток от бетонирования стен;

– монтаж арматурного каркаса стен, устройство опалубки и бетонирование стен с опережением на 2–3-е суток от бетонирования криволинейного перекрытия;

– монтаж арматурного каркаса криволинейного перекрытия, устройство опалубки и бетонирование перекрытия [72, 75].

Подобным способом строятся вертикальные и горизонтальные сооружения различного назначения, но подобная технология при строительстве наклонных выработок не применялась. Следовательно, при строительстве устьев наклонных стволов открытым способом используем мировой технологический опыт, с внесением в технологию некоторых особенностей строительства устьев наклонных стволов.

Для предотвращения пучения почвы устья наклонного ствола производится выемка грунта ниже уровня «чистого пола» на 300–500 мм. Полученное пространство заполняется бутовым камнем *1* (рис. 4.1), после чего производится раскинцовывание *2* (щебень фракцией 20–40 мм) – данная конструкция будет называться «нижнем строением пола» устья наклонного ствола, выполняющая функции амортизирующей подушки между пучинистым грунтом и полом. На расклинцованное основание *2* укладывается слой «тощего бетона» *3* предотвращающий вытекание цементного молочка из набирающей прочность железобетонной конструкции пола. На данное основание укладывается арматурный каркас с арматурными выпусками *5* для дальнейшего присоединения арматурного каркаса стен и выполняется бетонирование пола *4* устья наклонного ствола.

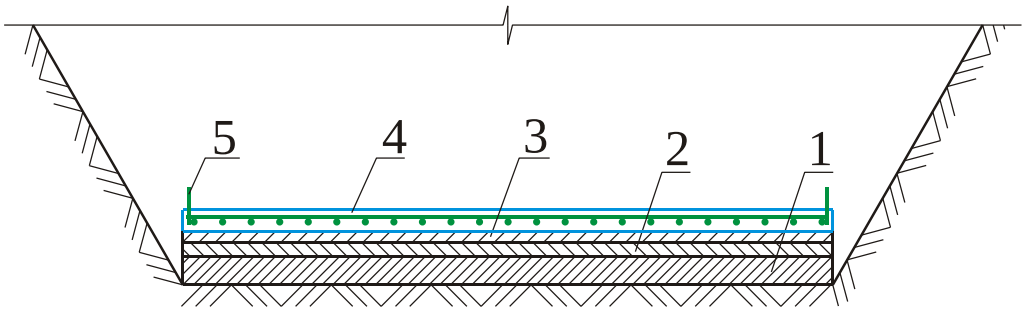


Рис. 4.1 – Конструкция железобетонного пола устья наклонного ствола.
1 – слой бутового камня; 2 – расклинцовывание; 3 – слой «тощего бетона»;
4 – железобетонный пол; 5 – арматурные выпуски.

После набора необходимой прочности бетона (двое суток) устанавливается металлическая рама из спецпрофиля СВП (СВПУ), которая выполняет две функции: во время бетонирования служит каркасом для поддержания опалубки, а основная функция – являться одним из основных несущих элементов крепи. Шаг установки металлических рам и номер спецпрофиля СВП (СВПУ) принимается в зависимости от ожидаемой нагрузки на основании расчетов.

В зонах, испытывающих растягивающие напряжения, арматурные каркасы из гибкой арматуры устанавливаются в боках – снаружи от металлической рамы из спецпрофиля СВП (СВПУ); в кровли – внутри от металлической рамы из спецпрофиля СВП (СВПУ). Диаметр гибкой арматуры и шаг арматурной сетки принимается на основании расчетов.

Согласно расчетной схеме защитный слой бетона должен составлять не менее 30–40 мм. Для достижения данного параметра и для сохранения проектного положения арматурного каркаса из гибкой арматуры перед возведением опалубки на арматуру устанавливаются фиксаторы. Разработанная конструкция металлической арочной крепи с монолитным бетоном имеет криволинейную часть (кровля) и прямолинейную часть (бока). Для достижения вышеуказанных параметров в кровли применяются фиксаторы типа «Стойка» («Перевертыш») (рис. 4.2, *а*), а со стороны боков фиксаторы типа «Звездочка» («ФЗ») (рис. 4.2, *б*).

а *б*

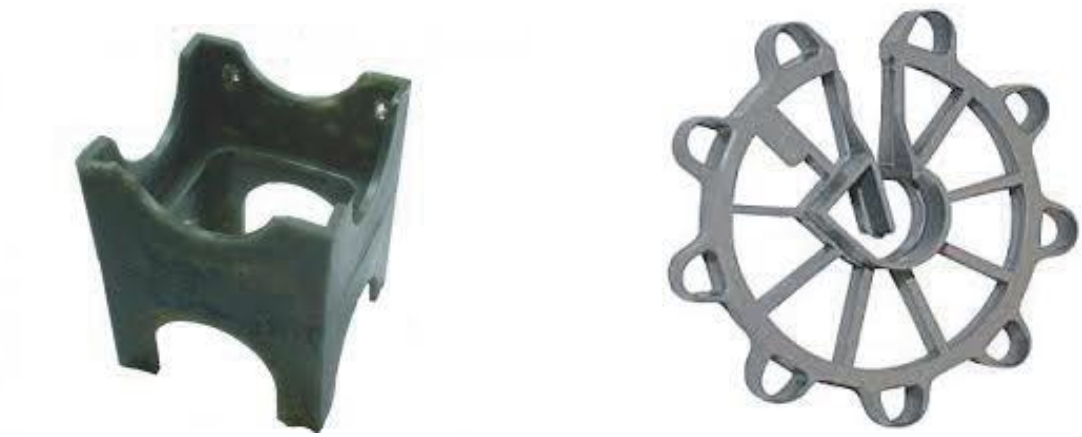


Рис. 4.2 – Фиксаторы для арматурного каркаса из гибкой арматуры.
фиксатор: а) – типа «Стойка» («Перевертыш»); б) – типа «Звездочка» («ФЗ»).

После бетонирования пола и монтажа металлических рам и арматурного каркаса стен крепи приступают к установке унифицированных щитов стеновой опалубки *1* (наружной и внутренней) с размером в плане 1800×1200 мм (рис. 4.3). Для установки внутренних щитов в проектное положение используют шпризы *6*. Для установки наружных унифицированных щитов стеновой опалубки в проектное положение применяют соединительные анкеры *2*, которые позволяют регулировать толщину крепи от 300 до 500 мм.

Опалубка криволинейного перекрытия состоит из трех частей: левой, правой и центральной.

К монтажу опалубки криволинейного перекрытия приступают после установки арматурного каркаса. Монтаж опалубки осуществляется симметрично: сначала левая и правая части; затем – центральная (см. рис. 4.3). В первую очередь устанавливаются внутренние криволинейные кружала опалубки, которые поддерживаются в проектном положении опалубочным брусом *8*, укладываемый на короны *9* телескопических стоек *7*. Каждое кружало поддерживается двумя телескопическими стойками *7*.

На кружала с помощью монтажных гвоздей набираются ламинированные листы фанеры *5*, имеющие размеры в плане 700×300 мм и толщину 20 мм. Во вторую очередь монтируются наружные криволинейные кружала *3*, к которым с внутренней стороны по мере укладки бетонной смеси за опалубку с помощью монтажных гвоздей набирают ламинированные листы фанеры *5*. Для сохранения геометрических размеров криволинейного перекрытия крепи в опалубке устанавливают соединительные анкеры *2*.

Геометрические размеры опалубки:

– унифицированные щиты стеновой опалубки *1* имеет размеры в плане 1800×1200 мм и 1800×300 мм с ребрами жесткости (рис. 4.4), толщина ламинированных листов фанеры *5* составляет 20 мм, скреплены в четырех местах соединительными анкерами *2*;

– шпризы *6*, поддерживающие проектное положение унифицированных щитов стеновой опалубки *1* устанавливаются на расстоянии 1200 мм по длине

устья наклонного ствола, закрепленные в бетонном полу с помощью специальных монтажных анкеров;

– внутренние *4* и наружные *3* криволинейные кружала опалубки устанавливаются по длине устья на расстоянии 700 мм друг от друга, на которые набираются ламинированные листы фанеры *5*;

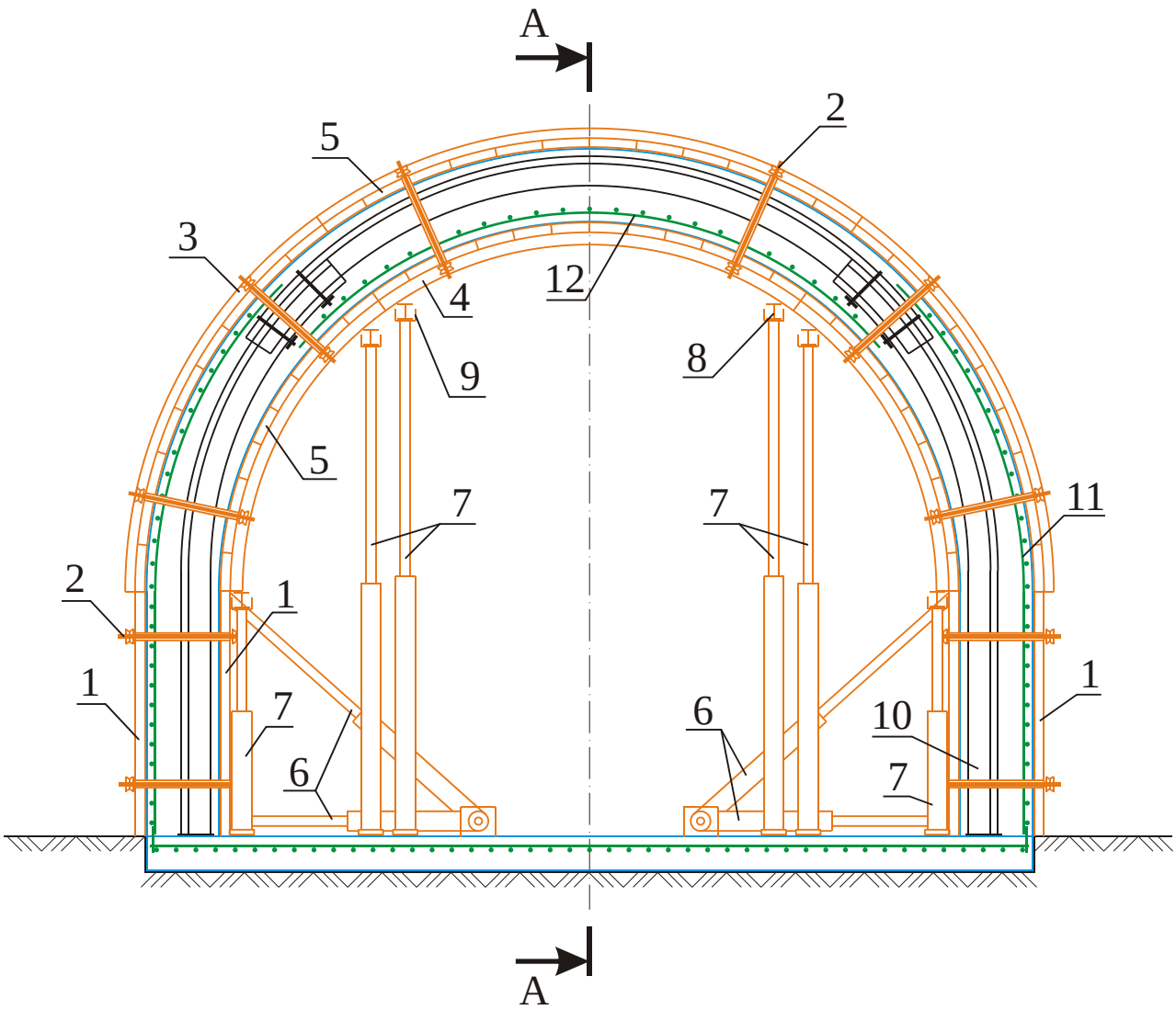


Рис. 4.3 – Схема инвентарной опалубки.

1 – унифицированный щит стеновой опалубки; 2 – соединительный анкер; 3 – наружное криволинейное кружало; 4 – внутреннее криволинейное кружало; 5 – ламинированный лист фанеры; 6 – шприза; 7 – телескопическая стойка; 8 – брус опалубочный; 9 – корона поддерживающая опалубочный брус; 10 – рама из спецпрофиля СВП (СВПУ); 11 – арматурный каркас из гибкой арматуры в боках; 12 – арматурный каркас из гибкой арматуры в кровли.

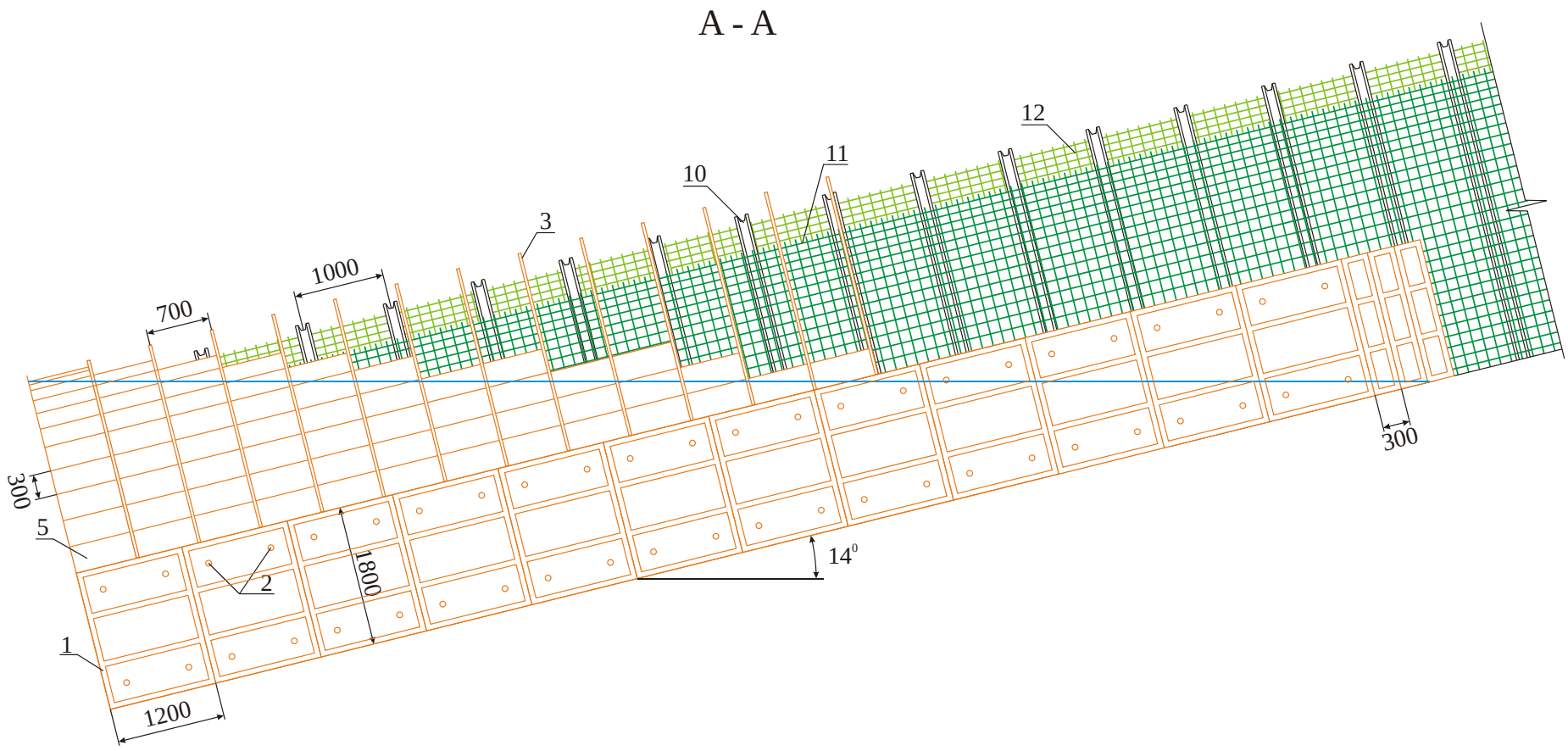


Рис. 4.4 – Продольный разрез схемы инвентарной опалубки.

1 – унифицированный щит стеновой опалубки; 2 – соединительный анкер; 3 – наружное криволинейное кружало; 4 – внутреннее криволинейное кружало; 5 – ламинированный лист фанеры; 10 – рама из спецпрофиля СВП (СВПУ); 11 – арматурный каркас из гибкой арматуры в боках; 12 – арматурный каркас из гибкой арматуры в кровли.

– телескопические стойки *7* поддерживающие внутренние криволинейные кружала *4* монтируются на расстоянии 700 мм друг от друга, устанавливаются на подушки, выполненные из деревянных досок толщиной 40–50 мм. Деревянные подушки предназначены для перераспределения нагрузки передаваемой телескопическими стойками *7* на конструкцию железобетонного пола от внутренних криволинейных кружал *4*, а также для быстрого демонтажа телескопических стоек *7* по средствам выбивания подушки из-под стойки.

Так как, бетонная смесь принимает горизонтальное положение, она будет играть немаловажную роль в технологических особенностях строительства устьев наклонных стволов:

– устье наклонного ствола имеет угол наклона к горизонту, в среднем, 14º–18º – при установке рам из спецпрофиля СВП (СВПУ) *10* раму необходимо установить с отклонением от нормали в противоположную сторону действия нагрузки на 150–200 мм [38, 51, 70, 71];

– монтаж опалубки стен и криволинейного перекрытия производится в первую смену с таким расчетом, чтобы заопалубочное пространство могло вместить 20–25 м^2 бетонная смесь во вторую смену работы бригады;

– строительство устья наклонного ствола производится при отрицательных температурах в зимний период времени – исключается необходимость борьбы с водопритоком.

4.2 Технологическая последовательность строительства устья наклонного ствола

Строительство устья наклонного ствола рекомендуется начинать в осенне-зимний период. С установлением первых отрицательных температур приступают к отрывке котлована. На этом этапе объем вынимаемого грунта сокращается примерно на 50–60 % по сравнению с летним периодом, так как нет необходимости или вынимать дополнительный грунт из-за угла естественного откоса пород, или установки шпунтового ограждения для поддержания откосов от обрушения (рис. 4.5). При отрывке котлована необходимо предусмотреть или

одну, или две технологические дороги шириной 6 м для доставки материалов, временной стоянки автотехники [3, 65].

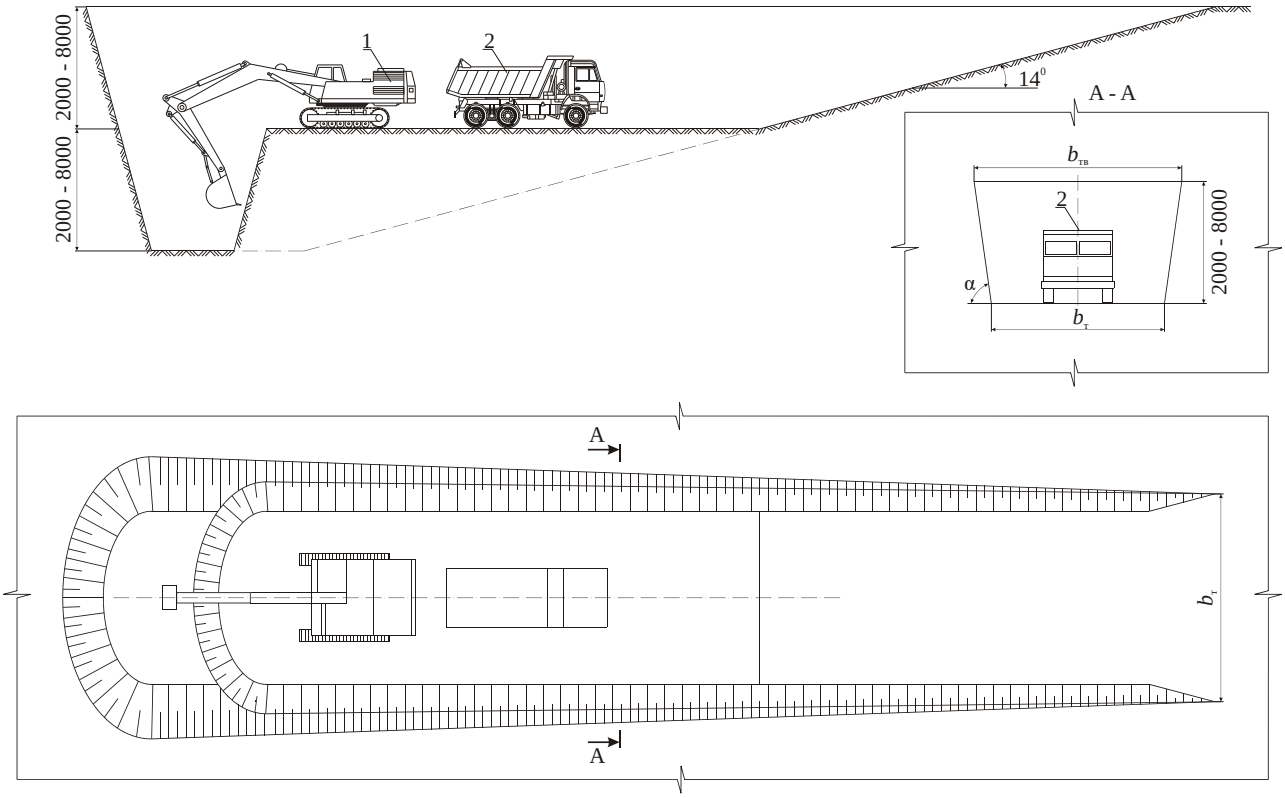


Рис. 4.5 – Отрывка котлована. 1 – экскаватор; 2 – самосвал.

Глубина промерзания грунта определяется расчетом. Высота вынимаемого слоя грунта зависит от времени выемки каждого слоя и температуры окружающей среды [71]. Глубину промерзания грунта необходимо определять по номограмме представленной на рис. 4.6.

Устройство металлической рамы из спецпрофиля СВП (СВПУ) производится автокраном установленного на специально оборудованных стоянках технологической дороги (рис. 4.7). С некоторым отставанием (на одну-две рамы) производится устройство гибкой арматуры [65].

Устройство секций опалубки осуществляется с помощью автокрана установленного на специально оборудованных стоянках технологической дороги (рис. 4.8). По мере установки секций опалубки производится укладка бетонной смеси заходками [65].

Бетонная смесь подается за опалубку с помощью автобетононасоса (штеттера), который может размещаться в местах стоянки крана предусмотренных

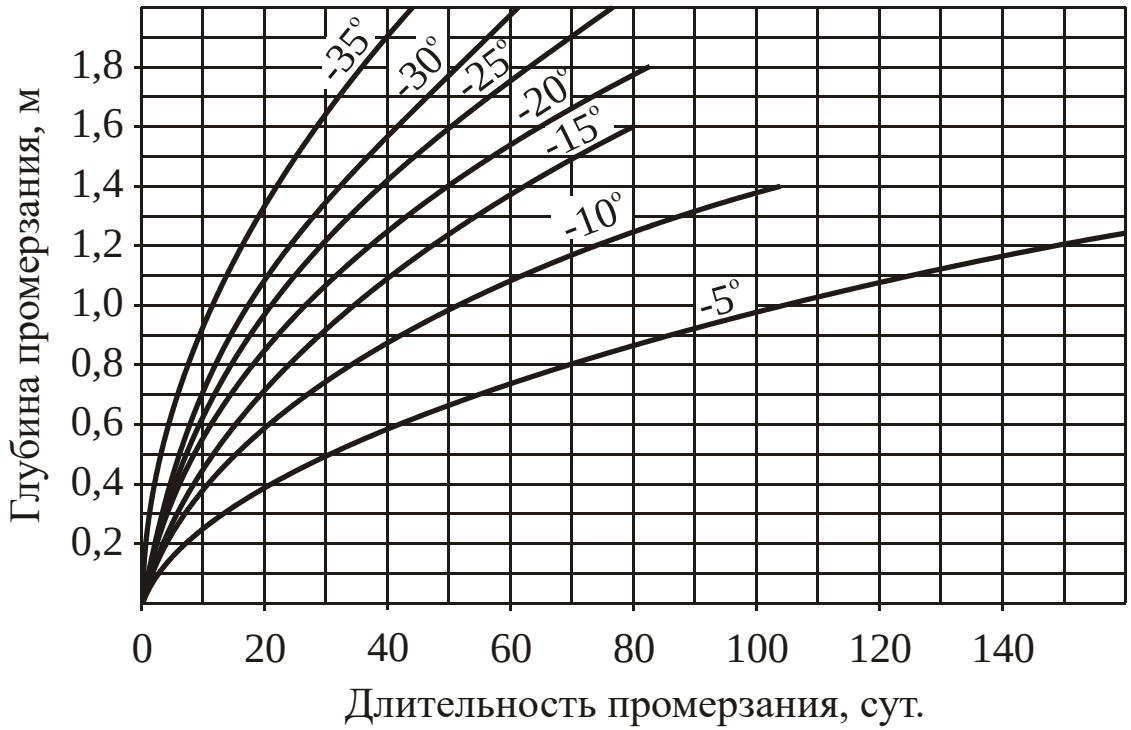


Рис. 4.6 – Номограмма определения глубины промерзания грунта от температуры окружающего воздуха.

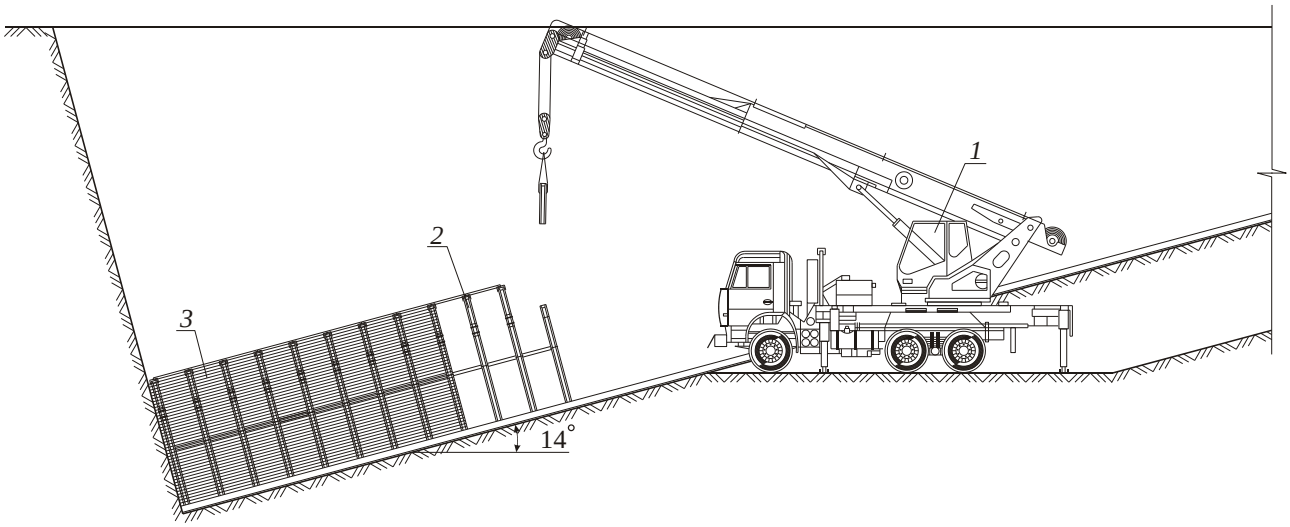


Рис. 4.7 – Устройство арматурного каркаса:
1 – автокран; 2 – рама из спецпрофиля СВП (СВПУ); 3 – арматурный каркас из гибкой арматуры.

на технологической дороге слева или справа от конструкции крепи (рис. 4.9). В этом случае дальность подачи бетонной смеси штеттером увеличивается, и, как следствие, снижается стоимость бетонных работ.

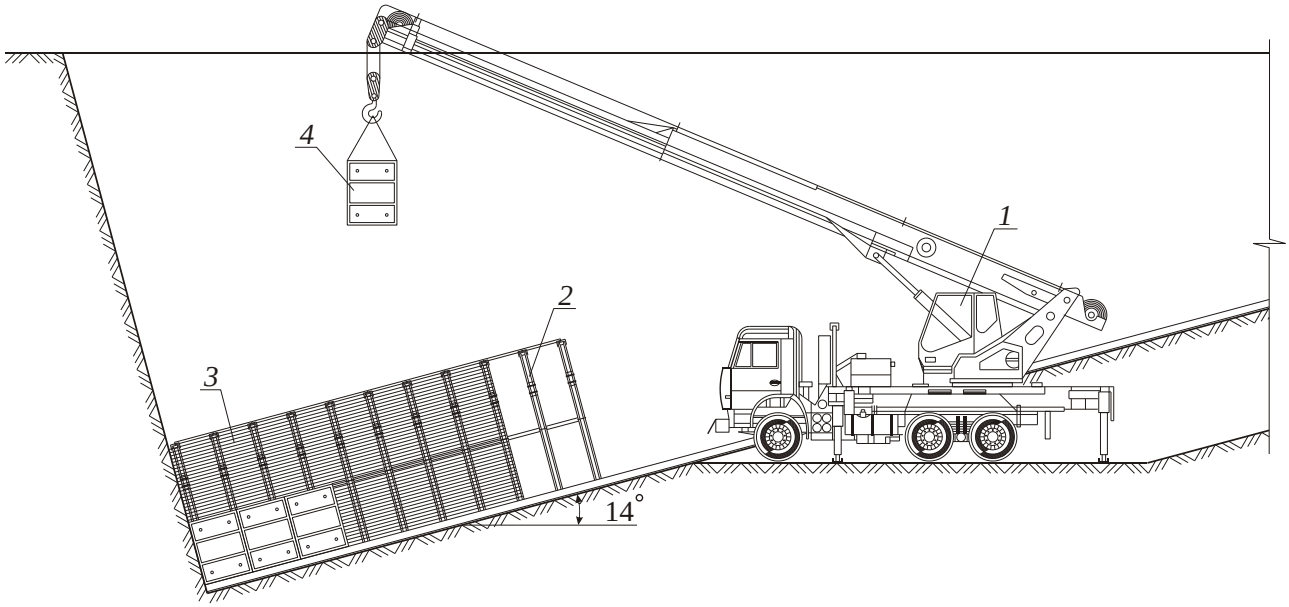


Рис. 4.8 – Монтаж секций инвентарной опалубки.
1 – автокран; 2 – рама из спецпрофиля СВП (СВПУ); 3 – арматурный каркас из гибкой арматуры; 4 – унифицированный щит стеновой опалубки.

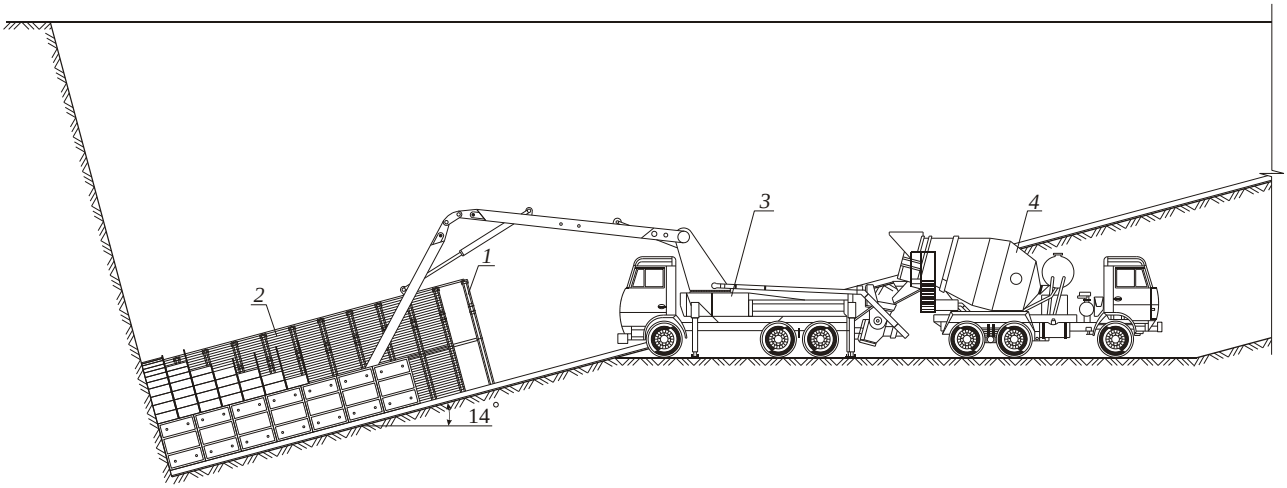


Рис. 4.9 – Укладка бетонной смеси за опалубку. 1 – рама из спецпрофиля СВП (СВПУ); 2 – арматурный каркас из гибкой арматуры; 3 – автобетононасос; 4 – автобетономешалка.

Для того чтобы бетонная смесь за опалубкой не замерзала при отрицательных температурах в зимний период времени, а набирала прочность, предусматривается комбинированный способ прогрева бетона – метод «термоса» и метод электрического прогрева. При применении данного способа при современном уровне технологий стоимость производства бетонных работ при отрицательных температурах в зимний период времени увеличивается на 4–7 % [65].

Для улучшения водонепроницаемости, так называемых «холодных швов» – места соединения «чистого пола» и стен, стен и криволинейного перекрытия, необходимо проклеить гидро- пароизоляционной герметизирующей самоклеющейся лентой ВИКАР ЛБ.

После герметизации «холодных швов» можно приступать к обратной засыпки котлована. Данный процесс необходимо выполнять либо одновременно с обеих сторон от устья наклонного ствола, либо с каждой стороны в отдельности заходками на высоту 200–300 мм с уплотнением каждого слоя обратной засыпки породы.

После выполнения двух-трех заходок, необходимо провести корректировку графика организации работ.

4.3 Экономический эффект от применения технологии

В целях повышения экономических показателей строительство устья наклонного ствола рекомендуется начинать в осенне-зимний период. С установлением первых отрицательных температур приступают к отрывке котлована. На этом этапе объем вынимаемого грунта сокращается примерно на 50–60 % по сравнению с летним периодом, так как нет необходимости вынимать дополнительный грунт из-за угла естественного откоса пород или устанавливать шпунтовое ограждение для поддержания откосов от обрушения. При отрывке котлована предусматривается технологическая дорога шириной 6 м для доставки материалов, стоянки автокрана при металлических рам, монтаже арматурного каркаса, монтажа секций опалубки размещения автотранспорта при укладки бетонной смеси за опалубку.

Экономическое сравнение по основным процессам при возведении сравниваемых сравниваемых крепей для устьев наклонных стволов показало (рис. 4.10):

– на отрывку котлована требуется в 5,5 раз меньше объема (или 18,25 % от объема) вынимаемого грунта в весенне-летний период с учетом угла естественного откоса;

– за счет правильного распределения гибкой арматуры уменьшается шаг и номер спецпрофиля СВП (СВПУ), при этом трудозатраты снижаются на 1/3 (до 61,65 %);

– монтаж (демонтаж) опалубки сэкономить не позволил (1,12 %), так как число секций примерно одинаковое;

– на укладку бетонной смеси потратили 1/5 (82,41 %) – это связано с применением автобетононасоса (штеттера), у которого дальность подачи бетонной смеси увеличивается, и, как следствие, снижается стоимость бетонных работ;

– технологией предусматривается герметизация только холодных швов, при этом трудозатраты снижаются более чем в 20 раз (4,13 %) в отличие от применения классической технологии;

– в связи с уменьшением вынимаемого грунта при отрывке котлована, трудоемкость обратной засыпки уменьшается в 6 раз.

При применении предложенной технологии с соблюдением всех технических регламентов, предусмотренных нормативной документацией, можно получить экономию до 47 %, что составляет 138,5 тыс.руб. на 1 м длины устья в ценах IV квартала 2017 г.

Выводы по главе 4

1 При разработке технологии строительства устьев наклонных стволов открытым способом учитывался технологический опыт, основанный на параллельном выполнении монтажа арматурного каркаса, секций инвентарной опалубки, укладки бетонной смеси, устройства гидроизоляции и последовательном выполнении отрывки котлована и обратной засыпки.

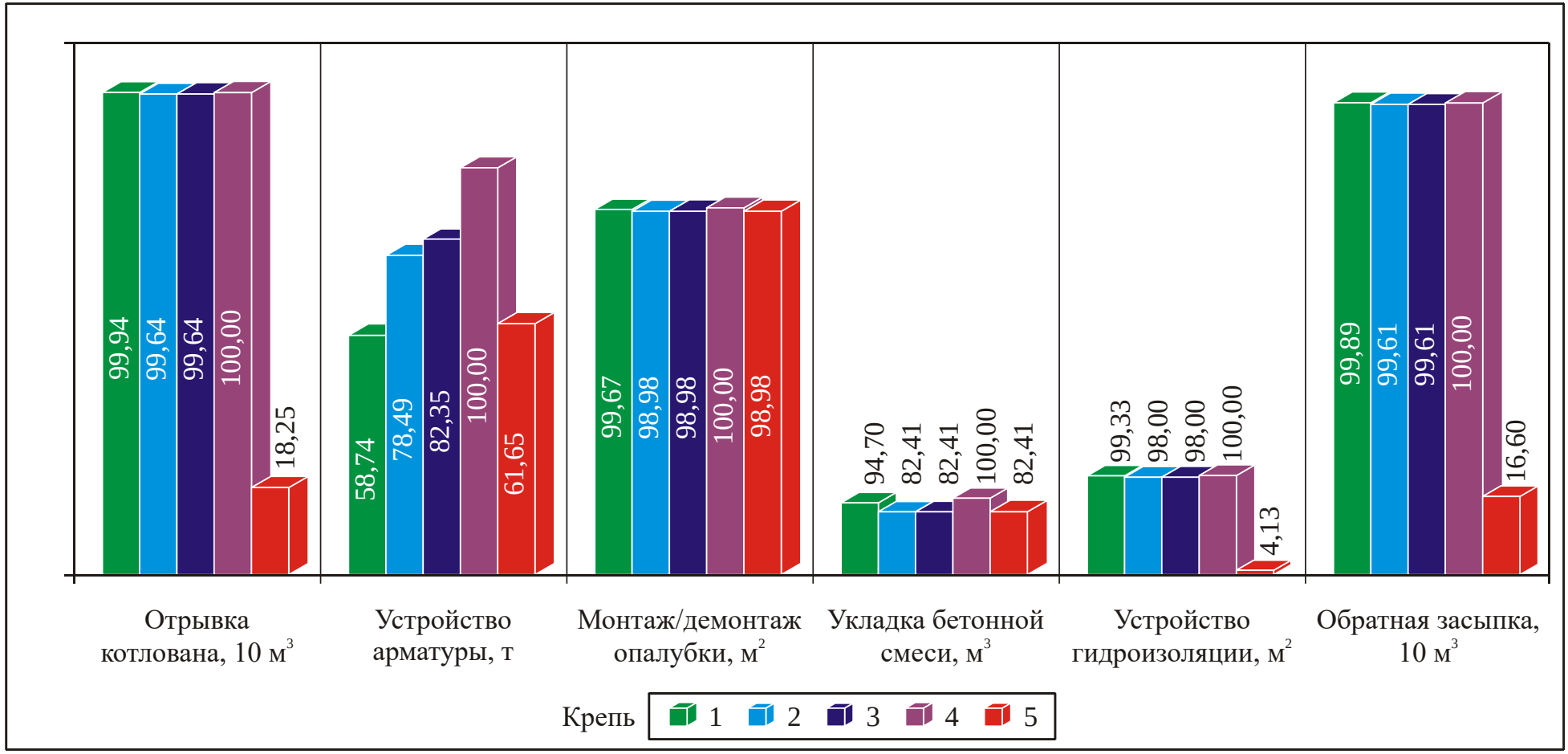


Рис. 4.10 – Экономический эффект основных технологических процессов при возведении сравниваемых крепей для устьев наклонных стволов, %.

2 В целях повышения экономических показателей, отрывку котлована устья наклонного ствола рекомендуется начинать с установлением первых отрицательных температур. На этом этапе объем вынимаемого грунта сокращается, примерно, на 50–60 % по сравнению с летним периодом.

3 Разработанная технология возведения металлической арочной крепи с монолитным бетоном при строительстве устьев наклонных стволов, проводимых открытым способом, позволяет получить экономический эффект до 47 %, по отдельным операциям – в 20 раз.

Разработанная технология строительства устья наклонного ствола позволяет сформировать третье научное положение:

✓ применение циклично-поточной технологии возведения металлической арочной крепи с монолитным бетоном, основанной на параллельном выполнении монтажа арматурного каркаса, секций инвентарной опалубки, укладки бетонной смеси, устройства гидроизоляции и последовательном выполнении отрывки котлована и его обратной засыпки позволяет повысить эффективность строительства устья наклонного ствола до 47 % от принятых в настоящее время технологий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основе исследований разработаны научно обоснованные технические решения крепи для устьев наклонных стволов с размещением арматурной сетки в зонах растягивающих напряжений и технологические решения ее возведения по циклично-поточной схеме, что имеет существенное значение для развития угольной промышленности.

Основные научные и практические результаты исследований заключаются в следующем:

1. Несущая способность металлической арочной крепи с монолитным бетоном обеспечивается классом бетона на 20 %, толщиной бетона на 6 %, шагом и номером спецпрофиля СВП на 40 %, классом арматурной сетки на 11 % и площадью гибкой арматуры на 23 %.

2. По результатам лабораторных исследований металлических рамных крепей в жестком режиме установлено, что с изменением прямолинейных стоек на криволинейные, несущая способность всей рамы увеличивается от 6,8–19,1 %, при прочих равных условиях.

3. На основании результатов испытаний металлических рамных крепей в жестком режиме установлено, что уменьшение несущей способности до 21,4 %, при прочих равных условиях, происходит с увеличением площади поперечного сечения, при этом удельная масса претерпевает незначительные изменения в большую на 10,5 или в меньшую сторону на 22,1 %, а прогиб верхняка увеличивается с возрастанием площади поперечного сечения выработки до 34,7 %.

4. Разработана конструкция металлической арочной крепи с монолитным бетоном (патент на полезную модель 59726) в соответствии с эпюром напряжений в крепи, где максимальные изгибающие моменты возникают в середине вертикальных и криволинейных верхних частях крепи, а нуле-вые значения в зоне между концами армирующих сеток и узлов сопряжений элементов арочной металлической крепи, причем максимальные растягивающие напряжения

возникают только в армирующих сетках, что позволяет уменьшить размер спецпрофиля и количество рам крепи.

5. Разработанная технология возведения металлической арочной крепи с монолитным бетоном при строительстве устьев наклонных стволов, проводимых открытым способом, позволяет получить экономический эффект до 47 %, по отдельным операциям – в 20 раз.

6. Для практической реализации разработаны рекомендации по технологии крепления устьев наклонных стволов металлической арочной крепью с монолитным бетоном, которые утверждены АО «СУЭК-Кузбасс» и ООО «Сибирский Институт Горного Дела». Результаты диссертационной работы приняты к использованию в учебном процессе Шаньдунского научно-технического университета, а отдельные результаты и рекомендации при использовании в проектах строительства новых наклонных стволов в ООО «Сибирский Институт Горного Дела» и Шаньдунского научно-технического университета.

7. Практическое применение металлической арочной крепи с монолитным бетоном осуществлено при строительстве устья наклонного ствола участка Магистральный АО «СУЭК-Кузбасс» Шахтоуправления имени А. Д. Рубана, при этом экономический эффект составил на 1 м длины выработки 99,3 тыс.руб. в ценах IV квартала 2017 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Айвазов, Ю. Н.** Взаимодействие массива горных пород с обделкой подземного сооружения : дис. ... д-ра тех. наук / Ю. Н. Айвазов. – Ленинград, 1989. – 431 с.

2. **Алимжанов, М. Т.** Устойчивость равновесия тел и задачи механики горных пород / М. Т. Алимжанов. – Алма-Ата : Наука, 1982. – 269 с.

3. **Альбом типовых технологических схем** ведения горновскрышных работ при строительстве угольных разрезов для различных горно-геологических условий КАТЭКа и ЭТЭКа. КузНИИшахтострой. – Кемерово, 1984. –231 с.

4. **Баклашов, И. В.** Деформирование и разрушение породных массивов / И. В. Баклашов. – Москва : Недра, 1988. – 270 с.

5. **Баклашов, И. В.** Механика горных пород / И. В. Баклашов, Б. А. Картозия. – Москва : Недра, 1975. – 271 с.

6. **Баклашов, И. В.** Механика подземных сооружений и конструкции крепей : учеб. для вузов / И. В. Баклашов, Б. А. Картозия. – 3-е изд., стер. – Москва : Студент, 2012. – 543 с.

7. **Баклашов, И. В.** Конструкции и расчет крепей и обделок / И. В. Баклашов, О. В. Тимофеев. – Москва : Недра, 1979. – 263 с.

8. **Басинский, Ю. М.** Выбор параметров крепи капитальных выработок на основе прогнозирования смещения пород / Ю. М. Басинский // Тр. ВНИМИ. – Ленинград, 1978. Сб. 109. – С. 37–44.

9. **Белаенко, Ф. А.** Расчет крепи стволов шахт на больших глубинах в условиях Донецкого бассейна / Ф. А. Белаенко // Разработка угольных месторождений на больших глубинах. – Москва : Углетехиздат, 1955. – С. 471–476.

10. **Бенявски, З.** Управление горным давлением : пер. с англ. – Москва : Мир, 1990. – 254 с.

11. **Борисов, А. А.** Механика горных пород и массивов / А. А. Борисов. – Москва : Недра, 1980. – 360 с.

12. **Будников, П. М.** Анализ и обоснование применения монолитной бетонной крепи с жесткой арматурой для устьев наклонных стволов / П. М. Будников // 8 Междунар. конф. по проблемам горн. пром-сти, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» : ТулГУ. – Тула, 2012. – Т. 1. – С. 70–74.

13. **Будников, П. М.** Новые способы крепления устьев наклонных стволов / П. М. Будников // Materially IX Miedzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji «Wschodie partnerstwo – 2013». – Przemysl. Nauka i studia, 2013. – Vol. 32 : Budownictwo i architektura. – S. 28–33.

14. **Будников, П. М.** Результаты испытаний металлических рамных крепей в жестком и податливом режимах из СВП-33 для устья наклонных стволов / П. М. Будников // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2014. – № 6. – С. 43–46.

15. **Булычев, Н. С.** Расчет крепи капитальных горных выработок / Н. С. Булычев, Б. З. Амусин, А. Г. Оловянный. – Москва : Недра, 1974. – 320 с.

16. **Булычев, Н. С.** Механика подземных сооружений : учебник для вузов / Н. С. Булычев. – Москва : Недра, 1982. – 270 с.

17. **Булычев Н. С.** Механика подземных сооружений в примерах и задачах : учеб. пособие. – Москва : Недра, 1989. – 270 с.

18. **Булычев, Н. С.** Проектирование и расчет крепи капитальных выработок / Н. С. Булычев, Н. Н. Фотиева, Е. В. Стрельцов. – Москва : Недра, 1986. – 288 с.

19. **Бурчаков, Ю. И.** Строительная механика : учеб. пособие для студентов вузов / Ю. И. Бурчаков, В. Е. Гнедин, В. М. Денисов. – Москва : Высш. шк., 1983. – 255 с.

20. **Введение** в механику скальных пород / пер. с англ.; под ред. Х. Бока. – Москва : Мир, 1983. – 276 с.

21. **Взаимодействие** массивов горных пород с крепью вертикальных выработок / Г. А. Крупенников, Н. С. Булычев, А. М. Козел [и др.]. – Москва : Недра, 1966. – 314 с.

22. **Войтов, М. Д.** Выбор и обоснование применения крепи для устьев наклонных горных выработок / М. Д. Войтов, П. М. Будников // Будников // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2010. – № 2. – С. 71–74.

23. **Войтов, М. Д.** Новые технические решения крепи устья наклонных стволов / М. Д. Войтов, П. М. Будников // Будников // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. – № 1. – С. 36–38.

24. **Войтов, М. Д.** Обоснование выбора строительной площадки устьев наклонных стволов / М. Д. Войтов, П. М. Будников // XIII Международная научно-практическая конференция «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири». – Кемерово, 2010. – С. 225–228.

25. **Войтов, М. Д.** Исследование несущей способности крепи КМП-А3М из спецпрофиля СВП / М. Д. Войтов, П. М. Будников, С. Г. Ващенко // XIII Международная научно-практическая конференция «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири». – Кемерово, 2010. – С. 228–231.

26. **Войтов, М. Д.** Исследование и анализ стендовых и приемочных испытаний металлических арочных крепей из СВП / М. Д. Войтов, С. Г. Ващенко, П. М. Будников // Будников // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2011. – № 6. – С. 21–25.

27. **Волошин, В. А.** Методика проведения шахтных исследований смещений и деформаций элементов крепи в подготовительных выработок / В. А. Волошин, А. А. Петров, П. В. Васильев // XII Международная конференция «Нетрадиционные и интенсивные технологии разработки месторождений полезных ископаемых». – Новокузнецк, 2007. – С. 70–74.

28. **Воробьев, А. Н.** Обоснование и разработка методов расчета и совершенствования конструкций крепей горных выработок на основе теорий арочных систем и тонких оболочек : дис. ... д-ра тех. наук / А. Н. Воробьев. – Москва, 1993. – 413 с.

29. **ГОСТ Р 51748-2001.** Крепи металлические податливые рамные. Крепь арочная. Общие технические условия : введ. с 01.01.2002. – Москва : Госстандарт России, 2001. – 12 с.

30. **ГОСТ Р 50910-96.** Крепи металлические податливые рамные. Методы испытаний : введ. с 01.01.1997. – Москва : Госстандарт России, 1996. – 11 с.

31. **Долгун, А. И.** Исследование напряженного состояния металлической арочной крепи пространственной конструкции / А. И. Долгун, П. В. Сдобников // Шахтное строительство. – 1990. – № 11 – С. 23–24.

32. **ЕНиР Сборник Е36.** Горнопроходческие работы. Вып. 2. Строительство метрополитенов, тоннелей и подземных сооружений специального назначения. – Москва : Госстрой СССР, 1986. – 172 с.

33. **Ержанов, Ж. С.** Аналитические вопросы механики горных пород / Ж. С. Ержанов. – Алма-Ата : Наука, 1969. – 203 с.

34. **Ержанов, Ж. С.** Комбайновые выработки шахт Кузбасса. Опыт поддержания и расчет устойчивости / Ж. С. Ержанов, В. Ю. Изаксон, В. М. Станкус. – Кемерово, 1976. – 216 с.

35. **Ерофеев, Л. М.** Расчет крепей горных выработок / Л. М. Ерофеев, Л. А. Мирошникова. – Москва : Недра, 1984. – 325 с.

36. **Ершов, Л. В.** Введение в механику горных пород / Л. В. Ершов, В. А. Максимов. – Москва : Недра, 1976. – 251 с.

37. **Заславский, Ю. З.** Крепление подземных сооружений / Ю. З. Заславский, В. М. Мостков. – Москва : Недра, 1979. – 325 с.

38. **Инструкция по проектированию** крепей капитальных горных выработок для условий угольных шахт Кузбасса / КузНИИшахтострой. – Кемерово, 1978. – 42 с.

39. **Каретников, В. Н.** Исследование несущей способности и совершенствование конструкций шахтных крепей : дис. ... д-ра тех. наук / В. Н. Каретников. – Тула, 1975. – 481 с.

40. **Каретников, В. Н.** Автоматизированный расчет и конструирование металлических крепей подготовительных выработок / В. Н. Каретников, В. В. Клейменов, В. А. Бреднев. – Москва : Недра, 1984. – 312 с.

41. **Каретников, В. Н.** Крепление капитальных и подготовительных горных выработок : справочник / В. Н. Каретников, В. Б. Клейменов, А. Г. Нуждихин. – Москва : Недра, 1989. – 571 с.

42. **Картозия, Б. А.** Инженерные задачи механики подземных сооружений : учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Б. А. Картозия, В. Н. Борисов. – Москва : Издательство Московского госуд. горн. ун-та, 2001. – 246 с.

43. **Картозия, Б. А.** Теоретические основы крепления горных выработок крепью регулируемого сопротивления / Б. А. Картозия, В. А. Пшеничный // Специальные способы строительства подземных сооружений и шахт. – Москва, 1992. – 319 с.

44. **Клайн, И.** Проходка стволов с проектом «Сельби» / И. Клайн // Глюкауф. – 1981. – № 23. – С. 10–15.

45. **Клейменов, В. Б.** Научное обоснование и разработка методов повышения устойчивости металлических шахтных крепей с учетом их пространственной работы : дис. ... д-ра тех. наук. – Москва, 1990. – 403 с.

46. **Ковалев, В. А.** Минерально-сырьевые ресурсы – важный потенциал инновационного развития угольно-металлургического комплекса Кузбасса / В. А. Ковалев, А. И. Копытов, В. В. Першин // Уголь. – 2014. – № 2. – С. 6–9.

47. **Корнилков, М. В.** Управление напряженно-деформированным состоянием рамных крепей : дис. ... д-ра тех. наук. – Екатеринбург, 1999. – 262 с.

48. **Корректировка** ТЭО освоения Ерунаковского угольного района Кузбасса в соответствии с программой эколого-экономических исследований (II этап). Конспект сводной пояснительной записки по освоению района / В. И. Ческидов, А. Н. Соболев, И. С. Пешков. – Новосибирск : Сибгипрошахт, 1993. – 217 с.

49. **Либерман, Ю. М.** Давление на крепь капитальных выработок / Ю. М. Либерман. – Москва : Недра, 1969. – 119 с.

50. **Методика автоматизированного** проектирования крепей капитальных горных выработок для условий Кузнецкого угольного бассейна / КузНИИшахтострой. – Кемерово, 1988. – 119 с.

51. **Методика расчета** различных видов крепей горных выработок / КузНИИшахтострой. – Кемерово, 1984. – 99 с.

52. **Насонов, И. Д.** Моделирование горных процессов / И. Д. Насонов. – Москва : Недра, 1978. – 254 с.

53. **Орлов, С. А.** Методы статического расчета сборных железобетонных обделок тоннелей. – Москва : Госстройиздат, 1961. – 136 с.

54. **Отчет о НИР 27116304402.** Разработка конструкции крепи с жесткой арматурой и технологии ее установки при креплении устьев наклонных стволов. Этап НИР «Разработка конструкции крепи устьев наклонных стволов и опалубки для ее возведения» / Г. С. Франкевич, Л. А. Мирошникова. – Кемерово : КузНИИшахтострой, 1997. – 37 с.

55. **Патент 59726 РФ.** Крепь горной выработки / М. Д. Войтов, В. В. Першин, К. В. Садыков, П. М. Будников; опубл. 27.12.2006. Бюл. № 36.

56. **Патент 122696 РФ.** Крепь устья наклонной горной выработки в наносах / М. Д. Войтов, В. В. Першин, П. М. Будников; опубл. 10.12.2012. – Бюл. № 34.

57. **Першин, В. В.** Методика расчета железобетонной крепи с жесткой арматурой для крепления устья наклонных стволов / В. В. Першин, М. Д. Войтов, П. М. Будников // V Всероссийская научно-практическая конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы в горном деле», Междуреченск, 2016. – С. 5–8.

58. **Першин, В. В.** Совершенствование крепления горных выработок / В. В. Першин, М. Д. Войтов, А. И. Копытов, П. М. Будников, А. А. Лебедев // Управление механическими процессами дезинтеграции, инъекционного уплотнения и переработки горных пород. Материалы научно-практической конференции. – Кемерово, 2009. Кузбассвузиздат. – С. 261–267.

59. **Першин, В. В.** Строительство устьев наклонных стволов / В. В. Першин, М. Д. Войтов, П. М. Будников. – Новосибирск : Наука, 2018. – 162 с.

60. **Першин, В. В.** Состояние и пути интенсификации строительства наклонных стволов и уклонов на шахтах Кузбасса / В. В. Першин, В. С. Верхо-

туров, С. В. Гордеев // Будников // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 1999. – № 1. – С. 43–49.

61. **Першин, В. В.** Совершенствование технологии и организации строительства устьев наклонных стволов / В. В. Першин, А. В. Дементьев, М. О. Соловьева // Будников // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2011. – № 3. – С. 29–33.

62. **Першин, В. В.** Современные вопросы строительной геотехнологии : Информационно-эргатические аспекты / В. В. Першин. – Кемерово, 2015. – 236 с.

63. **Протодьяконов, М. М.** Давление горных пород и рудничное крепление. Ч. 1 : Давление горных пород / М. М. Протодьяконов. – М.–Л., 1931. – 105 с.

64. **Протодьяконов, М. М.** Давление горных пород на рудничную крепь / М. М. Протодьяконов. – Екатеринослав, 1907. – 101 с.

65. **Рекомендации по технологии** крепления устьев наклонных стволов металлической арочной крепью с монолитным бетоном : составители: В. В. Першин, А. И. Копытов, П. М. Будников / Кузбасс. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2019. – 17 с.

66. **Руководство по проектированию** железобетонных конструкций с жесткой арматурой. – Москва : Стройиздат, 1976. – 55 с.

67. **Руководство по проектированию** подземных горных выработок и расчету крепи / ВНИМИ, ВНИИОШС. – Москва : Стройиздат, 1983. – 272 с.

68. **Руппенейт, К. В.** К вопросу о разработке инженерной теории давления горных пород на крепь выработок / К. В. Руппенейт, И. Гомес, Л. Н. Кислер // Вопросы горного давления. Вып. 13 / Сиб. отд. ин-та горного дела АН СССР. – Новосибирск, 1962. – С. 35–38 с.

69. **Руппенейт, К. В.** Введение в механику горных пород / К. В. Руппенейт, Ю. М. Либерман. – Москва : Госгортехтздат, 1960. – 356 с.

70. **СП 20.13330.2011.** Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* : введ. с 20.05.2011. – Москва : Минрегион России, 2011. – 81 с.

71. **СП 63.13330.2012.** Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 2.03.01-1984* : введ. с 01.01.2013. – Москва : Минрегион России, 2011. – 156 с.

72. **СП 16.13330.2011.** Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II–23-81* : введ. с 20.05.2011. – Москва : Минрегион России, 2011. – 172 с.

73. **СП 91.13330.2012.** Подземные горные выработки. Актуализированная редакция СНиП II–94-80 : введ. с 01.01.2013. – Москва : Минрегион России, 2012. – 54 с.

74. **Справочник** по сопротивлению материалов / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев : Наук. думка, 1988. – 736 с.

75. **Строительство** наклонных горных выработок / Н. Ф. Косарев, А. И. Копытов, В. В. Першин, М. Д. Войтов. – Кемерово : Кузбассвузиздат, 2004. – 347 с.

76. **Удовиченко, М. В.** Обоснование и разработка конструктивных и технологических параметров металлобетонной крепи горных выработок для шахт Кузбасса : дис. ... канд. тех. наук. – Москва, 1994. – 161 с.

77. **Фадеев, А. Б.** Метод конечных элементов в геомеханике. – Москва : Недра, 1987. – 221 с.

78. **Федеральный** сборник сметных цен на материалы, изделия и конструкции, применяемые в строительстве. Ч. 1 : Материалы для общественных работ : введ. с 01.04.2014. – Москва : Стройинформиздат, 2014. – 371 с.

79. **Федеральный** сборник сметных цен на материалы, изделия и конструкции, применяемые в строительстве. Ч. 2 : Строительные конструкции и изделия : введ. с 01.04.2014. – Москва : Госстрой России, 2014. – 116 с.

80. **Федеральный** сборник сметных цен на материалы, изделия и конструкции, применяемые в строительстве. Ч. 4 : Бетонные, железобетонные и керамические изделия. Нерудные материалы. Товарные бетоны и растворы : введ. с 01.04.2014. – Москва : Госстрой России, 2014. – 289 с.

81. **Фисенко, Г. Л.** Предельные состояния горных пород вокруг выработок / Г. Л. Фисенко. – Москва : Недра, 1976. – 272 с.

82. **Фотиева, Н. Н.** Расчет обделок тоннелей некругового сечения / Н. Н. Фотиева. – Москва : Стройиздат, 1976. – 176 с.

83. **Франкевич, Г. С.** Обоснование параметров и разработка крепей капитальных горных выработок с управляемой несущей способностью : дис. ... д-ра тех. наук / Г. С. Франкевич. – Москва, 1998. – 386 с.

84. **Цимбаревич, П. М.** Механика горных пород / П. М. Цимбаревич. – Москва : Углетехиздат, 1948. – 184 с.

85. **Deere, D. V.** Technical description of rock cares for engineering purposes / D. V. Deere // Felsmechame und Ingenieurgeolog. – 1963. – Vol. 1, N 1. – P. 16–22.

86. **Labasse, H.** Les pressions de terrains autour des puits / H. Labasse // Evue Universelle des Mines. – 1949. – Vol. 5, N 3.

87. **Pershin Vladimir V.** Upgraded technical decisions for lining and maintenance of mine workings / Vladimir V. Pershin, Michael D. Voutov, Sergey V. Cherdantsev, Pavel M. Budnikov, Andrey A. Lebedev // Advances in geotechnical and structural engineering : Proceedings of the Fifth China-Russia Symposium on Underground and Building Engineering of City and Mine. – Qingdao, China, 2008. – P. 50–52.

88. **Pershin Vladimir V.** The improved construction of reinforced-concrete support of slope mouth / Vladimir V. Pershin, Michail D. Vojtov, Pavel M. Budnikov // Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety: The 8th Russian-Chinese Symposium. – Kemerovo, Russia, 2016. – P. 27–32.

89. **Sitz, P.** Zur Einschätzung der Standsicherheit alter Tubbingsschachte in nichtstandfesten, wasserführenden Gebirge unter besonderer Berucksichtigimg von Schwimmerschachten / P. Sitz // Bergakademie. – 1969. – Vol. 21, N 1. – S. 30–36.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Расчет сметной стоимости возведения различных видов крепей

К рассмотрению принята крепь $S_{св}$ = 20,2 м^2; шириной $b_{св}$ = 6,0 м; высотой $h_{св}$ = 4,15 м.

Исходя из объемов работ и норм времени, определяется трудоемкость работ по возведению различных видов крепей по каждому варианту. Результаты расчетов представлены в таблице 1. Стоимость материалов крепей представлена в таблице 2.

Монолитная железобетонная крепь с жесткой арматурой (рис. 1.4).

Вариант 1. Бетон класса В25 толщиной 500 мм из СВП-19 с шагом 0,5 м, (2 СВП-19 на 1 м крепи).

Объем бетона 11,529 м^3, длина рамы из СВП с учетом замков податливости и приямков – 22,49 м, площадь СВП-19 – 24,44 см^2.

Вариант 2. Бетон класса В30 толщиной 450 мм из СВП-17 с шагом 0,5 м, (2 СВП-17 на 1 м крепи).

Объем бетона 10,306 м^3, длина рамы из СВП с учетом замков податливости и приямков – 22,49 м, площадь СВП-17 – 21,73 см^2.

Монолитная железобетонная крепь с внутренней гибкой арматурой (рис. 1.5).

Вариант 1. Бетон класса В25 толщиной 400 мм из СВП-14 с шагом 1 м, арматура В-1 15 прутков диаметром 16 мм (площадь 30,159 см^2).

Объем бетона 9,098 м^3, длина рамы из СВП с учетом замков податливости и приямков – 22,49 м, площадь СВП-14 – 18,7 см^2.

Вариант 2. Бетон класса В20 толщиной 400 мм из СВП-17 с шагом 1 м, арматура В-1 13 прутков диаметром 18 мм (площадь 33,081 см^2).

Объем бетона 9,098 м^3, длина рамы из СВП с учетом замков податливости и приямков – 22,49 м, площадь СВП-17 – 21,73 см^2.

Вариант 3. Бетон класса В15 толщиной 450 мм из СВП-17 с шагом 1 м, арматура В-1 13 прутков диаметром 18 мм (площадь 33,081 см^2).

Объем бетона 10,306 м^3, длина рамы из СВП с учетом замков податливости и приямков – 22,49 м, площадь СВП-17 – 21,73 см^2.

Монолитная железобетонная крепь с вынесенным профилем СВП (рис. 1.6).

Вариант 1. Бетон класса В25 толщиной 400 мм из СВП-14 с шагом 1 м, арматура В-1 16 прутков диаметром 16 мм (площадь 32,17 см^2).

Объем бетона 9,098 м^3, длина рамы из СВП с учетом замков податливости и приямков – 22,49 м, площадь СВП-14 – 18,7 см^2.

Вариант 2. Бетон класса В20 толщиной 400 мм из СВП-17 с шагом 1 м, арматура В-1 14 прутков диаметром 18 мм (площадь 35,626 см^2).

Объем бетона 9,098 м^3, длина рамы из СВП с учетом замков податливости и приямков – 22,49 м, площадь СВП-17 – 21,73 см^2.

Вариант 3. Бетон класса В15 толщиной 450 мм из СВП-17 с шагом 1 м, арматура В-1 14 прутков диаметром 18 мм (площадь 35,626 см^2).

Объем бетона 10,306 м^3, длина рамы из СВП с учетом замков податливости и приямков – 22,49 м, площадь СВП-17 – 21,73 см^2.

Монолитная железобетонная крепь с двумя профилями СВП (рис. 1.7).

Вариант 1. Бетон класса В20 толщиной 500 мм из 2 СВП-19 с шагом 1 м, арматура В-1 13 прутков диаметром 16 мм (площадь 26,138 см^2).

Объем бетона 11,529 м^3, длина рамы из СВП с учетом замков податливости и приямков – 22,49 м, площадь СВП-19 – 24,44 см^2.

Вариант 2. Бетон класса В25 толщиной 500 мм из 2 СВП-17 с шагом 1 м, арматура В-1 12 прутков диаметром 16 мм (площадь 24,127 см^2).

Объем бетона 11,529 м^3, длина рамы из СВП с учетом замков податливости и приямков – 22,49 м, площадь СВП-17 – 21,73 см^2.

Металлическая арочная крепь с монолитным бетоном (рис. 3.32).

Вариант 1. Бетон класса В20 толщиной 400 мм из СВП-17 с шагом 1 м, арматура В-1 13 прутков диаметром 16 мм (площадь 26,138 см^2).

Объем бетона 9,098 м^3, длина рамы из СВП с учетом замков податливости и приямков – 22,49 м, площадь СВП-17 – 21,73 см^2.

Вариант 2. Бетон класса В15 толщиной 450 мм из СВП-14 с шагом 1 м, арматура В-1 11 прутков диаметром 16 мм (площадь 22,117 см^2).

Объем бетона 10,306 м^3, длина рамы из СВП с учетом замков податливости и приямков – 22,49 м, площадь СВП-14 – 18,7 см^2.

Вариант 3. Бетон класса В25 толщиной 400 мм из СВП-14 с шагом 1 м, арматура В-1 10 прутков диаметром 16 мм (площадь 20,106 см^2).

Объем бетона 9,098 м^3, длина рамы из СВП с учетом замков податливости и приямков – 22,49 м, площадь СВП-14 – 18,7 см^2.

Расчет параметров стоимости материалов

Сметная стоимость материалов в ценах на 01.01.2000 г.

http://www.stroyplan.ru/docs.php?showitem=41098

Код ОКП, код отраслевой	Строительные материалы, изделия и конструкции	Ед. изм.	Масса брутто, кг	Цена на 01.01.2000 г., руб.	
				отпускная	сметная
401-0006	Бетон тяжелый, класс В15	м^3	2450	524,57	592,76
401-0007	Бетон тяжелый, класс В20	м^3	2450	588,50	665,00
401-0009	Бетон тяжелый, класс В25	м^3	2450	642,20	725,69
401-0011	Бетон тяжелый, класс В30	м^3	2450	699,12	790,00
204-0014	Горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-II диаметром 16-18 мм	т	1000	5000,00	5650,00
204-0039	Надбавки к ценам заготовок за сборку и сварку каркасов и сеток плоских диаметром16-18 мм	т	1000	988,91	1117,47
109-0107	Верхняки металлические шарниро-подвесные из взаимозаменяемых спецпрофилей	т	1020	4973,77	5620,36

http://www.e-smeta.ru/index/1060-kemerovo-indexy-smr-dekabr2017.html

Таблица 1 – Расчет параметров трудоемкости работ и заработной платы по возведению различных видов крепей по каждому варианту [32] в ценах IV квартала 2017 г.

Наименование работ	**Объем работ**		**Обоснование**	**По ЕНиР [32]**		**Коэффициент инфляции**		**Трудоемкость, чел.-ч.**	**Принятая расценка, руб.**	**Основная заработная плата, руб.**
	ед. изм.	**количество**		**норма времени, чел.-ч.**	**расценка, руб.**	**из 1984 г. в 2000 г**	**из 2000 г. в 2017 г**			
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
Монолитная железобетонная крепь с жесткой арматурой (рис. 1.4)										
Вариант 1										
Установка арочной крепи	100 кг	8,64	Е36-2-55	2,92	4,440	17,451	87,531	25,23	5822,26	58597,45
Установка металлической опалубки:										
свод	1 $м^2$	41,34	Е36-2-90	0,57	0,866	17,451	87,531	23,56	1135,60	54684,31
стены	1 $м^2$	4,80	Е36-2-90	0,30	0,456	17,451	87,531	1,44	597,96	3343,40
Бетонные работы в наклонных выработках	1 $м^3$	11,53	Е36-2-96	0,55	0,836	17,451	87,531	6,34	1096,26	14722,65
ИТОГО								**56,57**		**131347,81**
Вариант 2										
Установка арочной крепи	100 кг	7,69	Е36-2-55	2,92	4,440	17,451	87,531	22,46	5822,26	52154,44

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Установка металлической опалубки:										
свод	1 м^2	41,03	Е36-2-90	0,57	0,866	17,451	87,531	23,39	1135,60	54275,06
стены	1 м^2	4,80	Е36-2-90	0,30	0,456	17,451	87,531	1,44	597,96	3343,39
Бетонные работы в наклонных выработках	1 м^3	10,31	Е36-2-96	0,55	0,836	17,451	87,531	5,67	1096,26	13165,75
ИТОГО								**52,96**		**122938,64**
Монолитная железобетонная крепь с внутренней гибкой арматурой (рис. 1.5)										
Вариант 1										
Установка арочной крепи	100 кг	3,85	Е36-2-55	2,92	4,440	17,451	87,531	11,24	5822,26	26111,13
Установка арматуры в конструкции	100 кг	0,24	Е36-2-95	3,20	5,100	17,451	87,531	0,77	6687,74	1869,67
Установка металлической опалубки:										
свод	1 м^2	40,71	Е36-2-90	0,57	0,866	17,451	87,531	23,21	1135,60	53851,76
стены	1 м^2	4,80	Е36-2-90	0,30	0,456	17,451	87,531	1,44	597,96	3343,40
Бетонные работы в наклонных выработках	1 м^3	9,10	Е36-2-96	0,55	0,836	17,451	87,531	5,01	1096,26	11620,60
ИТОГО								**41,67**		**96796,56**

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вариант 2										
Установка арочной крепи	100 кг	4,32	Е36-2-55	2,92	4,440	17,451	87,531	12,61	5822,26	29298,72
Установка арматуры в конструкции	100 кг	0,26	Е36-2-95	3,20	5,100	17,451	87,531	0,83	6687,73	2025,47
Установка металлической опалубки:										
свод	1 $м^2$	40,71	Е36-2-90	0,57	0,866	17,451	87,531	23,21	1135,60	53851,76
стены	1 $м^2$	4,80	Е36-2-90	0,30	0,456	17,451	87,531	1,44	597,96	3343,40
Бетонные работы в наклонных выработках	1 $м^3$	9,10	Е36-2-96	0,55	0,836	17,451	87,531	5,01	1096,26	11620,60
ИТОГО								**43,10**		**100139,95**
Вариант 3										
Установка арочной крепи	100 кг	4,32	Е36-2-55	2,92	4,440	17,451	87,531	12,61	5822,26	29298,72
Установка арматуры в конструкции	100 кг	0,26	Е36-2-95	3,20	5,100	17,451	87,531	0,83	6687,74	2025,47
Установка металлической опалубки:										
свод	1 $м^2$	41,03	Е36-2-90	0,57	0,866	17,451	87,531	23,39	1135,60	54275,06

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
стены	1 м^2	4,80	Е36-2-90	0,30	0,456	17,451	87,531	1,44	597,96	3343,40
Бетонные работы в наклонных выработках	1 м^3	10,31	Е36-2-96	0,55	0,836	17,451	87,531	5,67	1096,26	13165,75
ИТОГО								**43,94**		**102108,40**
Монолитная железобетонная крепь с вынесенным профилем СВП (рис. 1.6)										
Вариант 1										
Установка арочной крепи	100 кг	3,85	Е36-2-55	2,92	4,440	17,451	87,531	11,24	5822,26	26111,13
Установка арматуры в конструкции	100 кг	0,28	Е36-2-95	3,20	5,100	17,451	87,531	0,90	6687,74	2181,28
Установка металлической опалубки:										
свод	1 м^2	40,71	Е36-2-90	0,57	0,866	17,451	87,531	23,21	1135,60	53851,76
стены	1 м^2	4,80	Е36-2-90	0,30	0,456	17,451	87,531	1,44	597,96	3343,40
Бетонные работы в наклонных выработках	1 м^3	9,10	Е36-2-96	0,55	0,836	17,451	87,531	5,01	1096,26	11620,60
ИТОГО								**41,8**		**97108,17**
Вариант 2										
Установка арочной крепи	100 кг	4,32	Е36-2-55	2,92	4,440	17,451	87,531	12,61	5822,26	29298,72

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Установка арматуры в конструкции	100 кг	0,28	Е36-2-95	3,20	5,100	17,451	87,531	0,90	6687,73	2181,27
Установка металлической опалубки:										
свод	1 $м^2$	40,71	Е36-2-90	0,57	0,866	17,451	87,531	23,21	1135,60	53851,76
стены	1 $м^2$	4,80	Е36-2-90	0,30	0,456	17,451	87,531	1,44	597,96	3343,40
Бетонные работы в наклонных выработках	1 $м^3$	9,10	Е36-2-96	0,55	0,836	17,451	87,531	5,01	1096,26	11620,60
ИТОГО								**43,17**		**100295,75**
Вариант 3										
Установка арочной крепи	100 кг	4,32	Е36-2-55	2,92	4,440	17,451	87,531	12,61	5822,26	29298,72
Установка арматуры в конструкции	100 кг	0,28	Е36-2-95	3,20	5,100	17,451	87,531	0,90	6687,74	2181,27
Установка металлической опалубки:										
свод	1 $м^2$	41,03	Е36-2-90	0,57	0,866	17,451	87,531	23,39	1135,60	54275,06
стены	1 $м^2$	4,80	Е36-2-90	0,30	0,456	17,451	87,531	1,44	597,96	3343,40
Бетонные работы в наклонных выработках	1 $м^3$	10,31	Е36-2-96	0,55	0,836	17,451	87,531	5,67	1096,26	13165,75

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ИТОГО								**44,01**		**102264,20**
Монолитная железобетонная крепь с двумя профилями СВП (рис. 1.7)										
Вариант 1										
Установка арочной крепи	100 кг	8,64	Е36-2-55	2,92	4,440	17,451	87,531	25,23	5822,26	58597,45
Установка арматуры в конструкции	100 кг	0,21	Е36-2-95	3,20	5,100	17,451	87,531	0,67	6687,74	1635,96
Установка металлической опалубки:										
свод	1 $м^2$	41,34	Е36-2-90	0,57	0,866	17,451	87,531	23,56	1135,60	54685,12
стены	1 $м^2$	4,80	Е36-2-90	0,30	0,456	17,451	87,531	1,44	597,96	3343,40
Бетонные работы в наклонных выработках	1 $м^3$	11,53	Е36-2-96	0,55	0,836	17,451	87,531	6,34	1096,26	14723,68
ИТОГО								**57,24**		**132985,61**
Вариант 2										
Установка арочной крепи	100 кг	7,69	Е36-2-55	2,92	4,440	17,451	87,531	22,46	5822,26	52154,44
Установка арматуры в конструкции	100 кг	0,19	Е36-2-95	3,20	5,100	17,451	87,531	0,61	6687,73	1480,15

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Установка металлической опалубки:										
свод	1 м^2	41,34	Е36-2-90	0,57	0,866	17,451	75,143	23,56	1135,6	54685,12
стены	1 м^2	4,80	Е36-2-90	0,30	0,456	17,451	75,143	1,44	597,96	3343,40
Бетонные работы в наклонных выработках	1 м^3	11,53	Е36-2-96	0,55	0,836	17,451	75,143	6,34	1096,26	14723,68
ИТОГО								**54,41**		**126386,79**
Металлическая арочная крепь с монолитным бетоном (рис. 3.32)										
Вариант 1										
Установка арочной крепи	100 кг	3,85	Е36-2-55	2,92	4,440	17,451	87,531	11,24	5822,26	26111,13
Установка арматуры в конструкции	100 кг	0,21	Е36-2-95	3,20	5,100	17,451	87,531	0,67	6687,74	1636,00
Установка металлической опалубки:										
свод	1 м^2	40,71	Е36-2-90	0,57	0,866	17,451	87,531	23,20	1135,60	53851,76
стены	1 м^2	4,80	Е36-2-90	0,30	0,456	17,451	87,531	1,44	393,40	2199,63
Бетонные работы в наклонных выработках	1 м^3	9,10	Е36-2-96	0,55	0,836	17,451	87,531	5,01	1096,26	11620,60
ИТОГО								**41,56**		**95419,12**

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вариант 2										
Установка арочной крепи	100 кг	3,31	Е36-2-55	2,92	4,440	17,451	87,531	9,67	5822,26	22448,80
Установка арматуры в конструкции	100 кг	0,17	Е36-2-95	3,20	5,100	17,451	87,531	0,54	6687,73	1324,34
Установка металлической опалубки:										
свод	1 $м^2$	41,03	Е36-2-90	0,57	0,866	17,451	87,531	23,89	1135,60	54275,06
стены	1 $м^2$	4,80	Е36-2-90	0,30	0,456	17,451	87,531	1,44	597,96	3343,40
Бетонные работы в наклонных выработках	1 $м^3$	10,31	Е36-2-96	0,55	0,836	17,451	87,531	5,67	1096,26	13165,75
ИТОГО								**41,21**		**94557,35**
Вариант 3										
Установка арочной крепи	100 кг	3,31	Е36-2-55	2,92	4,440	17,451	87,531	9,67	5822,26	22448,80
Установка арматуры в конструкции	100 кг	0,16	Е36-2-95	3,20	5,100	17,451	87,531	0,51	6687,73	1246,45
Установка металлической опалубки:										

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
свод	1 $м^2$	40,71	Е36-2-90	0,57	0,866	17,451	87,531	23,20	1135,60	53851,76
стены	1 $м^2$	4,80	Е36-2-90	0,30	0,456	17,451	87,531	1,44	597,96	3343,39
Бетонные работы в наклонных выработках	1 $м^3$	9,10	Е36-2-96	0,55	0,836	17,451	87,531	5,01	1096,26	11620,60
ИТОГО								**39,83**		**92511,00**

Таблица 2 – Расчет материалов крепи по каждому варианту в ценах IV квартал 2017 г. [78, 79, 80]

Наименование работ	**Объем работ**		**Код ОКП, код отраслевой**	**Сметная стоимость материалов, руб.**	**Коэффициент инфляции из 2000 г. в 2017 г**	**Принятая стоимость материалов, руб.**	**Общая стоимость материалов, руб.**
	ед. изм.	**количество**					
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Монолитная железобетонная крепь с жесткой арматурой (рис. 1.4)							
Вариант 1							
Бетон тяжелый, класс В25	$м^3$	11,530	401-0009	642,20	6,477	3555,86	47959,36
Верхняки металлические шарнирно-подвесные из взаимозаменяемых спецпрофилей	т	0,864	109-0107	5620,00	6,477	31117,94	31450,24
ИТОГО							**79409,60**

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Вариант 2							
Бетон тяжелый, класс В30	$м^3$	10,310	401-0011	790,00	6,477	4374,23	52754,52
Верхняки металлические шарнирно-подвесные из взаимозаменяемых спецпрофилей	т	0,769	109-0107	5620,00	6,477	31117,94	27992,48
ИТОГО							**80747,00**
Монолитная железобетонная крепь с внутренней гибкой арматурой (рис. 1.5)							
Вариант 1							
Бетон тяжелый, класс В25	$м^3$	9,100	401-0009	642,20	6,477	3555,86	37851,71
Горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-II диаметром 16–18 мм	т	0,024	204-0014	5650,00	6,477	31284,05	878,28
Надбавки к ценам заготовок за сборку и сварку каркасов и сеток плоских диаметром 16–18 мм	т	0,024	204-0039	1117,47	6,477	6187,43	173,71
Верхняки металлические шарнирно-подвесные из взаимозаменяемых спецпрофилей	т	0,331	109-0107	5620,00	6,477	31117,94	12048,65
ИТОГО							**50952,35**

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Вариант 2							
Бетон тяжелый, класс В20	$м^3$	9,100	401-0007	665,00	6,477	3682,11	39195,62
Горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-II диаметром 16–18 мм	т	0,026	204-0014	5650,00	6,477	31284,05	951,48
Надбавки к ценам заготовок за сборку и сварку каркасов и сеток плоских диаметром 16–18 мм	т	0,026	204-0039	1117,47	6,477	6187,43	188,18
Верхняки металлические шарниро-подвесные из взаимозаменяемых спецпрофилей	т	0,385	109-0107	5620,00	6,477	31117,94	14014,29
ИТОГО							**54349,57**
Вариант 3							
Бетон тяжелый, класс В15	$м^3$	10,310	401-0006	592,76	6,477	3282,11	39583,22
Горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-II диаметром 16–18 мм	т	0,026	204-0014	5650,00	6,477	31284,05	952,01
Надбавки к ценам заготовок за сборку и сварку каркасов и сеток плоских диаметром 16–18 мм	т	0,026	204-0039	1117,47	6,477	6187,43	188,18

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Верхняки металлические шарнирно-подвесные из взаимозаменяемых спецпрофилей	т	0,385	109-0107	5620,00	6,477	31117,94	14014,29
ИТОГО							**54737,70**
Монолитная железобетонная крепь с вынесенным профилем СВП (рис. 1.6)							
Вариант 1							
Бетон тяжелый, класс В25	$м^3$	9,100	401-0009	642,20	6,477	3555,86	37851,71
Горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-II диаметром 16–18 мм	т	0,028	204-0014	5650,00	6,477	31284,05	1024,66
Надбавки к ценам заготовок за сборку и сварку каркасов и сеток плоских диаметром 16–18 мм	т	0,028	204-0039	1117,47	6,477	6187,43	202,66
Верхняки металлические шарнирно-подвесные из взаимозаменяемых спецпрофилей	т	0,331	109-0107	5620,00	6,477	31117,94	12048,65
ИТОГО							**51127,68**
Вариант 2							
Бетон тяжелый, класс В20	$м^3$	9,100	401-0007	665,00	6,477	3682,11	39195,63

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-II диаметром 16–18 мм	т	0,028	204-0014	5650,00	6,477	31284,05	1024,66
Надбавки к ценам заготовок за сборку и сварку каркасов и сеток плоских диаметром 16–18 мм	т	0,028	204-0039	1117,47	6,477	6187,43	219,25
Верхняки металлические шарниро-подвесные из взаимозаменяемых спецпрофилей	т	0,385	109-0107	5620,00	6,477	31117,94	14014,29
ИТОГО							**68468,12**
Вариант 3							
Бетон тяжелый, класс В15	$м^3$	10,310	401-0006	592,76	6,477	3282,11	39583,22
Горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-II диаметром 16–18 мм	т	0,028	204-0014	5650,00	6,477	31284,05	1024,66
Надбавки к ценам заготовок за сборку и сварку каркасов и сеток плоских диаметром 16–18 мм	т	0,028	204-0039	1117,47	6,477	6187,43	219,25
Верхняки металлические шарниро-подвесные из взаимозаменяемых спецпрофилей	т	0,385	109-0107	5620,00	6,477	31117,94	14014,29

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
ИТОГО							**54841,42**
Монолитная железобетонная крепь с двумя профилями СВП (рис. 1.7)							
Вариант 1							
Бетон тяжелый, класс В20	$м^3$	11,530	401-0007	665,00	6,477	3682,11	49662,14
Горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-II диаметром 16–18 мм	т	0,021	204-0014	5650,00	6,477	31284,05	768,50
Надбавки к ценам заготовок за сборку и сварку каркасов и сеток плоских диаметром 16–18 мм	т	0,021	204-0039	1117,47	6,477	6187,43	152,00
Верхняки металлические шарниро-подвесные из взаимозаменяемых спецпрофилей	т	0,864	109-0107	5620,00	6,477	31117,94	31450,24
ИТОГО							**82032,88**
Вариант 2							
Бетон тяжелый, класс В25	$м^3$	11,530	401-0009	642,20	6,477	3555,86	47959,36
Горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-II диаметром 16–18 мм	т	0,019	204-0014	5650,00	6,477	31284,05	695,31

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Надбавки к ценам заготовок за сборку и сварку каркасов и сеток плоских диаметром 16–18 мм	т	0,019	204-0039	1117,47	6,477	6187,43	137,52
Верхняки металлические шарнирно-подвесные из взаимозаменяемых спецпрофилей	т	0,769	109-0107	5620,00	6,477	31117,94	27992,17
ИТОГО							**76784,36**
Металлическая арочная крепь с монолитным бетоном (рис. 3.32)							
Вариант 1							
Бетон тяжелый, класс В20	$м^3$	9,100	401-0007	665,00	6,477	3682,11	39195,62
Горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-II диаметром 16–18 мм	т	0,021	204-0014	5650,00	6,477	31284,05	768,50
Надбавки к ценам заготовок за сборку и сварку каркасов и сеток плоских диаметром 16–18 мм	т	0,021	204-0039	1117,47	6,477	6187,43	152,00
Верхняки металлические шарнирно-подвесные из взаимозаменяемых спецпрофилей	т	0,385	109-0107	5620,00	6,477	31117,94	16392,90
ИТОГО							**56509,02**

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Вариант 2							
Бетон тяжелый, класс В15	$м^3$	10,310	401-0006	592,76	6,477	3282,11	39583,22
Горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-II диаметром 16-18 мм	т	0,017	204-0014	5650,00	6,477	31284,05	622,12
Надбавки к ценам заготовок за сборку и сварку каркасов и сеток плоских диаметром 16–18 мм	т	0,017	204-0039	1117,47	6,477	6187,43	123,05
Верхняки металлические шарниро-подвесные из взаимозаменяемых спецпрофилей	т	0,331	109-0107	5620,00	6,477	31117,94	12048,65
ИТОГО							**52377,04**
Вариант 3							
Бетон тяжелый, класс В25	$м^3$	9,100	401-0009	642,20	6,477	3555,86	37851,01
Горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-II диаметром 16–18 мм	т	0,016	204-0014	5650,00	6,477	31284,05	585,53
Надбавки к ценам заготовок за сборку и сварку каркасов и сеток плоских диаметром 16–18 мм	т	0,016	204-0039	1117,47	6,477	6187,43	115,81

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Верхняки металлические шарниро-подвесные из взаимозаменяемых спецпрофилей	т	0,331	109-0107	5620,00	6,477	31117,94	12048,65
ИТОГО							**50601,00**

П Р И Л О Ж Е Н И Е Б

Патенты Российской Федерации

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 59726

КРЕПЬ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ

Патентообладатель(ли): ***Государственное образовательное учреждение "Кузбасский государственный технический университет" ГУ КузГТУ (RU)***

Автор(ы): ***см. на обороте***

Заявка № **2006124760**

Приоритет полезной модели **10 июля 2006 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации ***27 декабря 2006 г.***

Срок действия патента истекает **10 июля 2011 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам

Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **59 726** (13) **U1**

(51) МПК
E21D 11/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ(титульный лист)

(21), (22) Заявка: 2006124760/22, 10.07.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.07.2006

(45) Опубликовано: 27.12.2006 Бюл. № 36

Адрес для переписки:
650026, г.Кемерово, ул. Весенняя, 28,
Кузбасский государственный технический
университет, информационно-патентный отдел

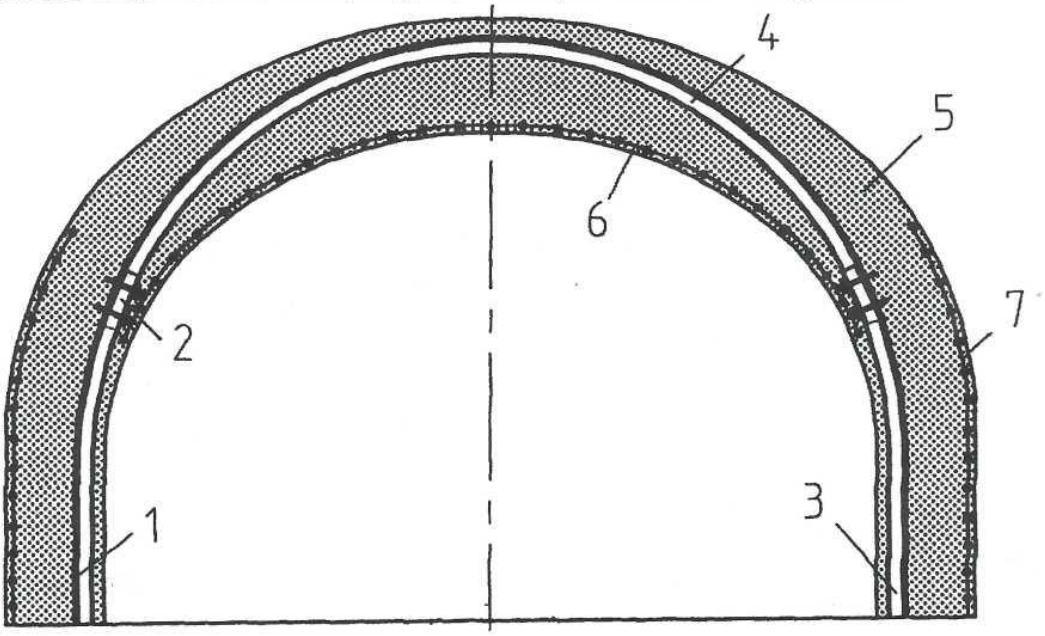
(72) Автор(ы):
Войтов Михаил Данилович (RU),
Першин Владимир Викторович (RU),
Садыков Кирилл Викторович (RU),
Будников Павел Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Государственное образовательное учреждение
"Кузбасский государственный технический
университет" ГУ КузГТУ (RU)

(54) КРЕПЬ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ

(57) Формула полезной модели

Крепь горной выработки, включающая слой бетонной крепи, армированный покрытыми затяжкой рамами металлической арочной крепи со стойками и верхняками, отличающаяся тем, что стойки арочной крепи расположены у внутренней поверхности вертикальной части слоя бетонной крепи, а верхняя точка верхняка расположена у наружной поверхности криволинейной части слоя бетонной крепи, причем у внутренней поверхности криволинейной части и у наружной поверхности вертикальной части слоя бетонной крепи установлены дополнительные армирующие сетки, не связанные между собой.



RU 59726 U1

RU 59726 U1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 122696

КРЕПЬ УСТЬЯ НАКЛОННОЙ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ В НАНОСАХ

Патентообладатель(ли): ***Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева" (КузГТУ) (RU)***

Автор(ы): ***Войтов Михаил Данилович, Першин Владимир Викторович, Будников Павел Михайлович***

Заявка № **2012125301**

Приоритет полезной модели **18 июня 2012 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации ***10 декабря 2012 г.***

Срок действия патента истекает **18 июня 2022 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **122 696** (13) **U1**

(51) МПК
E21D 11/04 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2012125301/03, 18.06.2012**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.06.2012

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **18.06.2012**

(45) Опубликовано: **10.12.2012** Бюл. № **34**

Адрес для переписки:
650000, г.Кемерово, ул. Весенняя, 28, КузГТУ, отдел управления интеллектуальными ресурсами

(72) Автор(ы):
Войтов Михаил Данилович (RU),
Першин Владимир Викторович (RU),
Будников Павел Михайлович (RU)

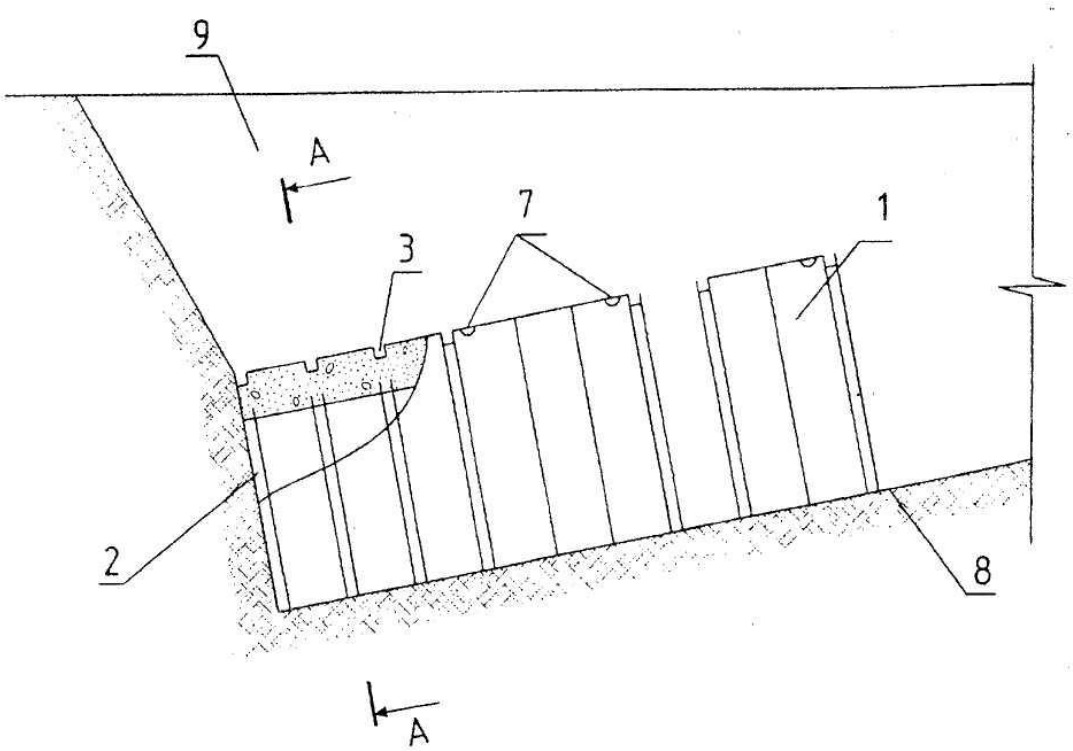
(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева" (КузГТУ) (RU)

RU 122696 U1

(54) КРЕПЬ УСТЬЯ НАКЛОННОЙ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ В НАНОСАХ

(57) Формула полезной модели

Крепь устья наклонной горной выработки в наносах, включающая слой бетона на уплотненном наклонном днище котлована, отрытого до коренных пород, отличающаяся тем, что слой бетона размещен между установленными снизу вверх секциями опалубки, каждая из которых содержит внутреннюю и внешнюю металлические опорные рамы, соединенные между собой внутренним и внешним съемными листами опалубки.



RU 122696 U1

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Акты

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «СУЭК-КУЗБАСС»

Шахтоуправление
им. Анатолия Дмитриевича Рубана

Утверждаю:
АО «СУЭК-Кузбасс»
Главный инженер шахтоуправления
им. Анатолия Дмитриевича Рубана

М.В. Саблин
«_____» 2018 г.

АКТ

внедрения результатов диссертации старшего преподавателя кафедры строительства подземных сооружений и шахт Кузбасского государственного технического университета им. Т. Ф. Горбачева Будникова П. М.

Мы, нижеподписавшиеся, представители АО «СУЭК-Кузбасс» Шахтоуправления имени А. Д. Рубана составила настоящий акт в том, что результаты диссертационной работы П. М. Будникова использованы при строительстве устья конвейерного наклонного ствола участка Магистральный АО «СУЭК-Кузбасс» Шахтоуправления имени А. Д. Рубана, а именно:

– по рекомендациям работы принята ресурсосберегающая монолитная железобетонная крепь (КМП-А3-27 с шагом через 1 м, с использованием со стороны боков дополнительной стержневой арматуры 7 ∅22 А-III и кровли – 10 ∅22 А-III) участка с отм. –10 м до отм. –15 м вместо рамной крепи КМП-А4-27-27, с перетяжкой боков и кровли железобетонной затяжкой. Шаг установки рам крепи – 0,4 м с омоноличиванием бетоном В15 толщиной 480 мм – в рамной части крепи и 350 мм – в циркульном обратном своде с использованием дополнительной стержневой арматуры.

В результате внедрения данных рекомендаций была повышена надежность крепи, снижены материальные и трудовые затраты, сокращена продолжительность строительства устья конвейерного наклонного ствола.

Экономический эффект составил 33,7 %.

Зам. гл. инженера по технологии А.А. Череповский

Факт получения реального экономического эффекта от рекомендаций по снижению затрат на крепление устья конвейерного наклонного ствола участка Магистральный подтверждаю.

Гл. экономист Н.И. Смирнова

Отдел кадров

Акт

об использовании результатов диссертационной работы
П. М. Будникова в учебном и научном процессе
Шаньдунского научно-технического университета

Настоящим актом подтверждаем, что результаты диссертационной работы старшего преподавателя кафедры строительства подземных сооружений и шахт Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева П. М. Будникова «Обоснование параметров и разработка технологии крепления устьев наклонных стволов в условиях шахт Кузбасса» приняты к использованию в учебном процессе ШНТУ при подготовке специалистов по шахтному и подземному строительству.

Научные результаты диссертационной работы П. М. Будникова, в частности, новая конструкция крепи устьев наклонных стволов принята к использованию в проектах строительства новых наклонных стволов на строящихся шахтах КНР.

Проректор ШНТУ
по научной работе,
доктор технических наук, профессор

Директор института
гражданского строительства
и архитектуры,
доктор технических наук, профессор Цзяо Ви-Го

2018.10.16

Акт составлен на китайском, английском и русском языках, каждый в 3х экземплярах.

АКТ

об использовании результатов диссертационной работы П. М. Будникова в ООО «Сибирский Институт Горного Дела»

Настоящим актом подтверждаем, что результаты диссертационной работы старшего преподавателя кафедры строительства подземных сооружений и шахт Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева П. М. Будникова приняты ООО «Сибирский Институт Горного Дела» для использования в проектах строительства новых наклонных стволов на угольных шахтах.

Директор
ООО «Сибирский Институт
Горного Дела»
кандидат технических наук Т. В. Корчагина