

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева»

В. В. Першин, М. Д. Войтов, А. Б. Сабанцев, П. М. Будников

# **ОСНОВЫ ГОРНОГО ДЕЛА (СТРОИТЕЛЬНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ)**

Учебное пособие для студентов  
обучающихся по направлению подготовки  
специалистов 130400 «Горное дело»  
Электронный ресурс

Рекомендовано учебно-методической комиссии направления  
подготовки специалистов 130400.65 «Горное дело»  
в качестве электронного издания

Кемерово, 2013 г.

## Рецензенты:

Копытов А. И. – д.т.н., профессор кафедры строительства подземных сооружений и шахт.

Дементьев А. В. – к.т.н., доцент кафедры строительства подземных сооружений и шахт.

**Першин Владимир Викторович.** Основы горного дела (строительная геотехнология) [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов по направлению подготовки специалистов 130400 «Горное дело» / В. В. Першин, М. Д. Войтов, А. Б. Сабанцев, П. М. Будников. – Электрон. дан. – Кемерово : КузГТУ, 2013. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 32 Мб; Windows XP; мышь. – Загл. с экрана.

Включает ознакомление с терминологией и позволяет получить представление об этапах развития строительной геотехнологии, о способах и схемах строительства вертикальных, горизонтальных и наклонных горных выработок, а также о средствах механизации бурения шпуров, погрузке и транспортировании горной массы. Также студент получит представление об основах проектирования выработок большого поперечного сечения и о горно-технических зданиях и сооружениях.

© КузГТУ  
© Першин В. В.  
© Войтов М. Д.  
© Сабанцев А. Б.  
© Будников М. П.

## ВВЕДЕНИЕ

Горное дело – это область деятельности человека, включающая в себя горную науку и горное производство, охватывающая всю совокупность способов разведки месторождений полезных ископаемых, строительства и эксплуатации горнодобывающих предприятий и предприятий первичной переработки и обогащения минерального сырья, строительства подземных сооружений с целью освоения природных ресурсов недр Земли.

Геотехнология – наука, изучающая способы и процессы освоения недр; создающая теоретические основы и инженерные решения эффективной, экономически целесообразной и экономически допустимой разработки месторождений, строительства и эксплуатации горнодобывающих предприятий, а также освоения подземного пространства в целях, не связанных извлечением полезных ископаемых.

Геотехнология – также комплекс горных наук, выявляющих предпосылки и формирующих научные знания для обоснования и разработки технологических, технических и организационных решений по освоению недр, расширяющих и углубляющих функциональные возможности горных предприятий и техногенного преобразования недр.

Дисциплина «Основы горного дела (строительная геотехнология)» является одной из первых дисциплин базовой части профессионального цикла для подготовки специалистов по направлению 130400.65 «Горное дело», специализаций: 130401.65 «Подземная разработка пластовых месторождений», 130404.65 «Маркшейдерское дело», 130405.65 «Шахтное и подземное строительство», 130412.65 «Технологическая безопасность и горно-спасательное дело».

Целями освоения дисциплины «Основы горного дела (строительная геотехнология)» являются формирование у студентов представления о будущей профессии и получении базовых знаний об основных принципах строительства горных выработок, а также горнотехнических зданий и сооружений.

Дисциплина «Основы горного дела (строительная геотехнология)» формирует теоретические знания, практические навыки,

вырабатывает компетенции, которые дают возможность выполнять следующие виды профессиональной деятельности: производственно-технологическую; проектную; научно-исследовательскую; организационно-управленческую.

При подготовке учебного пособия авторы опирались на опыт проведения ряда дисциплин базовой части профессионального цикла, сущность которого была сведена, во-первых, к учету уровня знаний на этапе преподавания дисциплины для обеспечения освоения дисциплины для обеспечения усвоения студентами материала учебного пособия, во-вторых, к изложению вопросов, имеющих наиболее общий характер для подготовки специалистов по направлению 130400.65 «Горное дело», в-третьих, к мотивации приобретения студентами дополнительных компетенций путем самостоятельной работы с научно-технической литературой и, в-четвертых, к побуждению участия студентов в изучении процессов и решении технических задач, связанных со строительством подземных горных выработок и горно-технических зданий на поверхности горных предприятий.

В результате изучения дисциплины студент должен освоить терминологию и получить представление об этапах развития строительной геотехнологии, о способах и схемах строительства вертикальных, горизонтальных и наклонных горных выработок, а также о средствах механизации бурения шпуров, погрузке и транспортировании горной массы. Также студент получит представление об основах проектирования выработок большого поперечного сечения и о горно-технических зданиях и сооружениях.

Учебное пособие написано в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования ФГОС III и учетом рекомендаций примерной основной образовательной программы по направлению подготовки специалистов 130400 «Горное дело», специализаций: 130401.65 «Подземная разработка пластовых месторождений», 130404.65 «Маркшейдерское дело», 130405.65 «Шахтное и подземное строительство», 130412.65 «Технологическая безопасность и горно-спасательное дело».

# 1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

## 1.1 Понятие «Строительная геотехнология»

Впервые термин «Строительная горная технология», или «Строительная геотехнология», был введен академиком В. В. Ржевским [1]. Ее главную задачу он определил как «обеспечение исследованиями проектирования, строительства и реконструкции горных предприятий по добыче полезных ископаемых и подземных сооружений различного назначения».

К горно-строительным процессам относятся выемка, погрузка и транспортировка породы, возведение временных и постоянных инженерных конструкций (крепей, обделок, армировки стволов), управление состоянием массива вмещающих пород (замораживание, химическое укрепление, тампонаж, водопонижение и т.п.), а также возведение надшахтных зданий и сооружений.

Закономерности и зависимости, характеризующие взаимосвязь горно-строительных процессов, в совокупности составляют теоретические основы методологии проектирования методов, способов и технических средств освоения подземного пространства. Примерами могут служить: зависимости технической производительности проходческих комбайнов от физико-механических свойств пород; скорости бурения шпуров и скважин от их диаметра и крепости пород; времени создания ледопородного ограждения от температуры замораживания; допустимой скорости подъемных сосудов от шага армировки; грузонесущей способности рамной крепи от типоразмера профиля и др.

Строительная геотехнология, как и другие горные науки, изучает комбинации объективных законов природы применительно к искусственно создаваемым системам, в данном конкретном случае к системе «человек – подземное сооружение – массив горных пород».

**Целью** строительной геотехнологии (СГТ) как науки является изучение объективных закономерностей и взаимосвязей между элементами горно-строительной технологии, качественно и количественно характеризующих эксплуатационную надежность

подземных сооружений и эффективность процесса их строительства, реконструкции и восстановления.

**Главной задачей** строительной геотехнологии следует считать разработку научных рекомендаций, обеспечивающих надежность, безопасность и эффективность реализации технических решений по строительству, реконструкции и восстановлению подземных сооружений.

**Объектами изучения** строительной геотехнологии являются подземные сооружения горнодобывающих предприятий и энергетических комплексов, транспортные, гидротехнические, коммунальные тоннели, метрополитены, инженерные сооружения в подземном пространстве городов и другие подземные сооружения хозяйственного, социального, экологического и оборонного назначения.

**Предметом изучения** строительной геотехнологии являются: процессы взаимодействия конструкций подземных сооружений с массивом горных пород; методы проектирования и расчета конструкций подземных сооружений; способы и средства обеспечения их прочности, устойчивости и долговечности; способы и методы строительства, реконструкции и восстановления подземных сооружений и горнотехнических зданий и сооружений; способы и средства механизации и автоматизации горно-строительных работ; способы охраны подземных сооружений от вредных природных и техногенных воздействий; методы организации и управления горно-строительными работами и их экономической эффективностью; материальные и трудовые ресурсы; методы и технические средства обеспечения безопасности работ; экологические последствия горно-строительных работ и меры по сохранению недр и окружающей среды.

В обобщенном виде основные понятия и определения строительной геотехнологии приведены на рисунке 1.1.

## **1.2 Этапы развития строительной геотехнологий**

20-е годы XX века характеризовались интенсивным проектированием и строительством горных предприятий, тоннелей, подземных гидротехнических сооружений. Организуются научные исследования по проблемам горного дела, в том числе и по

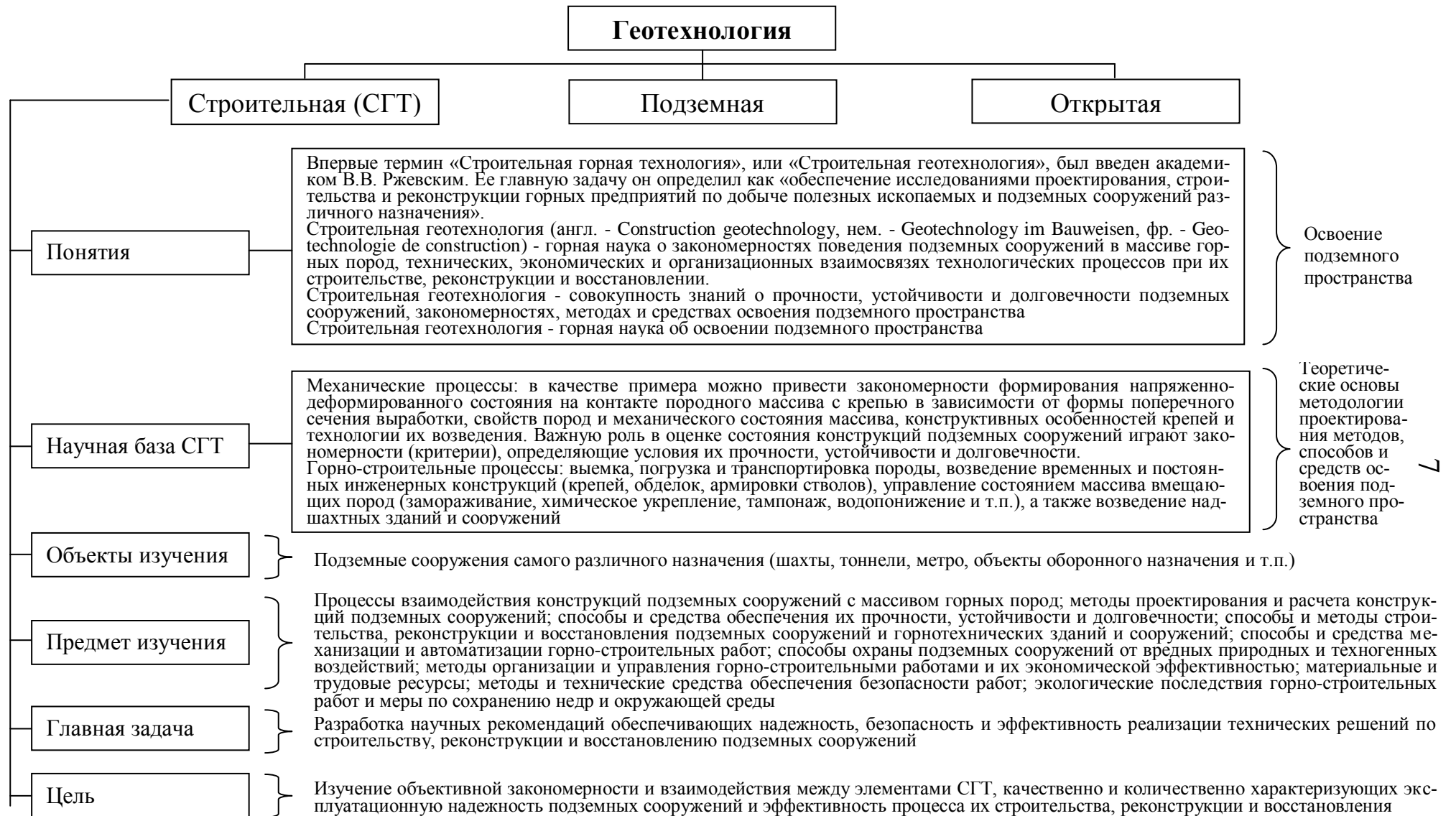


Рисунок 1.1 – Основные понятия и определения строительной геотехнологии

строительной геотехнологии. Систематизация опыта строительства горных выработок и научное обоснование горнопроходческих работ впервые встречается в работах Н. А. Успенского, М. М. Протодьяконова, Б.И. Бокия.

Наиболее интенсивное развитие вопросы строительной геотехнологии получили в 30–40 годы. Интенсивно разрабатывались и внедрялись средства механизации горнопроходческих работ (А. М. Терпигорев, А. О. Спиваковский, А. А. Скочинский, институт «Гипроуглемаш» и др.), специальные способы проведения выработок (Н. Г. Трупак, Я. А. Дорман, В. А. Федюкин, Е. В. Платонов, А. А. Бойков, А. И. Гертнер, Г. И. Маньковский, Д. В. Солодовников, В. П. Иванов, К. Н. Щепотьев и др.). Начали использоваться методы расчёта параметров буровзрывных работ, применяться новые типы бурильных машин, первые отечественные проходческие комбайны и погрузочные машины. Появились научные труды по систематизации, анализу и обобщению практики проведения горных выработок.

В 50–60 годы имеет место дальнейшее совершенствование техники и технологии строительства горных выработок. Совершенствуется технология бурения шпуров, погрузки породы, проходческого подъёма, водоотлива, вентиляции, возведения крепи, армировки стволов и других технологических процессов (Б. В. Бокий, Н. М. Покровский, И. В. Баронский, Ю. З. Заславский, Р. А. Тюркян, Г. А. Ганзен и др.).

При строительстве горизонтальных выработок применяются бурильные машины с механической подачей на забой и высокопроизводительные погрузочные машины, совершенствуется призабойный транспорт. Разрабатываются новые конструкции крепи и научно обоснованные методы их расчёта (П. М. Цимбаревич, В. Д. Слесарев, В. Н. Семевский). Проводятся исследования по разработке буровых установок для бурения стволов большого диаметра (Г. И. Маньковский, Г. И. Булах и др.). Издаются фундаментальные труды по бурению стволов (Г. И. Маньковский), замораживанию пород (Н. Г. Трупак), химическому закреплению грунтов (Б. А. Ржаницын).

Развиваются исследования в области тоннелестроения - создаются высокопроизводительная техника, разрабатываются новые технологические процессы и прогрессивные конструкции тонне-



лей, осуществляется переход от чугунных обделок к железобетонным, внедряется технология щитового способа строительства тоннелей мелкого заложения (В. П. Волков, В. Г. Храпов, Ю. А. Лиманов и др.). Были созданы и внедрены высокопроизводительные стволопроходческие комплексы для проведения неглубоких стволов. С большим эффектом применяются механизированные проходческие щиты диаметром 2,1–5,6 м с роторными и экскаваторными рабочими органами, горизонтальными рассекающими площадками и гидравлической пригрузкой забоя. Внутренняя гидроизоляционная рубашка возводится с помощью механизированных опалубок. Для проведения мини-тоннелей диаметром 0,3–2,0 м в условиях городской застройки применяются прокольные и продавливающие установки статического и динамического действия с безлюдной технологией производства работ.

В 60-е годы получает развитие строительство подземных гидротехнических сооружений. На рубеже 50–60-х годов в России построена первая в мире подземная атомная электростанция. Разрабатываются научные основы проектирования и строительства, включающие:

- способы строительства выработок большого поперечного сечения с применением самоходного оборудования и облегчённых крепей, позволяющие осуществлять проведение сплошным забоем и по элементам сечения последовательно и параллельно во времени;

- методы расчёта параметров буровзрывных работ, вентиляции, погрузки породы и крепления, алгоритмы построения циклов проходческих и бетонных работ.

На горнодобывающих предприятиях внедряются мощные стволовые проходческие комплексы, отрабатывается новая технология механизации возведения монолитной бетонной крепи с применением створчатой опалубки и подачей бетона в ствол по трубам. Получает дальнейшее развитие комбайновая технология проведения выработок, что, в основном, связано с разработками в теории разрушения горных пород при бурении, оптимизации режимов бурения и т. п. Научно обосновывается целесообразность применения замораживания пород при строительстве глубоких

стволов, при высоких напорах и засоленности подземных вод. Внедряется способ погружения крепи в тиксотропной рубашке.

В 70–80-е годы проводятся исследования по обоснованию прогрессивных конструкций крепи горных выработок и подземных сооружений. (Ю. З. Заславский, А. П. Максимов, М. Н. Гелескул, В. Н. Каретников, И. Л. Черняк, В. Н. Семевский, А. П. Широков, О. В. Тимофеев, Д. М. Голицынский, Э. В. Казакевич, В. С. Воронин). Возникает новое направление в исследованиях по обеспечению устойчивости подземных объектов - использование несущей способности массива как несущей конструкции (Н. С. Булычёв, И. В. Баклашов, Б. А. Картозия, А. Г. Протосеня, Г. Г. Литвинский, Е. Б. Дружко, К. В. Кошелев, Ю. З. Заславский и др.). Начинается систематическое исследование разработки конструкций подземных хранилищ нефти и газа и технологии их строительства (О. М. Иванцов, В. И. Смирнов), исследования по применению ядерных взрывов для создания подземных полостей (М. А. Садовский, Ю. Б. Харитонов, Е. А. Леонов и др.). Систематизируются теоретические исследования и практика строительства подземных сооружений больших поперечных сечений, где отражены выбор способа и технологии строительства, методы расчёта основных параметров производственных процессов, организации работ, научные основы автоматизированных систем проектирования организации и производства горностроительных работ. Развиваются нетрадиционные способы замораживания горных пород при строительстве городских подземных сооружений (М. Н. Шуплик, В. И. Ресин, С. М. Дукаревич и др.).

Во второй половине 80-х годов – начале 90-х годов разработана и внедрена цельносекционная обделка для тоннелей, сооружаемых открытым способом. Созданы конструкции станций односводчатого и пилонного типа глубокого заложения из сборного железобетона, применяются в метростроении отечественные механизированные проходческие щиты Щ 105, КТ-1-5,6, КТ-5,6-Д2, комплекс КМО-2,5 [2].

В обобщенном виде этапы развития строительной геотехнологии представлены на рисунке 1.2.

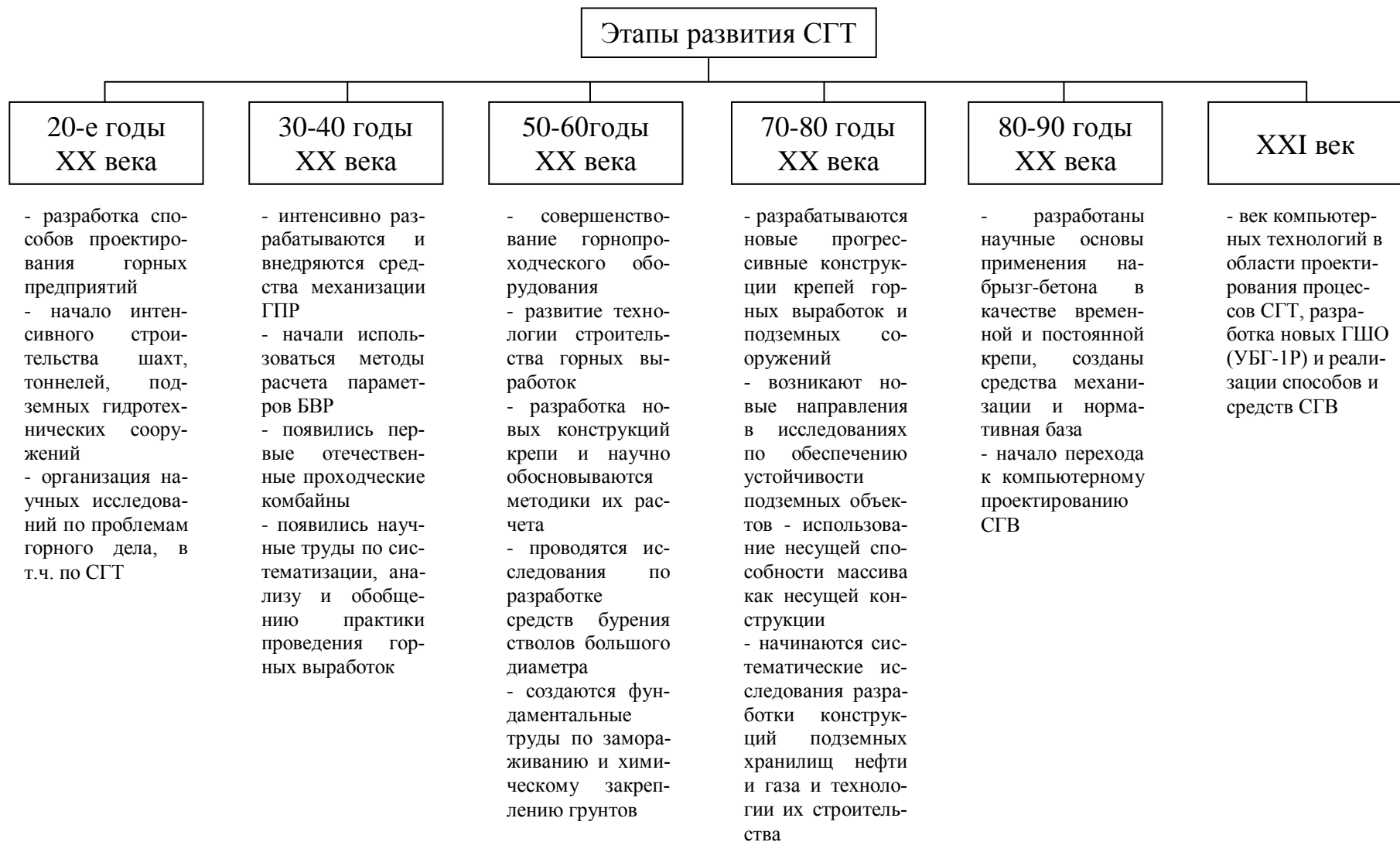


Рисунок 1.2 – Этапы развития строительной геотехнологий

### 1.3 Основные научные направления строительной геотехнологии

Основными научными направлениями строительной геотехнологии являются [1]:

– **методология проектирования подземных сооружений**, включающая исследования и обоснование социально-экономической целесообразности и технической возможности строительства подземных сооружений, месторасположения подземного сооружения, его формы и размеров, в зависимости от функционального назначения, горно-геологических условий строительства, влияния технологии строительных работ и т.п.; стратегию и методы освоения техногенных подземных пространств, при утилизации и повторном использовании существующих подземных горных выработок и сооружений;

– **механика подземных сооружений**, содержанием которой являются оценка устойчивости подземных сооружений, исследование процессов взаимодействия инженерных конструкций с породными массивами и установление качественных и количественных характеристик их напряженно-деформированного состояния, изучение закономерностей формирования нагрузок с учетом влияния горного и гидростатического давления, сейсмического воздействия, температуры окружающей среды, влияния технологии ведения горностроительных работ и т.п., обоснование новых материалов, рациональных типов и конструкций крепей и обделок, разработка новых методов расчета инженерных конструкций (крепи, обделки, породные конструкции, армировка), оценка их прочности, устойчивости и долговечности;

– **обоснование технологии строительства, реконструкции и восстановления** подземных горных выработок и сооружений, включающее исследования взаимосвязей элементов технологии горно-строительных работ, установление качественных и количественных параметров, определяющих выбор способов, техники и технологии строительства, с учетом влияния природных и техногенных факторов на ее технико-экономические показатели, методов организации и управления работами по строи-

тельству одиночных горных выработок, комплексов подземных сооружений обычными и специальными способами, а также горно-технических зданий и сооружений на поверхности; исследования и обоснование схем и способов технологии ремонта, реконструкции и восстановления подземных сооружений с целью увеличения срока их службы или повторного использования с новым функциональным назначением;

– *управление состоянием породного массива* при ведении горно-строительных работ, включающее исследования и обоснование способов и технологических параметров процессов замораживания, химического укрепления, тампонажа, водопонижения, осушения, разупрочнения пород и др., при строительстве, реконструкции и восстановлении подземных сооружений в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях.

Строительная геотехнология, как составная часть комплекса горных наук, связана с широким кругом естественных, общетехнических и социально-экономических наук. В своем развитии она опирается на знания физики, химии, математики, геологии, теплотехники и термодинамики, экономической теории, социологии и др. Кроме того, ее специфические особенности обуславливают связь со строительной механикой, инженерной геологией, материаловедением, охраной труда, экологией и правом. Из комплекса горных наук наиболее тесную связь строительная геотехнология имеет с геомеханикой, геотехнологиями, геотехникой, геоинформатикой. На базе научных знаний, составляющих содержание строительной геотехнологии, сформировались учебные и научные дисциплины: «Механика подземных сооружений и конструкции крепей»; «Материалы и конструкции подземных сооружений»; «Сооружение и реконструкция горных выработок»; «Технология строительства подземных сооружений»; «Горно-технические здания и сооружения»; «Тоннели и метрополитены»; «Подземные гидротехнические сооружения»; «Городские подземные транспортные сооружения» и др.

Отдельные разделы перечисленных дисциплин, в силу своей значимости и сложности, получили углубленное самостоятельное развитие. К их числу относятся: бурение стволов, проектирование и расчет армировки стволов; специальные способы строи-

тельства подземных сооружений; строительство городских подземных сооружений и др.

В обобщенном виде основные научные направления строительной геотехнологии представлены на рисунке 1.3.

#### **1.4 Работы по строительству шахты (рудника)**

Работы по строительству шахты (рудника) включает шесть основных этапов (рисунок 1.4).

До начала работ подготовительного периода необходимо выполнить ряд организационных мероприятий:

- детально изучить проектно-сметную документацию по строительству как шахты в целом, так и по отдельным объектам;
- оформить финансирование строительства шахты;
- оформить отвод земельных участков под промышленное и жилищное строительство;
- получить разрешение и заключить договоры с соответствующими организациями на подсоединение объектов строительства к силовым, водопроводным, железнодорожным, телефонным сетям и т.д.;
- установить возможность использования местных строительных материалов;
- заключить договоры с заказчиками, поставщиками и другими организациями по обслуживанию строительства и выдать заявки на поставку необходимых материалов и оборудования.

Подготовительным периодом при строительстве шахты (рудника) считается промежуток времени между началом строительного-монтажных работ (СМР) и началом строительства стволов. Начало подготовительного периода является официальной датой начала строительства шахты.

Работы подготовительного периода следует начинать после полного окончания работ, предшествующих подготовительному периоду, а строительство стволов - после завершения всех работ подготовительного периода.

На объем и продолжительность работ подготовительного периода значительное влияние оказывают производственная мощность шахты и число одновременно сооружаемых стволов.

## Основные научные направления СГТ

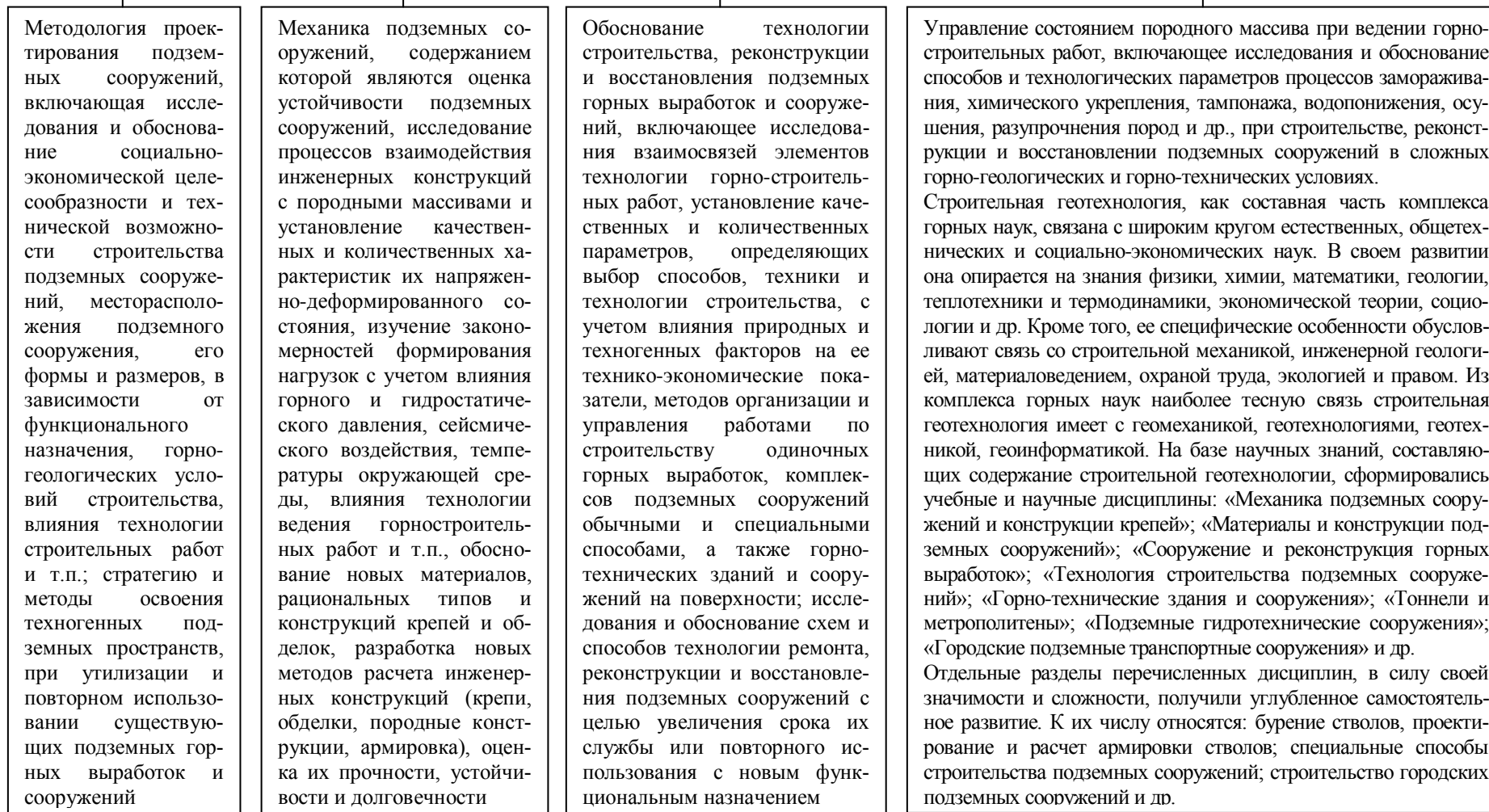


Рисунок 1.3 – Основные научные направления СГТ



Рисунок 1.4 – Работы по строительству шахты



Расстояние от промышленной площадки до основных магистралей железных и шоссейных дорог, источников электроснабжения и водоснабжения; степень технической вооруженности и освоенности района, в котором производится строительство шахты; топографические условия и др.

За пределами промышленных площадок в подготовительный период осуществляют: сооружение подъездных железных и шоссейных дорог;

Строительство водопровода и линий электропередачи и связи; в отдельных случаях строительство электроподстанций, объектов строительной и ремонтной баз, складских помещений; жилых домов и культурно-бытовых зданий, а также добычу местных строительных материалов (камня, песка, глины, известняка, гипса и т.д.).

В число работ подготовительного периода включают также так называемые работы нулевого цикла, выполняемые непосредственно на промышленной площадке: расчистку ее от леса, кустарника и пр.; осушение территории строительства, вертикальную и горизонтальную планировку ее, отвод поверхностных вод, устройство проездов, ограждение площадки; сооружение подземных коммуникаций для электроснабжения площадки; сооружение подземных коммуникаций для электроснабжения, водоснабжения, пароснабжения и канализации; рытье котлованов и сооружение фундаментов для постоянных и временных зданий и сооружений, используемых в период строительства; сооружение устьев стволов с примыкающими к ним каналами.

Непосредственно к строительным и монтажным работам подготовительного периода относят: сборку инвентарных временных зданий и сооружений или строительство части постоянных зданий и сооружений; монтаж машин, лебедок и прочего оборудования, необходимого для сооружения стволов; выполнение противопожарных мероприятий.

Вопросы, связанные со строительством шахтных стволов, горизонтальных и наклонных горных выработок, а также строительства горнотехнических зданий и сооружений на поверхности шахт рассматриваются в последующих главах.

**Контрольные вопросы к главе 1**

1. *Что понимается под термином «Строительная геотехнология»*
2. *Назовите основные горно-строительные процессы.*
3. *Какова главная задача строительной геотехнологии?*
4. *Что является предметом изучения строительной геотехнологии?*
5. *Назовите основные этапы развития строительной геотехнологии.*
6. *Перечислите основные научные направления строительной геотехнологии.*
7. *Какие работы выполняются при строительстве шахты?*

## 2 СТРОИТЕЛЬСТВО ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

### 2.1 Общие сведения

Шахтный ствол – вертикальная (или наклонная) горная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и предназначена для обслуживания подземных работ в пределах шахтного поля.

Верхнюю часть ствола, примыкающую к поверхности и имеющую более прочную крепь, называют устьем ствола, а нижнюю часть, расположенную ниже последнего откаточного горизонта – зумпфом.

Из общего объема горнопроходческих работ (ГПР), выполняемых при строительстве шахт вертикальные стволы занимают 11–16 %. В тоже время по трудоемкости, ограниченности фронта и сложности выполняемых работ строительство вертикальных стволов занимает 25–50% всего времени строительства шахты [3].

Назначение стволов и их классификация приведена на рисунке 2.1.

Наиболее целесообразным в экологическом и технологическом отношении является вариант расположения главного ствола примерно в центре шахтного поля. По отношению к главному стволу различают центральное, центрально-отнесенное, фланговое, комбинированное и блоковое (секционное) расположение вспомогательных стволов (рисунок 2.2).



Рисунок 2.1 – Назначение стволов и их классификация

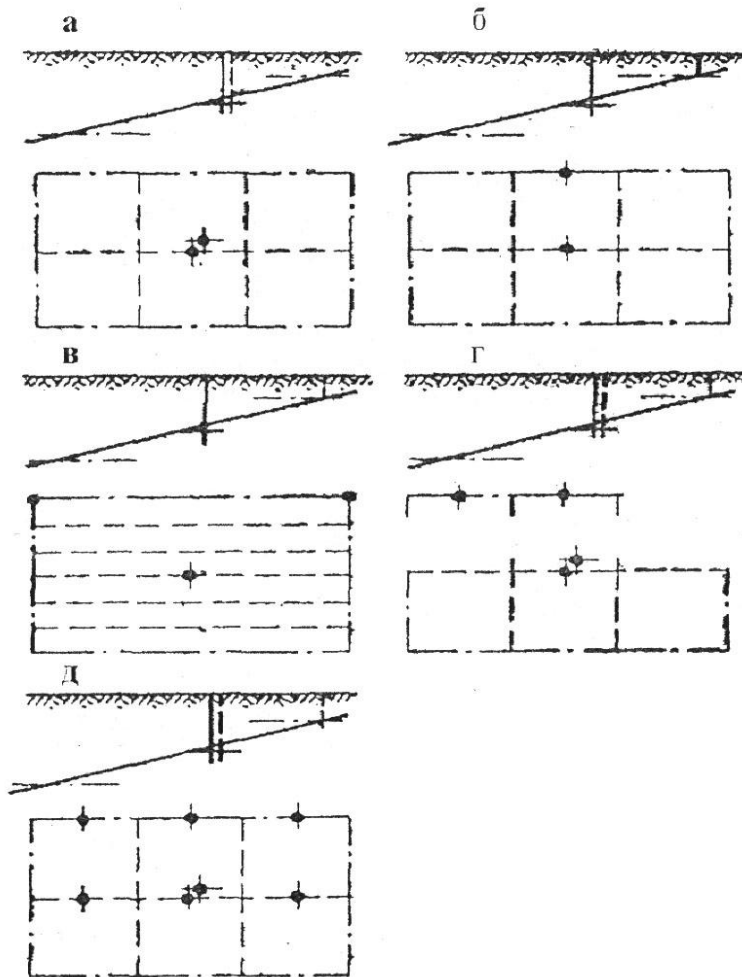


Рисунок 2.2 – Взаимное расположение вертикальных главного и вспомогательных стволов в пределах шахтного поля

При центральном (*а*) расположении оба ствола шахты пройдены в центре шахтного поля, соединены между собой выработками околоствольного двора. Главный ствол служит для подъема полезного ископаемого и породы на поверхность, вспомогательный – для спуска и подъема людей и оборудования, пуска лесоматериалов. По одному из стволов подают воздух в шахту, по другому – исходящая струя выходит из шахты. При центрально-отнесенном расположении (*б*) вспомогательный ствол пройден у верхней границы шахтного поля и используется главным образом для отвода исходящей струи воздуха из шахты. Главный ствол, расположенный в центре шахтного поля, выполняет все транспортные функции. При фланговом расположении (*в*) главный ствол пройден в центре шахтного поля, а вспомогательный – на флангах у верхней границы. Стволы выполняют те же функции,

что и при центрально-отнесенном расположении. При комбинированном (з) расположении кроме двух центральных стволов имеется дополнительно один или несколько вентиляционных стволов, пройденных до верхней границы шахтного поля или откаточного горизонта. Схему с блоковым расположением стволов (д) применяют при строительстве шахт с большой производственной мощностью, а также при отработке пластов с повышенным метановыделением.

Вертикальные шахтные стволы могут иметь различную форму поперечного сечения (рисунок 2.3): круглую (а), прямоугольную (б), криволинейную (в), эллиптическую (з) и прямоугольную (д) с выпуклыми короткими сторонами. Наибольшее распространение в практике шахтного строительства получила круглая форма поперечного сечения вертикальных стволов. Вертикальные шахтные стволы такой формы более удобны для организации и механизации проходческих работ, обеспечивают наибольшую устойчивость вмещающих породного массива, лучше противостоят давлению горных пород, более удобны для герметизации крепи.

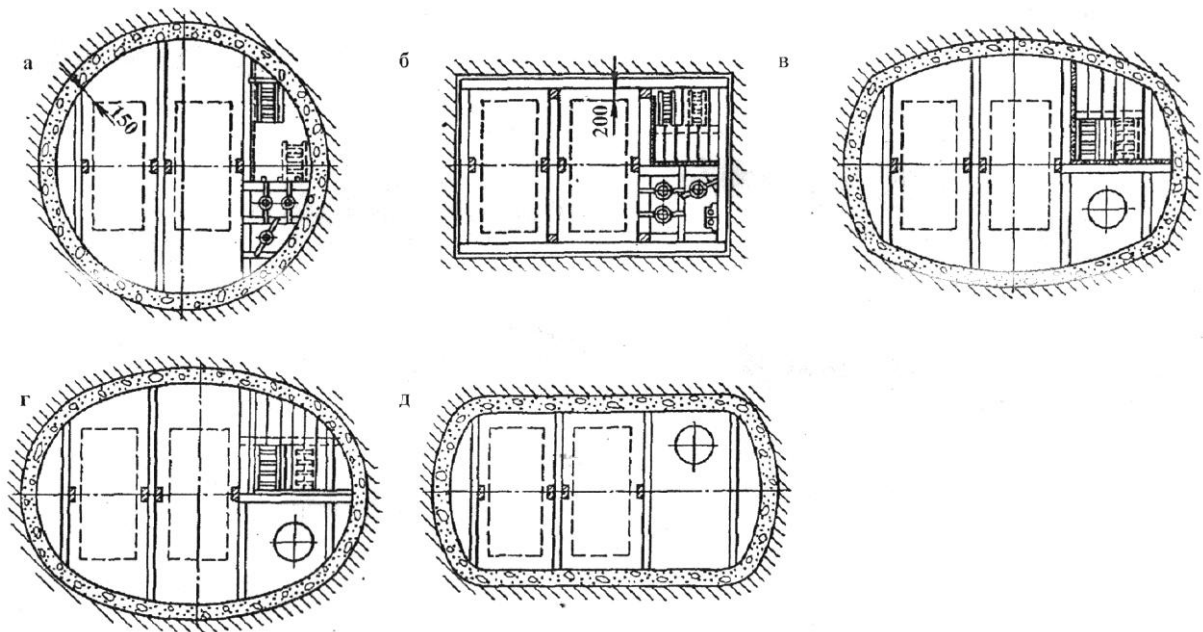


Рисунок 2.3 – Формы поперечного сечения стволов

## **2.2 Классификация технологических схем строительства вертикальных стволов**

Классификация технологических схем (ТС) строительства вертикальных стволов (СВС) приведена на рисунке 2.4.

Все ТС СВС делятся на две группы [5]:

- с последующим армированием;
- с параллельным армированием.

Технико-экономические показатели применения различных ТС СВС представлены в таблице 2.1.

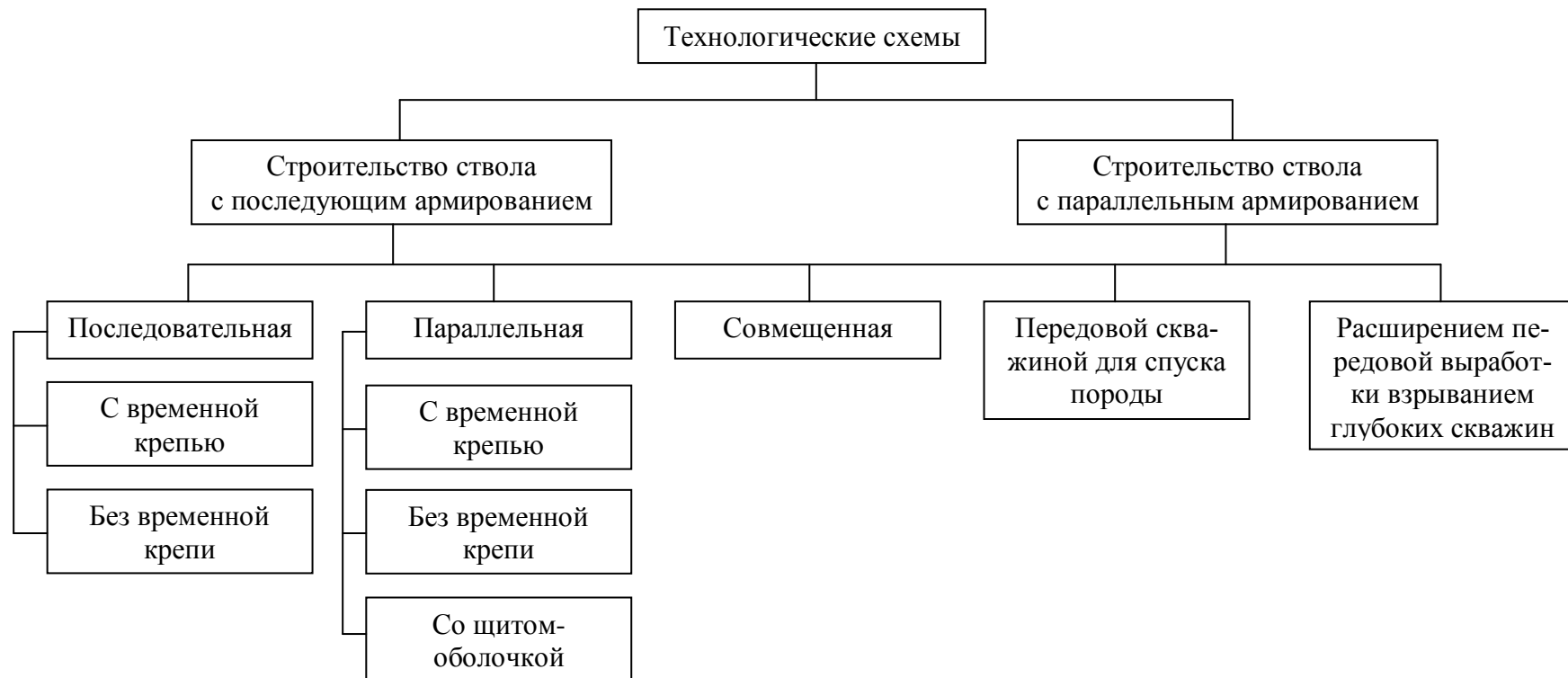
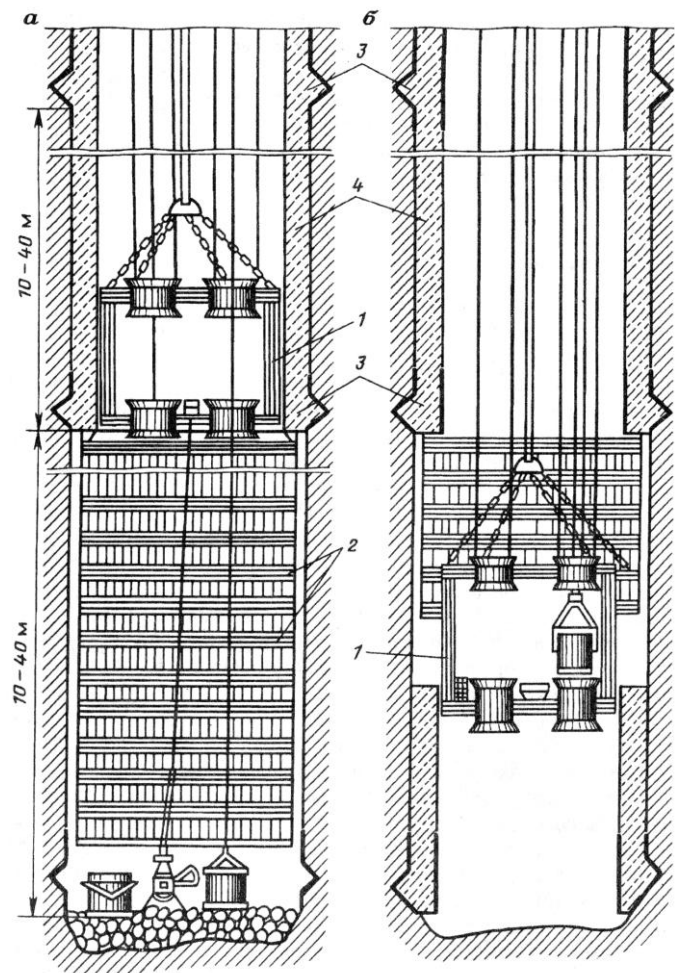


Рисунок 2.4 – Классификация ТС строительства вертикальных стволов



Таблица 2.1 – Техничко-экономические показатели различных ТС

Показатели	Схема проходки с последующим армированием			
	последовательная	параллельная с временной крепью	параллельная без временной крепи	совмещенная
Взаимосвязь выемки породы и возведения крепи:				
во времени	Последовательная	Параллельная	Параллельная	С частичным совмещением или последовательная
в пространстве	В одной заходке	В двух смежных заходках	В одной заходке	В одной призабойной заходке
Высота заходки, м	10–30	15–20	20–30	2–5
Тип временной крепи	Металлические кольца с затяжкой		Щит-оболочка	–
Способ возведения постоянной крепи	Снизу вверх		Сверху в низ	
Скорость проходки, м/мес:				
средняя	15–25	50–70	200–250	80–100
максимальная	62	201	401	203



*a* – выемка породы; *б* – возведение крепи;  
 1 – подвесной полок; 2 – временная крепь;  
 3 – опорные венцы; 4 – постоянная крепь

**Сущность:** последовательное выполнение работ по выемке породы и возведению крепи в одной призабойной заходе (участке), т.е. ствол по всей глубине разделяют на заходки (участки), высота которых зависит от устойчивости пород:

- в слабых породах  $l_{\text{зах}} = 10-15$  м;
- в крепких породах  $l_{\text{зах}} = 20-40$  м.

**Область применения:** строительство стволов глубиной 100–150 м. Широко применялась до 1952 г. С 1960 г. Практически не применяется.

**Недостатки:** последовательное выполнение работ по выемке породы и возведению крепи:

- наличие временной крепи в виде металлических колец (в крепких и устойчивых породах может не применяться);
- большие затраты времени на выполнение вспомогательных операций;
- применение для погрузки породы малопроизводительных грейферов КС-3 с ручным вождением;
- подъем породы в бадьях вместимостью 1–1,5 м<sup>3</sup>.

**Достоинства:**

- простая организация работ;
- малый объем работ по оснащению ствола для проходки.

Рисунок 2.5 – Последовательная схема

## **2.3 Строительство стволов с последующим армированием**

### **Последовательная схема**

Сущность, область применения, основные этапы по выемке породы и возведения крепи, а также недостатки и достоинства последовательной схемы приведены на рисунке 2.5.

### **Параллельная схема**

Сущность, область применения, недостатки и достоинства параллельных схем СВС приведены на рисунке 2.6.

Параллельная схема имела широкое распространение до 1959 г. поскольку обеспечивала высокие (для того времени) скорости СВС (50–70 м/мес).

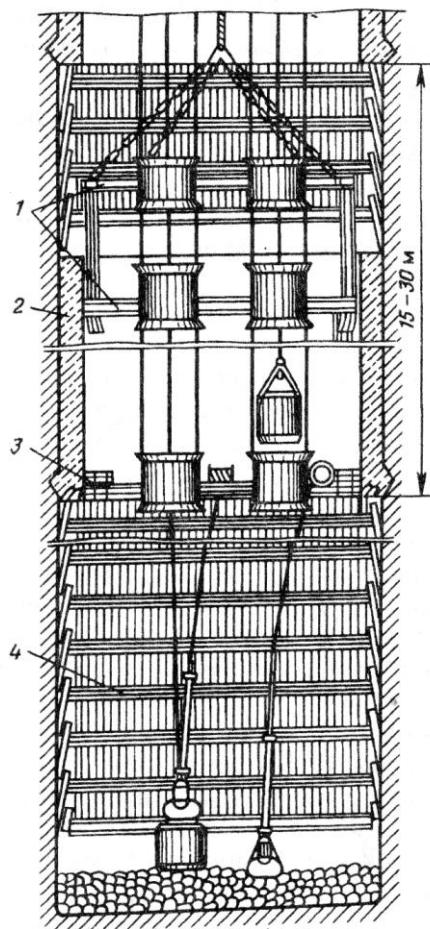
Однако из-за существенных недостатков (см. рисунок 2.6) параллельная схема с начала 60-х годов XX века вытесняется наиболее прогрессивной совмещенной схемой.

### **Совмещенная схема**

Совмещенная схема СВС начала применяться с 1956 г. в связи с переходом на крепление некоторых стволов железобетонными тубингами. С начала 60-х годов XX века совмещенная схема получила дальнейшее развитие в связи с применением металлических подвижных опалубок со спуском бетонной смеси по трубам.

Сущность, область применения, недостатки и достоинства совмещенной схемы СВС приведены на рисунке 2.7.

и  
и  
Не-  
-  
-  
ды  
по-  
-  
-  
и  
На



1 – подвесной полок; 2 – постоянная крепь;  
3 – натяжная рама; 4 – временя крепь

**Сущность:** одновременное производство работ по выемке породы и возведению постоянной крепи. В нижнем звене ведутся работы по подвиганию забоя возведению временной крепи под защитой предохранительного полка. В верхнем звене возводиться постоянная крепь.

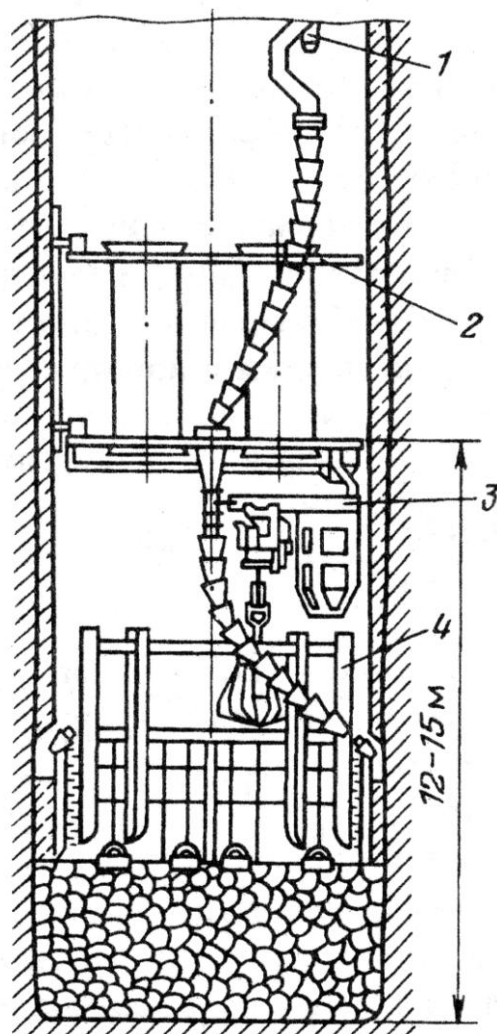
**Область применения:** строительство стволов большого диаметра значительной глубины.

**достатки:**

наличие временной крепи;  
необходимость монтажа 2–4 независимых подъемов (один для подъема породы и спуска временной крепи, другой - для обслуживания работ по возведению стоянной крепи);  
сложная организация работ;  
невозможность комплексной механизации и др.

**Достоинства:** эффективное применение совмещения работ по выемке породы возведению постоянной крепи, что позволяет обеспечить скорость проходки ствола 50–70 м/мес, а максимальная 203,8 м/мес была достигнута в 1955 г. стволе шахты «Социалистический Донбасс».

Рисунок 2.6 – Параллельная схема



1 – бетонопровод; 2 – подвесной полук; 3 – погрузочная машина; 4 – опалубка

**Сущность:** частичное совмещение работ по выемке породы и возведению постоянной крепи. Работы проводят в призабойной части ствола на высоте 3–5 м. Временная крепь отсутствует.

Последовательность работ следующая: буровзрывные работы, проветривание, установка опалубки и укладка бетонной смеси, уборка ранее взорванной породы.

**Область применения:** строительство стволов малого диаметра и большой глубины. Разработана отечественными специалистами и начала применяться с 1957 г. По совмещенной схеме с 1957 г. построено более 85 % всех вертикальных стволов. В настоящее время ее используют для строительства 98-98 % всех стволов.

Средняя скорость 95–85 м/мес. Максимальная 180–220 м/мес. Рекордная 284–322 м/мес (Чехия).

**Недостатки:**

- значительный объем последовательно выполняемых работ;
- стесненность призабойного пространства;
- трудность применения контурного взрывания из-за наличия крепи и опалубки.

**Достоинства:**

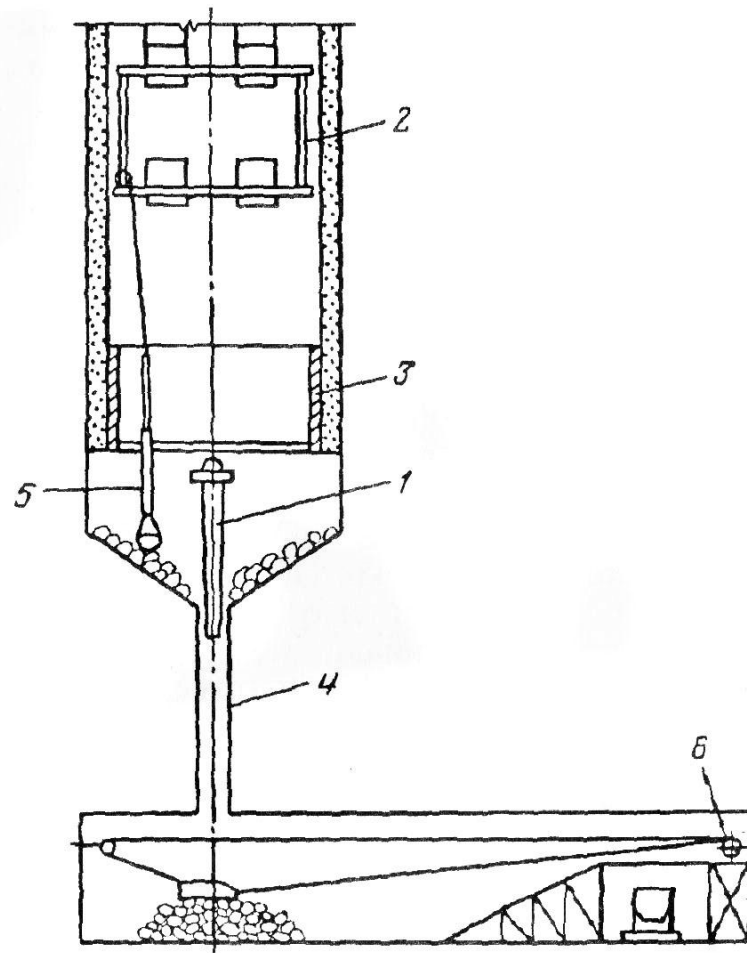
- возможность комплексной механизации всех проходческих процессов;
- отсутствие временной крепи;
- упрощение оснащения ствола;
- высокие ТЭП и производительность труда.

Рисунок 2.7 – Совмещенная схема

## Строительство стволов с передовой скважиной

Схема строительства вертикальных стволов с передовой скважиной применялась в Кузбассе в 1963–1971 гг. Сущность этой схемы, область применения, недостатки и достоинства приведены на рисунке 2.8.

Схема СВС с одновременным армированием и постоянным комплексом подъема применялась при строительстве таких шахт, как: «Карагайлинская», Байдаевские-Северные №1 и №2, «Анжерская» №4 и др. Достоинства схемы: устранение необходимости переоборудования ствола для армирования после его проходки; упрощение оснащения ствола постоянным подъемом; сокращение расхода канатов и числа проходческих лебедок с подвеской трубопроводов на расстрелах и движения бадей по постоянным направляющим. Недостатки схемы: ограниченная возможность применения бадей большой вместимости (не более 2 м<sup>2</sup>) из-за наличия постоянной армировки; усложняется организация и повышается опасность работ; сложность использования погружных машин с механическим вождением грейфера. В связи с указанными недостатками эта схема не получила широкого применения.



1 – затвор скважины; 2 – подвесной полок;  
3 – опалубка; 4 – скважина; 5 – пневмо-  
погрузчик КС-3; 6 – скреперная установка

**Сущность:** на существующий нижележащий горизонт бурится передовая скважина. Скважина расширяется мелкошпуровым способом и взорванная порода спускается по скважине на погрузочный пункт для последующей выдачи на поверхность. Для регулирования спуска породы устраивается специальный затвор.

**Область применения:** строительство не глубоких (до 200 м) стволов при возможности выдачи породы через другой ствол. Средняя скорость проходки 90 м/мес, максимальная 143,4 м/мес. Разновидностью данной схемы является проходка с расширением восстающего или взрыванием глубоких скважин.

**Недостатки:**

- зависимость работ по уборке породы в стволе от возможностей ее приема и транспортирования на горизонте;
- возможность забучивания породной скважины;
- необходимость дополнительных затрат в связи с бурением скважины.

**Достоинства:**

- отсутствует трудоемкий процесс погрузки породы в бадьи;
- ствол оснащается для проходки передвижными установками не большой мощности;
- улучшается качество БВР;
- наиболее простое решение вопросов водоотлива.

Рисунок 2.8 – Строительство стволов с передовой скважиной

## **2.4 Комплексы оборудования для строительства вертикальных стволов**

Применение высокопроизводительных бурильных, погружных и других машин без должной увязки со всеми проходческими процессами не может обеспечить значительного увеличения скорости строительства вертикальных стволов. Поэтому комплексная механизация и автоматизация ГРП является основным направлением развития техники и технологии строительства вертикальных стволов.

По номенклатуре, состав и область применения некоторых комплексов оборудования для строительства вертикальных стволов приведены в таблице 2.2.

Из всех комплексов оборудования наибольшее применение имеют комплексы КС-2у и 2КС-2у.



Таблица 2.2 – Комплексы оборудования для строительства стволов

Комплекс	Диаметр ствола в свету, м	Глубина ствола, м	Средства бурения шпуров	Погрузочная машина	Вместимость бады, м <sup>3</sup>	Высота опалубки, м	Масса оборудования, т
<b>КС-3</b>	4–8	до 300	ПР-30ЛС; ПР-24ЛС	КС-3	1–4	2–3	10–15
<b>КС-2у</b>	4–6,5	300–1200	БУКС-1у (м)	КСМ-2у; КС-2у/40	3–5	2	70
<b>2КС-2у</b>	7–8	300–1200	БУКС-1у (м)	2КС-2у/40	3–6,5	2 – 3	90
<b>ДШП-1 ДШП-2</b>	5,5	Более 700	БУКС-1м	КС-1МА	4,5	2	105
<b>КС-8</b>	6,5–8	Более 700	БУКС-1у4, БУКС-1м	КС-1МА	5–6,5	2	120
<b>КС-9</b>	7,5–9	Более 700	БУКС-1у4, БУКС-1м	2УСМ-1МА	5–8	2	130–150
<b>КС-10</b>	8	1000–1600	БУКС-1у4, БУКС-1м	2КС-2у/40	Скип 4	2	160

## Контрольные вопросы к главе 2

1. Как классифицируются стволы по назначению?
2. Как классифицируются стволы по расположению относительно шахтного поля?
3. Для чего предназначены главные стволы?
4. Какие функции выполняют вспомогательные стволы?
5. Какие технологические схемы строительства стволов вы знаете, перечислите.
6. Сущность, область применения, достоинства и недостатки последовательной схемы.
7. Сущность, область применения, достоинства и недостатки параллельной схемы.
8. Сущность, область применения, достоинства и недостатки совмещенной схемы.
9. Сущность, область применения, достоинства и недостатки строительства ствола с передовой скважиной.
10. Какая технологическая схема в настоящее время имеет наибольшее применение?
11. Какой комплекс оборудования имеет в настоящее время наибольшее применение при строительстве вертикальных стволов?

## **3 СТРОИТЕЛЬСТВО ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И НАКЛОННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

### **3.1 Способы и схемы строительства горных выработок**

Различают обычные и специальные способы строительства горных выработок (СГВ). В данном курсе рассматриваются только обычные способы СГВ.

Специальные способы СГВ рассматриваются при изучении дисциплины «Строительство горных выработок в сложных горно-геологических условиях».

В шахтном строительстве применяются три принципиальные схемы СГВ: по однородным крепким породам; по однородным мягким породам; по неоднородным породам.

Условия применения каждой из схем и основные влияющие факторы приведены на рисунок 3.1.

### **3.2 Выбор и обоснование формы и размеров поперечного сечения горных выработок**

#### **3.2.1 Формы поперечного сечения**

Форма сечения горизонтальных выработок на первом этапе развития горной промышленности была криволинейного очертания – неправильный по форме свод (рисунок 3.2, *а*). По мере развития горной промышленности выработки должны были иметь большую площадь поперечного сечения, их необходимо было крепить. Так как наиболее доступным и легко обрабатываемым материалом было дерево, а ему свойственна форма балки, то выработкам стали придавать прямоугольную (рисунок 3.2, *б*) или трапециевидную форму (рисунок 3.2, *в*). Дальнейший рост производственных мощностей горных предприятий, постепенный переход на более глубокие горизонты, сложность проветривания вызвали, с одной стороны, увеличение площади сечения выработок, а с другой – удлинение срока их службы.

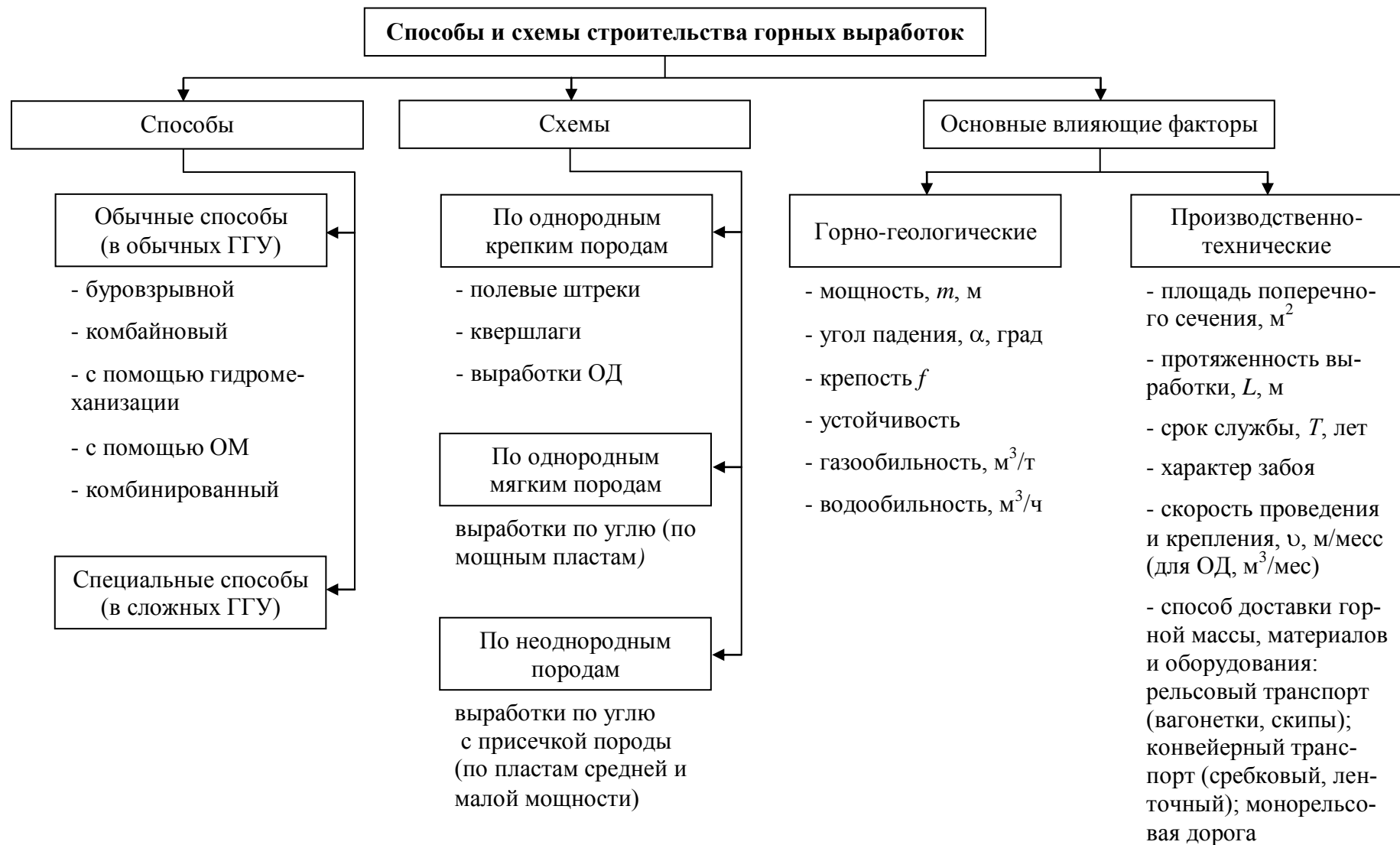


Рисунок 3.1 – Способы и схемы СГВ и основные влияющие факторы

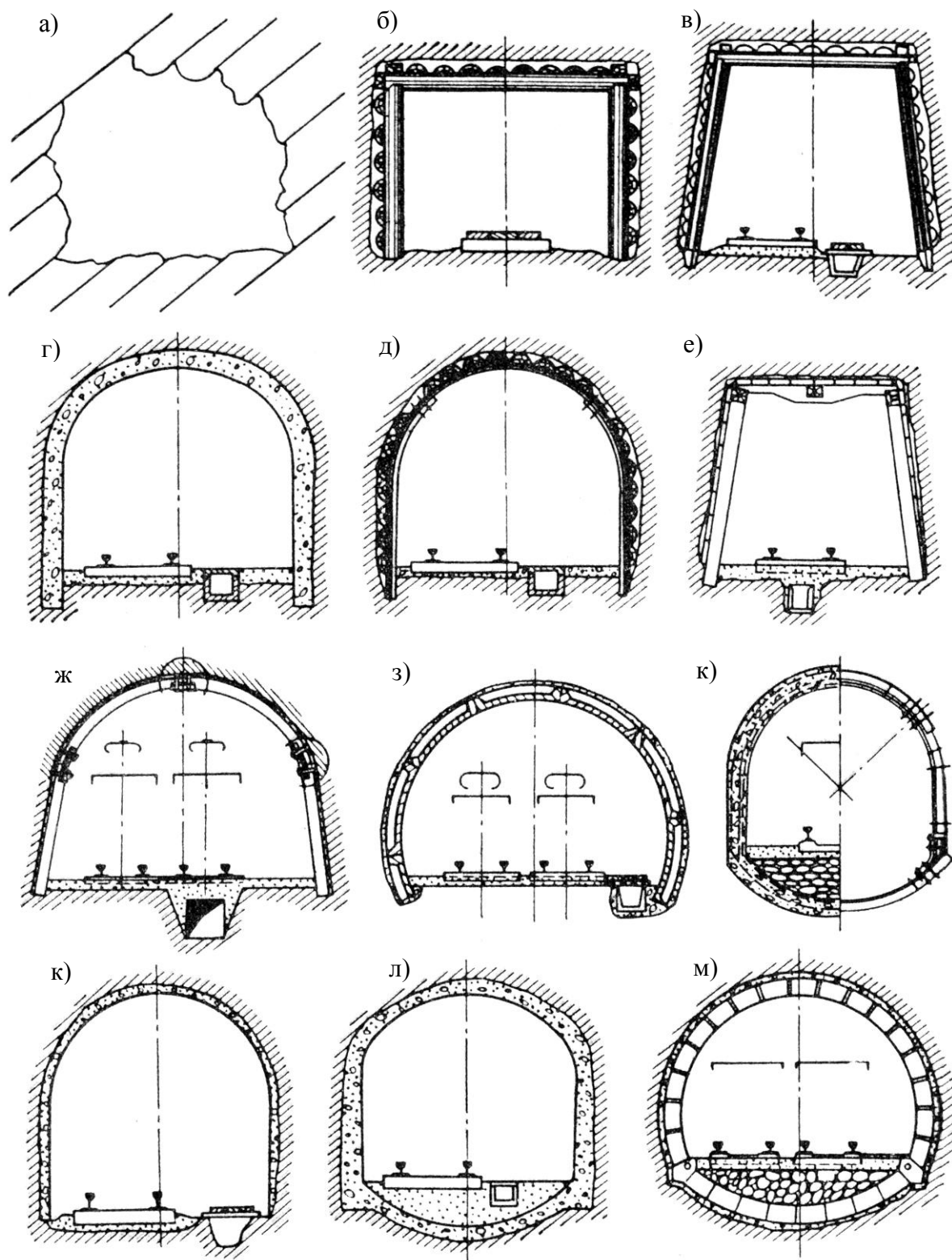


Рисунок 3.2 – Формы и конструкции крепи горизонтальных выработок

Дерево как материал крепи уже не могло обеспечить достаточную надежность для поддержания капитальных выработок, и

его стали заменять более прочными материалами – камнем, бетоном и металлом. Применение указанных материалов обусловило и изменение формы сечения выработок. При монолитной бетонной крепи выработкам стали придавать сводчатую форму с вертикальными стенками (рисунок 3.2, *з*), а при металлической крепи – арочную форму (рисунок 3.2, *д*). В породах небольшой прочности применяли железобетонные рамные (рисунок 3.2, *е*) и арочные крепи (рисунок 3.2, *ж*). При проведении выработок при значительном сроке их эксплуатации (капитальные выработки) применяют сборную железобетонную тубинговую крепь (рисунок 3.2, *з*) и металлобетонную крепь (рисунок 3.2, *и*). В прочных породах широкое применение имеют крепи из набрызгбетона (рисунок 3.2, *к*) и анкерная крепь, а также комбинированная крепь – набрызгбетон в сочетании с анкерами.

По мере дальнейшего увеличения глубины разработки горные породы постепенно начинают приобретать пластическое состояние, под влиянием чего они стремятся выдавливаться в выработки без явно выраженного разрыва их сплошности. В этих условиях необходимо закреплять выработки замкнутой крепью. На рисунок 3.2, *л* представлена крепь выработки из монолитного бетона при наличии обратного свода для восприятия давления со стороны выдавливаемых пород почвы. На рисунок 3.2, *м* представлена крепь выработки из бетонных блоков, применение которой целесообразно при недостаточно устойчивых породах и значительных глубинах разработки. При всестороннем горном давлении выработке придают круглую форму сечения, применяя замкнутую крепь.

В капитальном строительстве в угольной промышленности горизонтальные и наклонные выработки в основном закрепляют металлической арочной крепью (85 %), а в горнорудной - анкерной крепью (30,7 %) и набрызгбетоном (43,4 %).

### **3.2.2 Требования к размерам поперечного сечения выработок**

Площадь поперечного сечения выработок в свету определяется расчетом по следующим факторам: допустимой скорости воздушной струи (проветривания), габаритных размеров подвижного состава и оборудования с учетом минимально допустимых

зазоров, величины усадки крепи после воздействия горного давления и безремонтного их содержания в течение всего периода эксплуатации (рисунок 3.3).

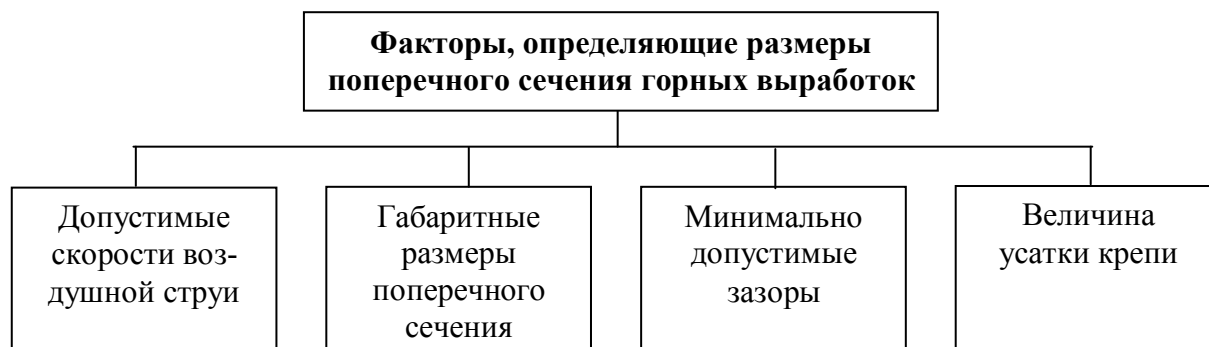


Рисунок 3.3 – Факторы, определяющие размеры поперечного сечения горных выработок

Требования к минимальным площадям поперечных сечений горизонтальных и наклонных выработок в свету, ширине проходов для людей и величине зазоров между крепью, оборудованием или трубопроводами и наиболее выступающей кромкой габарита подвижного состава представлены в таблицах 3.1 и 3.2 [6].

Таблица 3.1 – Минимальные зазоры между крепью, оборудованием или трубопроводами

Выработки	Минимальные площади поперечных сечений, м <sup>2</sup>	Минимальная высота от почвы (головки рельсов) до крепи или оборудования, м
1. Главные откаточные и вентиляционные выработки, людские ходки для механизированной перевозки	9,0	1,9
2. Участковые вентиляционные, промежуточные, конвейерные и аккумулирующие штреки, участковые бремсберги и уклоны	6,0	1,8
3. Вентиляционные просеки, печи, козовичники и другие выработки	1,5	–
4. Участковые выработки, находящиеся в зоне влияния очистных работ, людские ходки, не предназначенные для механизированной перевозки людей	4,5	1,8

Продолжение таблицы 3.1

Выработки	Минимальные площади поперечных сечений, м <sup>2</sup>	Минимальная высота от почвы (головки рельсов) до крепи или оборудования, м
5. Главные откаточные и вентиляционные выработки, введенные в действие до 1987 года: а) закрепленные деревянной, сборной железобетонной, металлической крепью	4,5	1,9
б) закрепленные каменной, монолитной, железобетонной, бетонной, гладкостенной сборной железобетонной крепью	4,0	1,9
в) участковые вентиляционные, промежуточные и конвейерные штреки, людские ходки, участковые бремсберги и уклоны	3,7	1,8
6. Выработки, в которых имеется контактный провод: а) участки околоствольных дворов, по которым передвигаются люди до места посадки в вагонетки	–	2,4
б) выработки, по которым передвигаются люди, околоствольные дворы, площадки посадочные и погрузочно-разгрузочные, сопряжения с другими выработками	–	2,2
в) выработки, по которым производится перевозка людей, или при наличии выработок (отделений) для передвижения людей	–	2,0



Таблица 3.2 – Минимально допустимые зазоры

Выработки	Вид транспорта	Расположение	Минимальная величина, м		Примечание
			прохода	зазора	
1. Горизонтальные, наклонные	Рельсовый	Между крепью и подвижным составом	0,7	0,25	При деревянной, металлической и рамных конструкциях железобетонной и бетонной крепи При сплошной бетонной, каменной и железобетонной крепи В местах посадки людей в пассажирские вагоны При двухсторонней посадке проход шириной 1,0 м делается с двух сторон
			0,7	0,20	
		Между подвижными составами на параллельных путях	1,0	–	
			–	0,20	
2. Горизонтальные, наклонные	Конвейерный	Между крепью и конвейером	0,7	0,40	
		От верхней выступающей части конвейера до верхняка	–	0,50	
		От натяжных и приводных головок до верхняка	–	0,60	

Продолжение таблица 3.2

Выработки	Вид транспорта	Расположение	Минимальная величина, м		Примечание
			прохода	зазора	
3. Горизонтальные, наклонные	Монорельсовый	Между крепью и подвижным составом	0,7	0,20	При скорости движения до 1 м/с При скорости движения более 1 м/с
		Между днищем сосуда или нижней кромкой перевозимого груза и почвой выработки	0,85	0,30	
				0,40	
4. Наклонные	Канатно-кресельные дороги	Между крепью и осью каната	0,7	0,60	На высоте зажима подвески
5. Горизонтальные	Конвейерный с рельсовым	Между крепью и подвижным составом	0,7	–	
		Между крепью и конвейером	–	0,40	
		Между подвижным составом и конвейером	–	0,40	

Продолжение таблица 3.2

Выработки	Вид транспорта	Расположение	Минимальная величина, м		Примечание
			прохода	зазора	
6. Наклонные	Конвейерный с рельсовым	Между крепью и конвейером	0,7	–	При проведении указанных выработок проход допускается иметь со стороны подвижного состава
		Между крепью и подвижным составом	–	0,25	
		Между подвижным составом и конвейером	–	0,40	
7. Горизонтальные, наклонные	Конвейеры с монорельсовым или надпочвенными дорогами	Между крепью и подвижным составом	0,7	–	
		Между крепью и конвейером	–	0,40	
8. Горизонтальные, наклонные	Монорельсовая дорога, расположенная над конвейером	Между подвижным составом и конвейером	–	0,50	
9. Наклонные	Канатно-рельсовые дороги	Между канатом и конвейером	–	1,00	

Продолжение таблица 3.2

Выработки	Вид транспорта	Расположение	Минимальная величина, м		Примечание
			прохода	зазора	
10. Выработки, служащие для перепуска угля, породы или закладочных материалов на откаточный горизонт самотеком, имеющие два отделения или оборудованные металлическими трубами					

**Примечания:** 1. На двухпутевых участках выработок всех околоствольных дворов, в однопутевых околоствольных выработках клетьевых стволов, сданных в эксплуатацию в 1987 г. и последующие годы и находящихся в проходке, а также во всех других местах двухпутевых выработок, где производятся маневровые работы, сцепка и расцепка вагонеток или составов (в том числе и на разминовках), перегрузка оборудования и материалов с одного транспортного средства на другое, у стационарных погрузочных пунктов производительностью 1000 т в сутки и более, у транзитных погрузочных пунктов при отсутствии обходной выработки независимо от производительности проходы для людей должны быть по 0,7 м с обеих сторон.

2. Ширина проходов для людей и зазоры должны быть выдержаны по высоте выработки не менее 1,8 м от почвы (тротуара). Проходы на всем протяжении выработки должны устраиваться, как правило, с одной стороны. В двухпутевых выработках запрещается устройство проходов между путями.

### 3.2.3 Определение размеров поперечного сечения горизонтальных и наклонных выработок

В соответствии с выбранной формой выработки, принятым типом транспортных средств и установленными Правилами безопасности величинами зазоров определяют размеры и площадь поперечного сечения выработки. В таблице 3.3 приведены расчетные формулы для определения размеров поперечного сечения выработок различных форм [1].

Площадь поперечного сечения выработки, определенная из условия размещения транспортных средств и перемещения людей, также необходимо проверить на скорость движения воздушной струи. Нормы максимальной скорости движения воздуха по выработкам составляют 8 м/с для квершлагов, откаточных и вентиляционных штреков, капитальных и панельных бремсбергов и уклонов; для всех прочих горных выработок, проведенных по угля и породе, – 6 м/с. Температура воздуха в подготовительных и других действующих выработках при относительной влажности до 90 % не должна превышать 26 °С; при относительной влажности свыше 90 % температура не должна превышать 25 °С [6].

В угольной промышленности разработаны унифицированные типовые сечения горных выработок с крепью из металлических арок, из специального желобчатого профиля СВП, с анкерной крепью и из железобетонных стоек с шарнирно-подвесным верхняком.


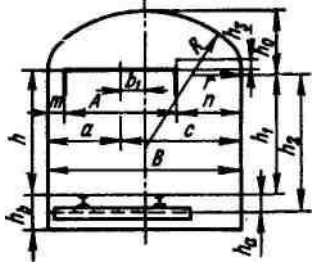
При проектировании конструкций крепи необходимо возможно полно и всесторонне определить режим работы крепи, т.е. установить нагрузку, учитывая не только горно-геологические условия, но также и принятую технологию строительства выработки, т.е. способ отделения породы от массива, влияние формы сечения и др.

Возможность более полного охвата в совокупности при расчете всех факторов, определяющих режим работы, выбор конструкции крепи, наиболее полно может быть осуществлена при использовании для этих целей ЭВМ.

Таблица 3.3 – Расчетные факторы для определения размеров поперечного сечения горных выработок

Наименование	Расчетные формулы	Схема сечения выработки
Трапецевидная форма сечения выработки		
Высота подвижного состава от головки рельсов	$h$	
Ширина подвижного состава	$A$	
Высота от балластного слоя до головок рельсов	$h_a$	
Высота выработки от балластного слоя до уровня верхней кромки подвижного состава	$h'$	
Высота от почвы до головок рельсов	$h_e$	
Высота подвески контактного провода от уровня головок рельсов	$h'' = 2000 \text{ мм}$	
Высота выработки от головок рельсов до верхняка	$h_1$	
Высота выработки от балластного слоя до верхняка	$h_2$	
Зазоры между крепью и подвижным составом	$m; n$	
Ширина прохода: на высоте 1800 мм от балластного слоя	$n_{\min}$	
на уровне верхней кромки подвижного состава	$n = n_{\min} + (1800 - h') \text{ctg } \alpha$	

Продолжение таблицы 3.3

Наименование	Расчетные формулы	Схема сечения выработки
Ширина выработки на уровне верхней кромки подвижного состава: однопутной	$B = m + n + A$	
двухпутной	$B = m + n + A + b$	
Расстояние от оси пути до оси выработки	$b_1 = B/2 - a$	
Ширина выработки в свету: по кровле	$l_1 = B - 2(h_1 - h) \operatorname{ctg} \alpha$	
по балластному слою	$l_2 = B + 2(h + h_a) \operatorname{ctg} \alpha$	
Площадь сечения выработки в свету	$S = \frac{l_1 + l_2}{2} h_2$	
Периметр выработки в свету	$P = l_1 + l_2 + 2h_2 / \sin \alpha$	
Сводчатая форма сечения выработки с коробовым сводом		
Высота подвижного состава от головок рельсов	$h$	
Ширина подвижного состава	$A$	
Высота от балластного слоя до головок рельсов	$h_a$	
Высота выработки от уровня верхней кромки подвижного состава до верха свободного прохода	$h_3 = 1800 - (h + h_a)$	
Высота выработки от головок рельсов до пяты свода при аккумуляторных электровозах	$h_1 = 1300 \text{ и } 1500 \text{ мм}$	

Продолжение таблицы 3.3

Наименование	Расчетные формулы	Схема сечения выработки
Высота выработки от балластного слоя до пяты свода	$h_2 = h_1 + h_a$	
Зазоры между крепью и подвижным составом	$m; n$	
Ширина выработки: однопутной	$B = m + n + A$	
двухпутной	$B = m + n + A + b$	
Радиус дуг свода: боковых	$r = 0,262B$	
осевой	$R = 0,692B$	
Высота верхнего свода	$h_0 = B/3$	
Площадь сечения выработки в свету	$S = B(h_2 + 0,26B)$	
Периметр выработки в свету	$P = 2h_2 + 2,33B$	
<b>Выработки с циркульным сводом</b>		
Высота свода: верхнего	$h_0 = B/2$	
обратного	$h'_0 = B/6$	
Радиус обратного свода	$R_1 = 5B/6$	
Угол дуги обратного свода	$\alpha_2 = 2 \arcsin \frac{B}{2R_1}$	
Площадь сечения выработки в пределах обратного свода	$S_{об} = \frac{\pi R_1^2 \alpha_2}{360} = \frac{R_1^2}{2} \sin \alpha_2$	



Продолжение таблицы 3.3

Наименование	Расчетные формулы	Схема сечения выработки
Площадь сечения выработки в свету	$S = B(h_2 + 0,39B)$	
Периметр выработки в свету	$P = 2h_2 + 2,57B$	
Кольцевая форма сечения выработки		
Ширина однопутной выработки на уровне путевого бетона	$B_2 = m_{\min} + n_{\min} + A$	
Высота выработки в свету	$h_2 = R + h_1$	
Высота центра дуги верхнего свода от уровня путевого бетона	$h_1 = \sqrt{R^2 - (B_1/2)^2}$	
Высота путевого бетона по оси выработки	$h_0 = R - h_1$	
Высота свободного прохода	$h_{np} = 1800 \text{ мм}$	
Радиус дуги окружности	$R = \sqrt{\left(\frac{B_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{h_{np}}{2}\right)^2} + \Delta,$ <p>где <math>\Delta</math> - округление до величины, кратной 50 мм</p>	
Площадь сечения выработки в пределах обратного свода	$S_{об} = \frac{\pi R^2 \alpha_2}{360} - \frac{R^2}{2} \sin \alpha_2$	
Угол дуги окружности: выше уровня путевого бетона	$\alpha_1 = 2 \left( 180 - \arcsin \frac{B_1}{2R} \right)$	
ниже уровня путевого бетона	$\alpha_2 = 360 - \alpha_1$	

Продолжение таблицы 3.3

Наименование	Расчетные формулы	Схема сечения выработки
Ширина выработки на уровне верхней кромки подвижного состава	$B = 2\sqrt{R^2 - (h' - h_1)^2}$	
Площадь сечения выработки в свету	$S = \pi R^2 - S_{об}$	
Периметр выработки в свету	$P = \frac{\pi R \alpha_1}{180} + B_1$	
Арочно-сводчатая форма сечения выработки		
Ширина однопутной выработки на уровне путевого бетона	$B_1 = m + n + A + b$	
Высота выработки в свету	$h_2 = R + h_1$	
Высота центра дуги верхнего свода от уровня путевого бетона	$h_1 = \sqrt{R^2 - (B_1/2)^2}$	
Высота путевого бетона	$h'_0 = R_1 - \sqrt{R_1^2 - (B_1/2)^2}$	
Высота свободного прохода	$h_{np} = 1800 \text{ мм}$	
Радиус дуги окружности	$R = \sqrt{\left(\frac{B_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{h_{np}}{2}\right)^2} + \Delta$	
Площадь сечения выработки в пределах обратного свода	$S_{об} = \frac{\pi R_1^2 \alpha_2}{360} - \frac{R_1^2}{2} \sin \alpha_2$	
Угол дуги обратного свода	$\alpha_2 = 2 \arcsin \frac{B_1}{2R_1}$	

Продолжение таблицы 3.3

Наименование	Расчетные формулы	Схема сечения выработки
Радиус дуги обратного свода	$R_1 = 5B_1 / 6$	
Ширина выработки на уровне верхней кромки подвижного состава	$B = 2\sqrt{R^2 - (h' - h_1)^2}$	
Площадь сечения выработки в свету	$S = \frac{\pi R^2 \alpha_1}{360} + \frac{B_1 h_1}{2}$	
Периметр выработки в свету	$P = \frac{\pi R \alpha_1}{180} + B_1$	

### 3.3 Строительство горизонтальных горных выработок буровзрывным способом в однородной крепкой породе

#### 3.3.1 Общие сведения

В зависимости от физико-механических свойств пород и главным образом их прочности строительство горных выработок в указанных условиях осуществляют *буровзрывным* и *комбайновым способами*.

Буровзрывной способ включает следующие технологические процессы: бурение шпуров, их зарядание и взрывание зарядов, проветривание выработки, осмотр и приведение забоя в безопасное состояние, погрузку и транспортирование породы, возведение крепи, настилку рельсового пути, монтаж труб вентиляции, сжатого воздуха и водоотлива, устройство водоотводной канавки и др.

Технологический процесс строительства горной выработки представлен на рисунок 3.4.



Рисунок 3.4 – Технологический процесс строительства горной выработки

Основными технологическими процессами являются разрушение породы (буровзрывные работы), ее погрузка и транспортирование, возведение постоянной крепи. Остальные работы относятся к вспомогательным.

Комплекс основных технологических процессов, которые периодически повторяются в определенной последовательности и выполняются в установленное время, называют *проходческим циклом*. Работы, входящие в проходческий цикл, можно выполнять последовательно или с частичным совмещением. На практике частично объединяют возведение крепи с бурением шпуров и погрузкой породы, настилку рельсового пути с бурением шпуров и др.

### 3.3.2 Средства механизации бурения шпуров и их классификация

Средства механизации бурения шпуров представлены на рисунке 3.5.

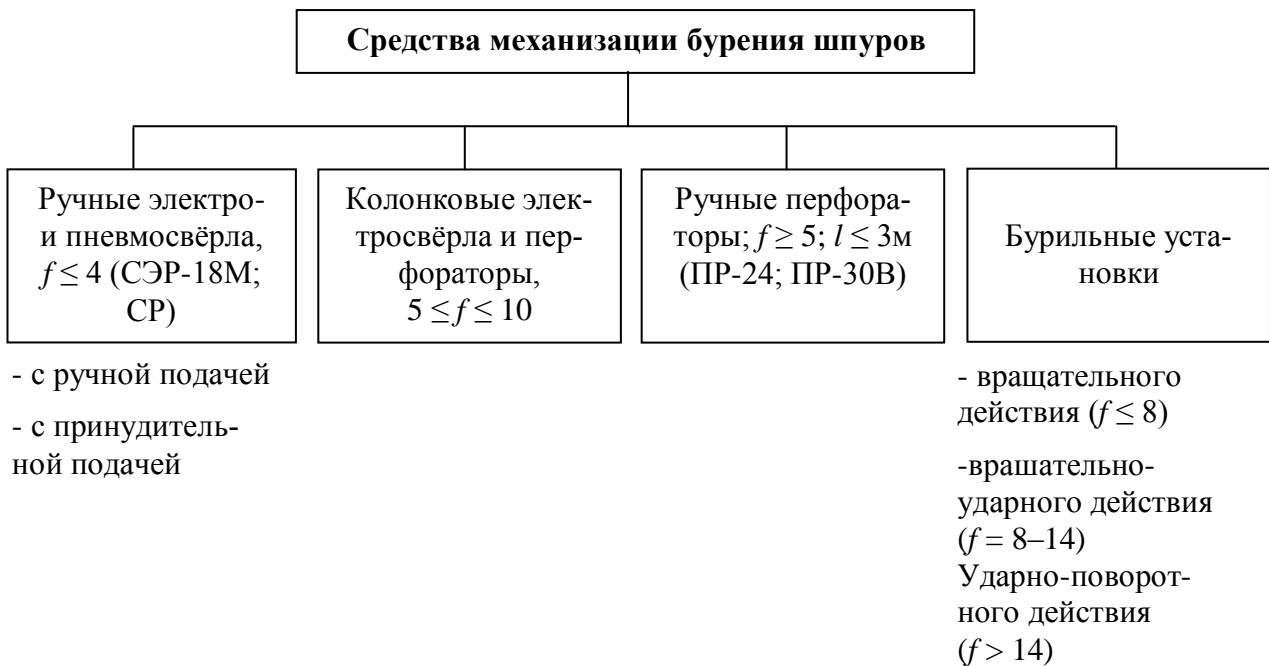


Рисунок 3.5 – Средства механизации бурения шпуров

Для бурения шпуров в однородной крепкой породе применяются, как правило, бурильные установки, которые классифицируются по следующим признакам:

а) по принципу действия:

- вращательного действия ( $f \leq 8-10$ );  
например, УБШ-215 имеет 1 манипулятор: УБШ (установка бурильная шахтная),  $f \leq 10$ ;  
УБШ-315 2манипулятора (колёсно-рельсовый ход),  $f \leq 10$ , гусеничный ход.
- вращательно-ударного действия ( $f = 6-14$ );  
УБШ-215;  $f = 4-16$ ; УБШ-214У; УБШ-2МА – с одним манипулятором (пневно-гидравлический привод).
- ударно-поворотного действия ( $f > 14$ );  
типа СБКНС.
- б) по количеству манипуляторов: 1; 2;
- в) по виду энергии: электрические, пневматические, электрогидравлические;
- г) по типу ходовой части: колёсно-рельсовый ход и гусеничный ход; пневмоход.

К основным направлениям развития буровой техники можно отнести следующее:

- эл./гидропровод  $\rightarrow$  повышение мощности и производительности БУ;
- роботизация БУ (УБГ-1Р);
- отказ от колесно-рельсового хода и полный переход на гусеничный ход и пневмоколесный ход;
- выпуск БУ порталного типа позволяет расширить диапазон выработок, обуриваемых одной БУ, и обеспечивает проход через нее погрузочной машины и средств транспортирования горной массы.

Некоторые средства механизации бурения шпуров приведены в §3.3.3

### 3.3.3 Средства механизации бурения шпуров

Сверло пневматическое СП-8 (рисунок 3.6) предназначено для бурения анкерных и крепежных, разведочных, нагнетательных и взрывных скважин в угле и подобной породе.



Рисунок 3.6 – Сверло пневматическое СП-8

Эти сверла могут эксплуатироваться в горной промышленности – в шахтах опасных по газу и пыли; в нерудной и строительной отраслях промышленности.

Основные технические данные

Давление, МПа	0,4
Мощность двигателя, кВт	3,5
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	900
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	4,0
Габариты, мм	386×300×280
Масса, кг	10,3

Пневматический перфоратор ССПБ-1К (рисунок 3.7) предназначен для бурения шпуров диаметром до 46 мм глубиной до 5 м и диаметром до 36 мм глубиной до 9 м в горных породах и других материалах, крепостью  $f \leq 20$  ед. по шкале проф. М. М. Протодьяконова.



Рисунок 3.7 – Пневматический перфоратор ССПБ-1К

Пневматический перфоратор ССПБ-1К применяется с универсальной бурильной установкой УБТУ-1, пневмоподдержками типа ПП, распорными колонками УПБ, ЛКР-Т, манипуляторами различных типов и может исполняться в модификациях: с промывкой водой, усиленной продувкой.

Технические характеристики перфоратора ССПБ-1К приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Основные технические характеристики перфоратора ССПБ-1К

Наименование характеристики	ССПБ-1К
Номинальное рабочее давление сжатого воздуха МПа (атм)	0,5(5)
Энергия удара, Дж, не менее	63
Частота ударов, с <sup>-1</sup> (мин <sup>-1</sup> ), не менее	32(1920)
Тип вращателя	планетарный, независимый
Крутящий момент, Нм, не менее	30
Удельный расход воздуха, м <sup>3</sup> /с кВт (м <sup>3</sup> /мин), (при $P = 0,5$ МПа), не более	0,029 (4,47)
Масса, кг, не более	31,5
Длина, мм	750
Размер буксы под буровую штангу, мм	по желанию заказчика – 25 или 22



В отличие от пневматических перфораторов, имеющих схему кривошипно-шатунной передачи вращения, перфоратор ССПБ-1К использует независимый отдельный привод удара и вращения, что позволяет производить бурение шпуров в широком диапазоне режимов бурения:

- сильный удар, слабое вращение (забуривание);
- сильный удар, сильное вращение (бурение);
- чистое вращение (бурение в мягких породах и при извлечении штанги из шпура);
- интенсивная продувка.

Пневматический перфоратор ССПБ-1К в сравнении с аналогами имеет:

- отдельный привод удара и вращения при возможности использования широкого диапазона скоростей вращения бурового инструмента;
- возможность бурения горизонтальных и восстающих шпуров с использованием универсальной пневмоподдержки УБТУ-1;
- сохранение работоспособности при пониженном давлении сжатого воздуха (до 0,2 МПа);
- пониженную вибрацию при высоких скоростях бурения шпуров в породах и рудах любой крепости;
- практическое отсутствие быстроизнашивающихся узлов;
- удобство при сборке, разборке, не более 5 мин. в забое;
- удобство в работе – возможность использования различных режимов работы;
- малое потребление смазочных материалов;
- сохранение работоспособности перфоратора в широком диапазоне температур окружающей среды (от +40 до –50);

Установка бурильная шахтная УБШ-210А (рисунок 3.8) на гусеничном ходу с одной бурильной машиной вращательного действия с электрической бурильной головкой предназначена для бурения шпуров в сланцевых и угольных шахтах, в том числе опасных по газу и пыли. Применение установки на пластах, опасных по внезапным выбросам, запрещается.



Рисунок 3.8 – Бурильная установка УБШ-210А

Установка УБШ-210А имеет два исполнения: УБШ-210А для бурения шпуров по забою в камерах и лавах сланцевых шахт по породам крепостью  $f = 2-4$  и УБШ-210А-02 для бурения шпуров при проведении горизонтальных и наклонных до  $\pm 10^\circ$  подготовительных выработок в угольных шахтах по породам крепостью до  $f < 8$ .

Поворот бурильной машины в горизонтальной плоскости относительно стрелы манипулятора производится с помощью речевого гидроцилиндра и шестерни, жестко закрепленной опоре.

Механизм передвижения состоит из редуктора с электродвигателем, рамы, балансиров и гусеничных цепей. Привод ходовой части унифицирован с ходовой частью погрузочной машины 1ПНБ2.

Система орошения предусматривает подавление пыли, образующейся при бурении, непосредственно у устья шпура водой через форсунки зонтичного типа номинальном давлении воды 0,5–1,0 МПа.

Технические характеристики установок УБШ-210А и УБШ-210-02 приведены в таблице 3.5., а габаритные размеры на рисунке 3.9.

Таблица 3.5 – Технические характеристики установок УБШ-210А и УБШ-210-02

Наименование характеристики	УБШ-210А	УБШ-210А-02
Техническая производительность, м/ч, не менее:	105	60
Зона бурения (высота от опорной плоскости и ширина), м, не менее	3,5 и 3,3	
Ход подачи бурильной головки, м	2,5±0,05	
Скорость передвижения, км/ч, не менее	1,05	
Угол подъема, преодолеваемого установкой в транспортном положении, град., не менее	10	
Максимальный угол наклона выработки, град, до	±10	
Максимальный внешний радиус поворота установки, м, не более	4,0	
Габаритные размеры, м: - ширина - высота	1,45 1,40	
Масса установки, кг	6000	
Частота вращения шпинделя, с <sup>-1</sup> ± 10 %	25; 20 5,3; 11,6	
Максимальное усилие подачи, Н (кгс), не менее	9800(1000) 14700(1500)	
Диаметр резца, мм	44 42-43	
Мощность двигателя привода бурильной головки, номинальная кВт	11	
Суммарная установленная мощность двигателей, кВт	33,5	

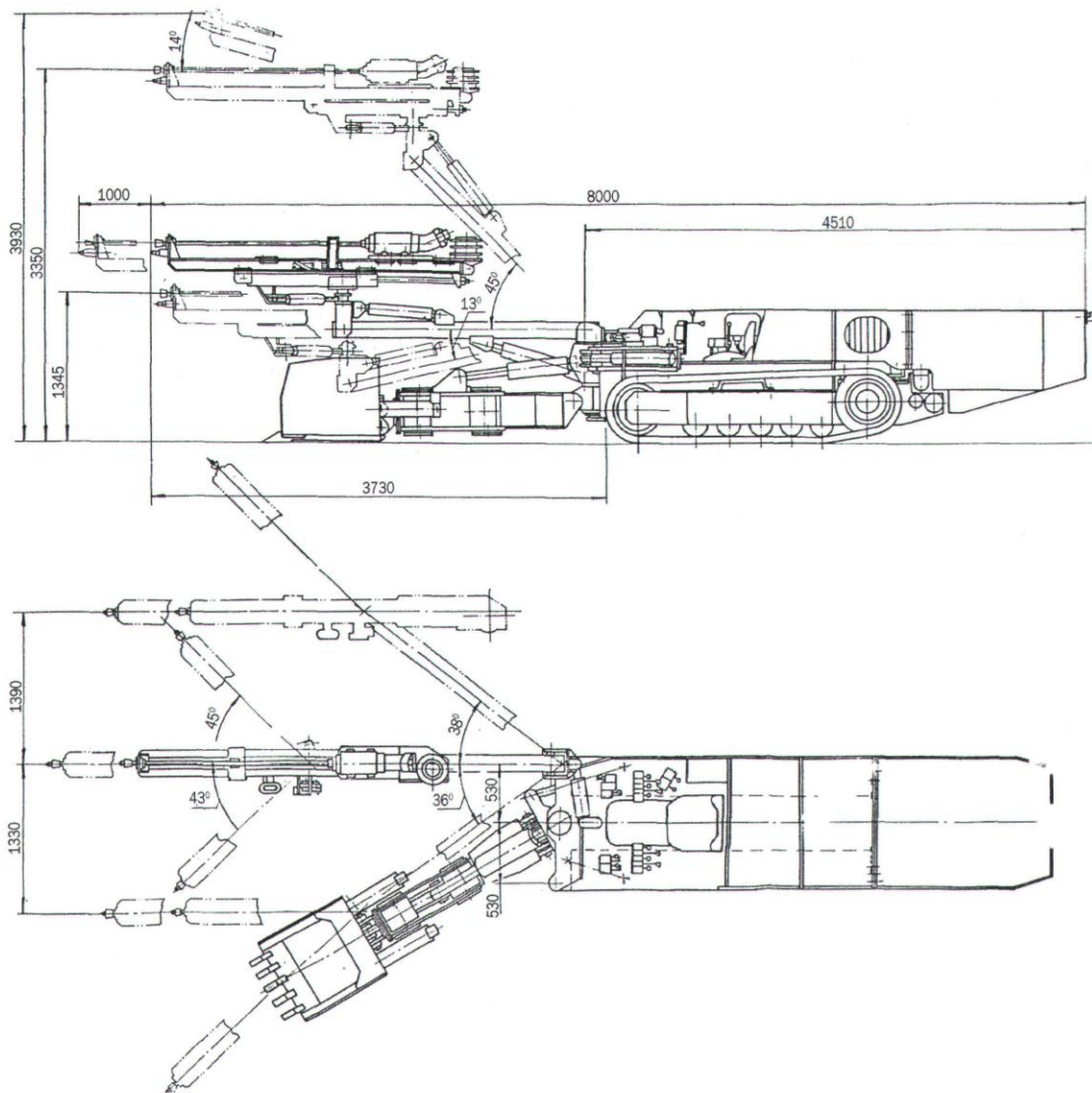


Рисунок 3.9 – Габаритный размеры установки бурильной шахтной УБШ-210А

Установка бурильная шахтная УБШ 252 (рисунок 3.10) с одной бурильной машиной вращательного или универсального действия, с электрическими или пневмогидравлическими головками предназначена для бурения шпуров и выбуривания угля при проведении горизонтальных горных выработок сечением от 6 до 12 м<sup>2</sup> в свету в шахтах, в том числе опасных по газу и пыли.

Преимущественная область применения: выработки, проводимые с помощью рельсового транспорта. УБШ 252 оснащена боковой перекатной платформой для освобождения подъездного пути.

Установка имеет высокую производительность и надежна в

работе благодаря применению электропривода. Наличие перекатной рельсовой платформы обеспечивает дополнительное удобство и маневренность. Техническая характеристика представлена к таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Технические характеристики установок УБШ-252

Наименование характеристики	УБШ-252
Зона бурения, м	3,5×4,4
Техническая производительность, м/ч:	58–54
по породам крепостью 56–84 МПа	20
по породам крепостью 140–170 МПа	3+0,1
Ход подачи бурильной головки, м	18
Усилие подачи, кН	
Мощность привода бурильной головки, кВт	11
Скорость передвижения, км/ч	1,5
Габаритные размеры установки в транспортном положении, м:	
длина	9,9
высота	1,35
ширина: при колее 600 мм	0,85
при колее 750 мм	1,00
при колее 900 мм	1,15
Масса, кг	5300
Область применения по крепости пород, МПа	до 112–190

Габаритные размеры бурильной установки УБШ252 приведены на рисунке 3.11.

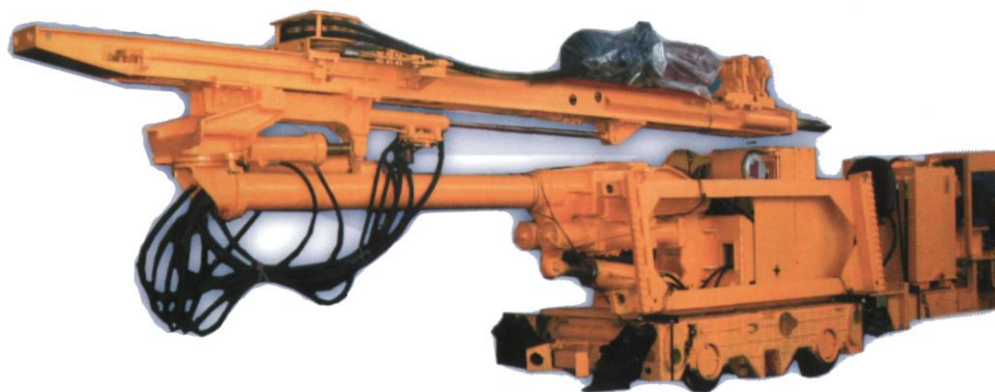


Рисунок 3.10 – Общий вид бурильной установки УБШ 252

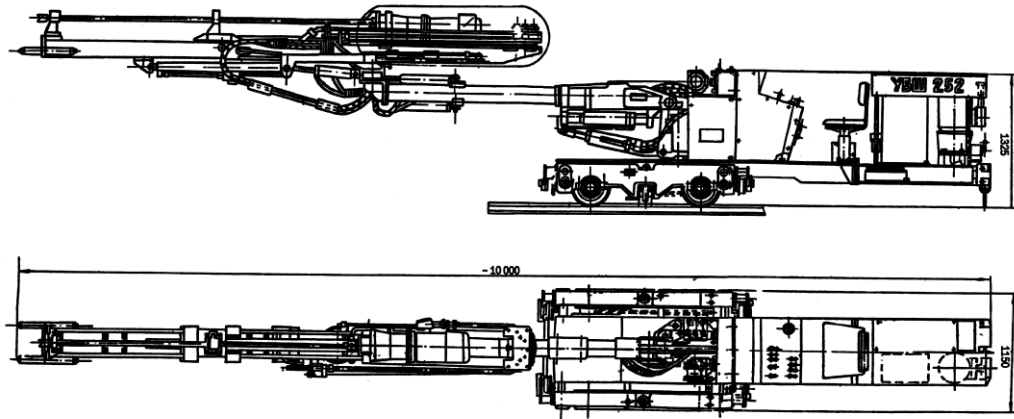


Рисунок 3.11 – Габаритные размеры УБШ 252

Установка бурильная шахтная УБШ 313А (рисунок 3.12) с двумя бурильными машинами вращательного или универсального действия, с электрическими или пневмогидравлическими бурильными головками и гусеничной ходовой частью. УБШ 313А предназначена для бурения шпуров при проведении горизонтальных и наклонных (до  $\pm 10^\circ$ ) горных выработок сечением от 12,8 до 20 м<sup>2</sup> в свету в шахтах, включая опасные по газу и пыли.



Рисунок 3.12 – Бурильная установка УБШ 313А

Преимущественная область применения: выработки, проводимые с помощью безрельсовых погрузочных машин и безрельсового транспорта. Установка имеет высокую производитель-

ность и надежна в работе. Наличие двух независимых друг от друга манипуляторов дополнительно повышает производительность установки. Гусеничный ход обеспечивает высокую маневренность. Технические характеристики установки УБШ 313А приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Технические характеристики установки УБШ 313А

Наименование характеристики	УБШ 313А
Зона бурения, м: высота / ширина	3,8 / 5,4
Техническая производительность установки, м/ч:	
по породам крепостью 56–84 МПа	94–90
по породам крепостью 140–170 МПа	32
Ход подачи бурильной головки, м	2,5±0,1
Усилие подачи, кН	18
Мощность привода бурильной головки, кВт	11
Скорость передвижения, км/ч	0,9
Габаритные размеры установки в транспортном положении, (Д : В : Ш) м	10,8 : 1,95 : 1,4
Масса установки, кг:	13000

Габаритные размеры установки УБШ 3113А приведены на рисунке 3.14, а на рисунке 3.13 УБШ 313А в забое горной выработки.



Рисунок 3.13. – Бурильная установка УБШ 313А в забое горной выработки

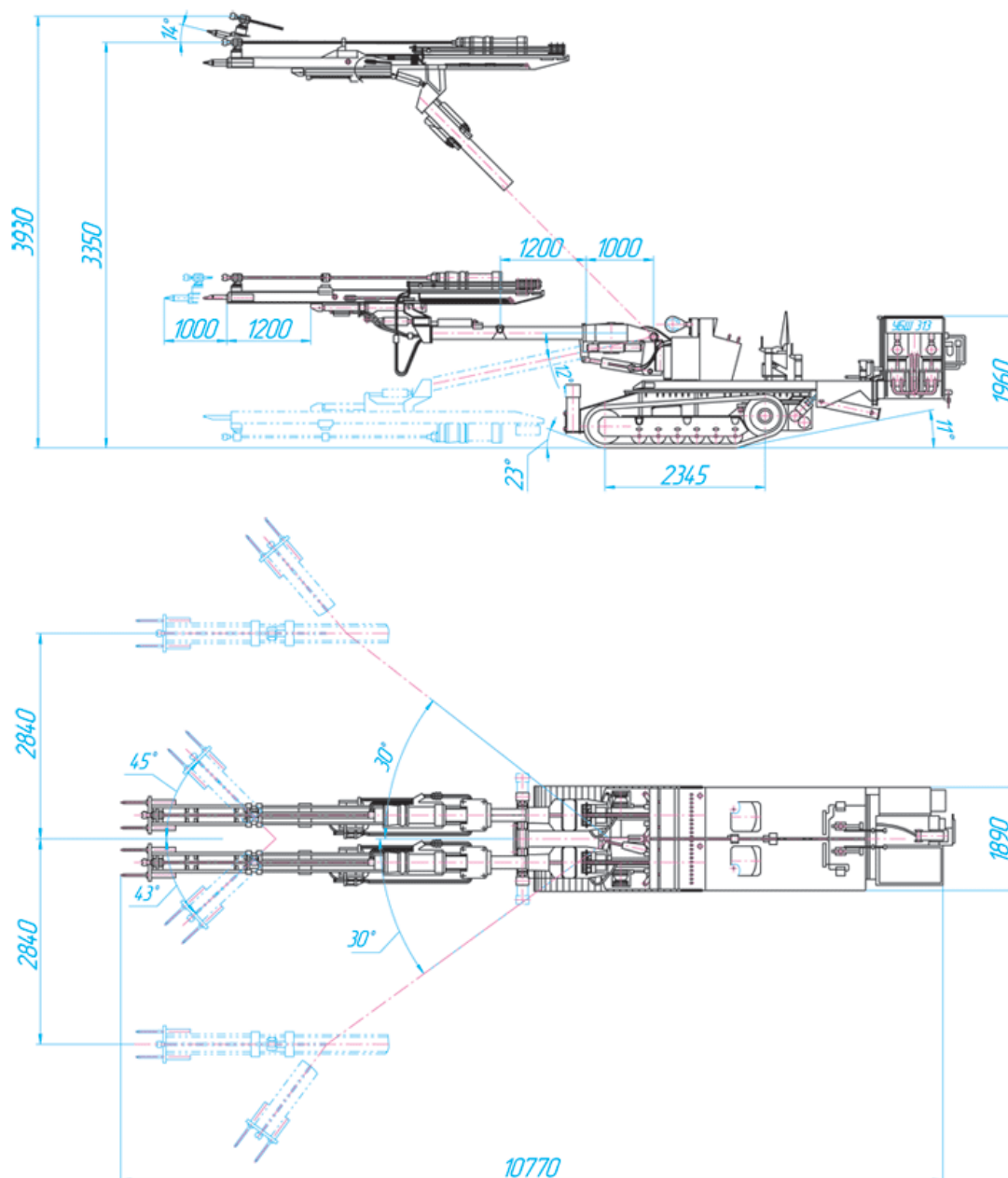


Рисунок 3.14 – Габаритные размеры бурильной установки УБШ 313А

Далее представлены некоторые бурильные установки зарубежного производства.

Гусеничная самоходная бурильная установка ВТМК 1 (рисунок 3.15) с телескопическим буровым манипулятором представляет собой универсальный агрегат для высокопроизводительной проходки штреков среднего сечения. Гусеничный ход-



вой механизм позволяет использовать установку в сильно наклонных штреках.



Рисунок 3.15 – Самоходная бурильная установка VTRK 1

Отличительным признаком является плоская модульная конструкция с двумя приводными отсеками и двумя отдельными ходовыми механизмами. Эти модульные конструкции, имеющие оптимальные габаритные размеры, можно легко собрать и вместе с соответствующими буровыми манипуляторами, автоподатчиками и пультом управления укомплектовать готовую к эксплуатации буровую установку. Электрические и гидравлические компоненты, размещенные в прочных машинных отсеках, надежно защищены от повреждений в процессе транспортирования и при маневровых работах.

В принципе VTRK 1 можно оборудовать рабочей площадкой, располагаемой над буровым манипулятором. Эта рабочая площадка позволяет производить установку стальных анкеров, предохранительных затяжек из металлической сетки, зарядку взрывных шпуров и выполнять другие рабочие операции, например, наращивать вентиляционные трубы для местного проветривания или прокладывать рельсовые пути.

В стандартном исполнении монтируется буровой манипулятор ВТ 200, ход телескопа 1300 мм, с автоматикой параллельного перемещения и сдвоенным поворотным оборудованием. Это обо-

рудование во многих положениях бурения, в особенности при анкерованиях, позволяет осуществлять направление бурильного молотка по поверхности лафета.

Благодаря этому, наряду с эффектом снижения износа, максимально уменьшается расстояние последнего ряда анкеров к груди забоя. Возможна поставка и других вариантов буровых манипуляторов и оборудования. Для различного вида работ, выполняемых при бурении и анкерованиях, из многочисленного ассортимента направляющих балок автоподатчиков можно сделать выбор для различного шага длины бурения, а так же подобрать дополнительное оборудование. Такое оборудование включает в себя различные виды телескопических направляющих для автоподатчиков, позволяющие выполнять анкерование даже при небольшой высоте выработок без ограничения заходов при бурении взрывных шпуров или бурении скважин.

Современные высокопроизводительные перфораторы и бурильные машины вращательного действия гарантируют высокую скорость бурения при минимальном износе бурового инструмента. Технические данные установки ВТРК 1 приведены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Технические данные установки ВТРК 1

Наименование характеристики	ВТРК 1
Мощность двигателя	55 / 63 / 90 кВт
Производительность насоса	2×110 л/мин + 1×30 л/мин
Длина / ширина / высота, м	12 / 1,5 / 1,53
Вес	17000 кг
Максимальный угол подъема	18°
Буровые манипуляторы	ВТ 200 (ход 1,30 м, оптимальный 1,75 м)
Лафеты	различные
Бурильные молотки	СОР1132, СОР1238, СОР1532, СОР1638, СОР1838
Машины вращательного бурения	ДВМ1-160 или другие
Управление процессом бурения	забуривание автоматическое подключение/ отключение ударного механизма система автоматического контроля заклинивания буровых штанг
Дополнительное оборудование	радиотелеуправление компрессор сжатого воздуха насос для поднятия гидростатического

Продолжение таблицы 3.8

Наименование характеристики	ВТРК 1
Дополнительное оборудование	давления воды (напора) защитная крыша рабочая площадка

Габаритные размеры установки ВТРК 1 приведены на рисунке 3.16, а возможная ширина и высота обустройства на рисунке 3.17.

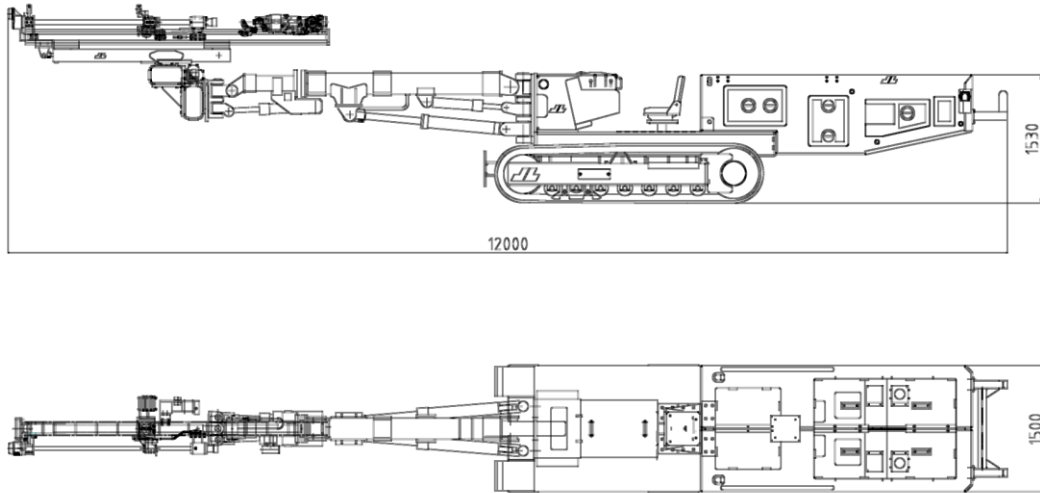


Рисунок 3.16 – Габаритные размеры ВТРК 1

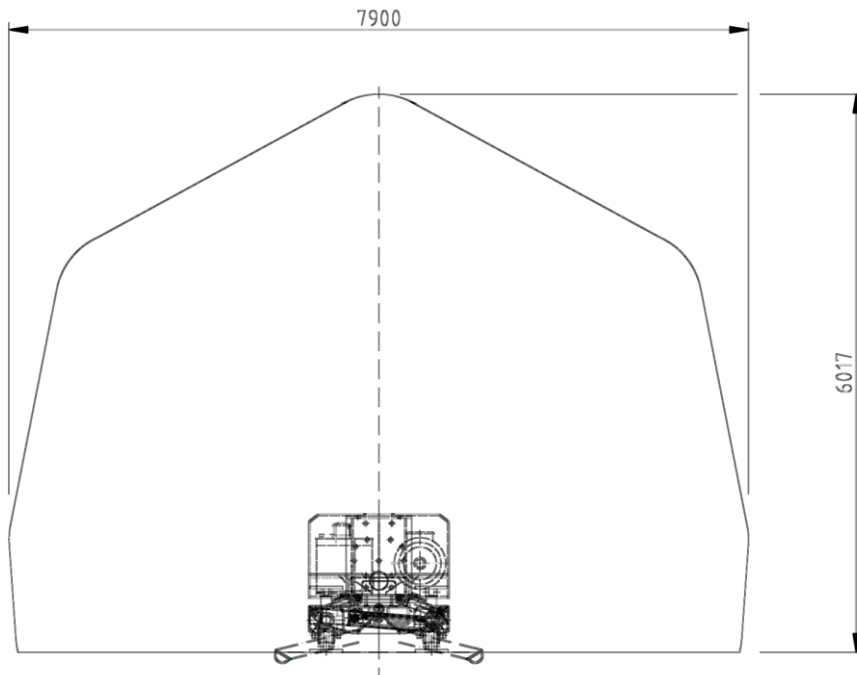


Рисунок 3.17 – Возможная ширина и высота обустройства установкой ВТРК 1

Гусеничная самоходная бурильная установка ВТМК 2 (рисунок 3.18) с двумя телескопическими буровыми манипуляторами является универсальным агрегатом для производительной проходки штреков среднего и большого сечения. Гусеничный ходовой механизм позволяет использовать установку в сильно наклонных штреках.

Отличительным признаком является плоская модульная конструкция с двумя отсеками для приводов и двумя разделенными ходовыми механизмами. Эти модульные конструкции, имеющие оптимальные габаритные размеры, можно легко собрать и вместе с буровыми манипуляторами, лафетами и системой управления укомплектовать готовую к эксплуатации буровую установку.



Рисунок 3.18 – Бурильная установка ВТМК 2

Каждый буровой манипулятор оснащен электрогидравлическим приводом, который установлен в машинном отсеке. Благо-

даря такой компоновке электрические и гидравлические узлы привода надежно защищены от повреждений в процессе транспортирования и маневрирования.

В стандартном исполнении монтируется буровой манипулятор ВТ 200, ход телескопа 1.300 мм, с автоматикой параллельного перемещения манипулятора и сдвоенного поворотного механизма. Такое оборудование, в особенности при одновременном анкерованием двумя буровыми манипуляторами в выработках прямоугольного сечения, обладает значительными преимуществами, поскольку направляющие балки автоподатчика, на выбор, можно спозиционировать слева или справа. Возможна поставка и других вариантов буровых манипуляторов и оборудования.

Для выполнения специфических заданий по бурению возможен выбор из большого ассортимента направляющих балок автоподатчиков (лафетов) с различным шагом по длине бурения и дополнительным оборудованием. Ассортимент направляющих балок автоподатчиков включает в себя различные виды телескопических направляющих балок автоподатчиков буровых машин. Это оборудование позволяет выполнять работы по анкерованием даже при малой высоте выработок без ограничения заходов при бурении взрывных шпуров. Современные высокопроизводительные перфораторы и бурильные машины вращательного действия гарантируют высокую скорость бурения при минимальном износе бурового инструмента. Технические данные установки ВТМК 2 приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Технические данные установки ВТМК 2

Наименование характеристики	ВТМК 2
Мощность двигателя	55 / 63 / 90 кВт
Производительность насоса	2×110 л/мин + 1×30 л/мин
Длина / ширина / высота, м	12 / 1,7 / 1,74
Вес	23200 кг
Максимальный угол подъема	18°
Буровые манипуляторы	ВТ 200 (ход 1,30 м, оптимальный 1,75 м)
Бурильные молотки	СОР1132; СОР1238, СОР1532, СОР1638, СОР1838
Управление процессом бурения ударного механизма	Степень забуривания Автоматическое подключение / отключение

Продолжение таблицы 3.9

Наименование характеристики	ВТРК 2
Машины вращательного бурения	DBM1-160 или другие
Дополнительное оборудование	Система автоматического контроля заклинивания буровых штанг Радиотелеуправление Компрессор сжатого воздуха Насос для поднятия гидростатического давления воды (напора)

Габаритные размеры установки ВТРК 2 приведены на рисунке 3.19, а возможная ширина и высота обуривания – на рисунке 3.20.

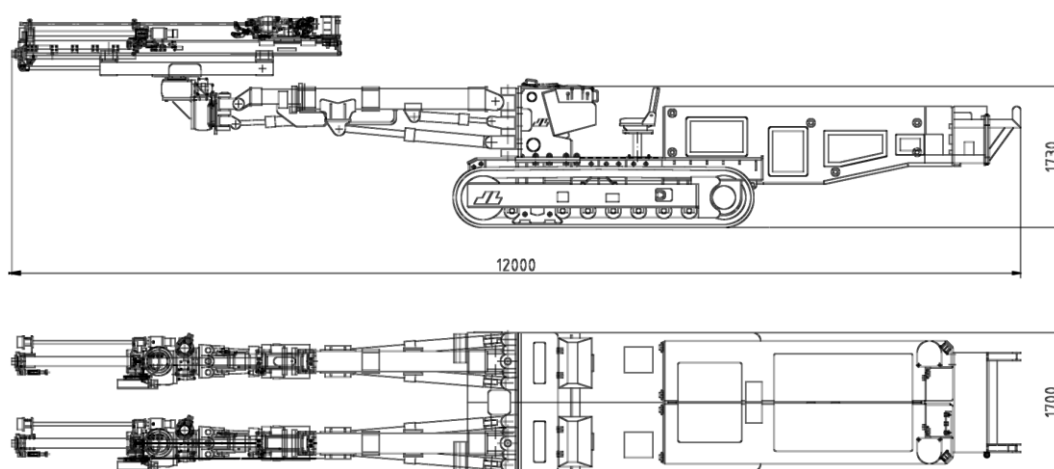


Рисунок 3.19 – Габаритные размеры установки ВТРК 2

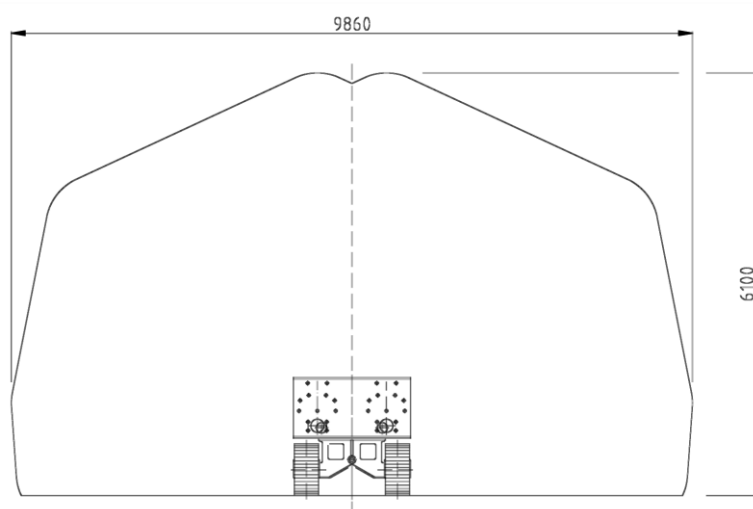


Рисунок 3.20 – Возможная ширина и высота обуривания установкой ВТРК 2

### 3.3.4 Средства механизации погрузки горной массы и их квалификация

При строительстве горизонтальных выработок буровзрывным способом (БВС) уровень механизации погрузки породы (породы, руды, угля) составляет 95–98 %. При этом затраты труда и времени достигают 30–35 % от общего цикла работ.

Погрузку взорванной породы производят погрузочными машинами и скреперными установками. В отечественной практике наибольшее распространение получили следующие типы погрузочных машин:

- ковшовые машины периодического действия с прямой и ступенчатой погрузкой типа ППН (П – погрузочная, П – периодического действия, Н – с нижним захватом);
- машины непрерывного действия с рабочим органом «загребающие лапы» и ступенчатой погрузкой типа ПНБ (П – погрузочная, Н – непрерывного действия, Б – с боковым захватом).

В угольной промышленности ковшовые погрузочные машины составляют 45–50 %, а в горнорудной – 60–65 % от общего объема механизированной погрузки.

Классификация погрузочных машин приведена на рисунке 3.21.

Основными достоинствами ковшовых погрузочных машин являются:

- маневренность (относительная);
- простота конструкции;
- обеспечение хорошей зачистки почвы выработки;
- возможность погрузки породы любой крепости.

К недостаткам ковшовых машин можно отнести:

- ограниченный фронт погрузки;
- периодическое действие;
- невысокая производительность;
- большая разгрузочная высота.

Основными достоинствами погрузочных машин непрерывного действия являются:

- высокая производительность и маневренность;
- непрерывность погрузки;

- малая высота разгрузки.

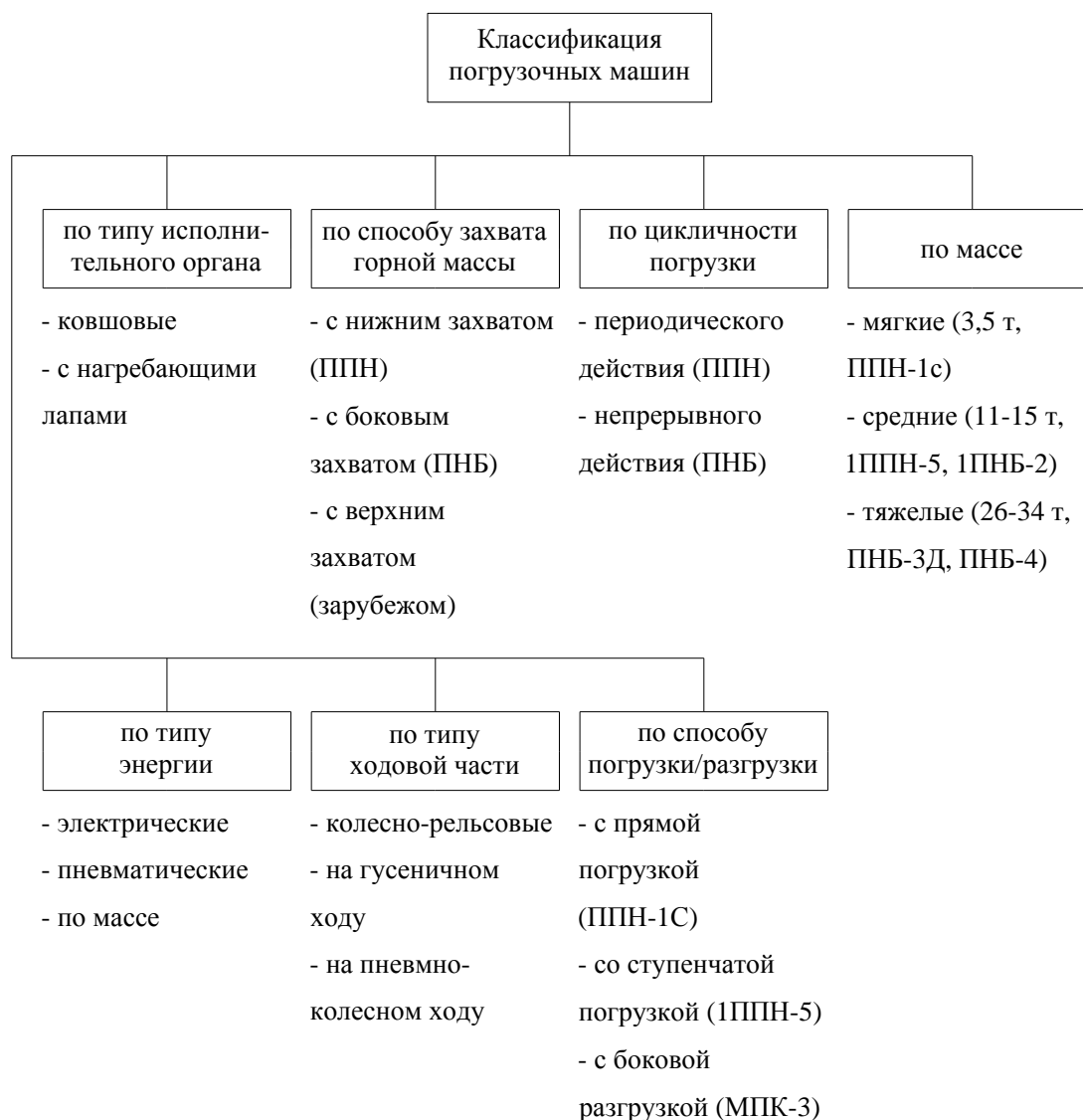


Рисунок 3.21 – Классификация погрузочных машин

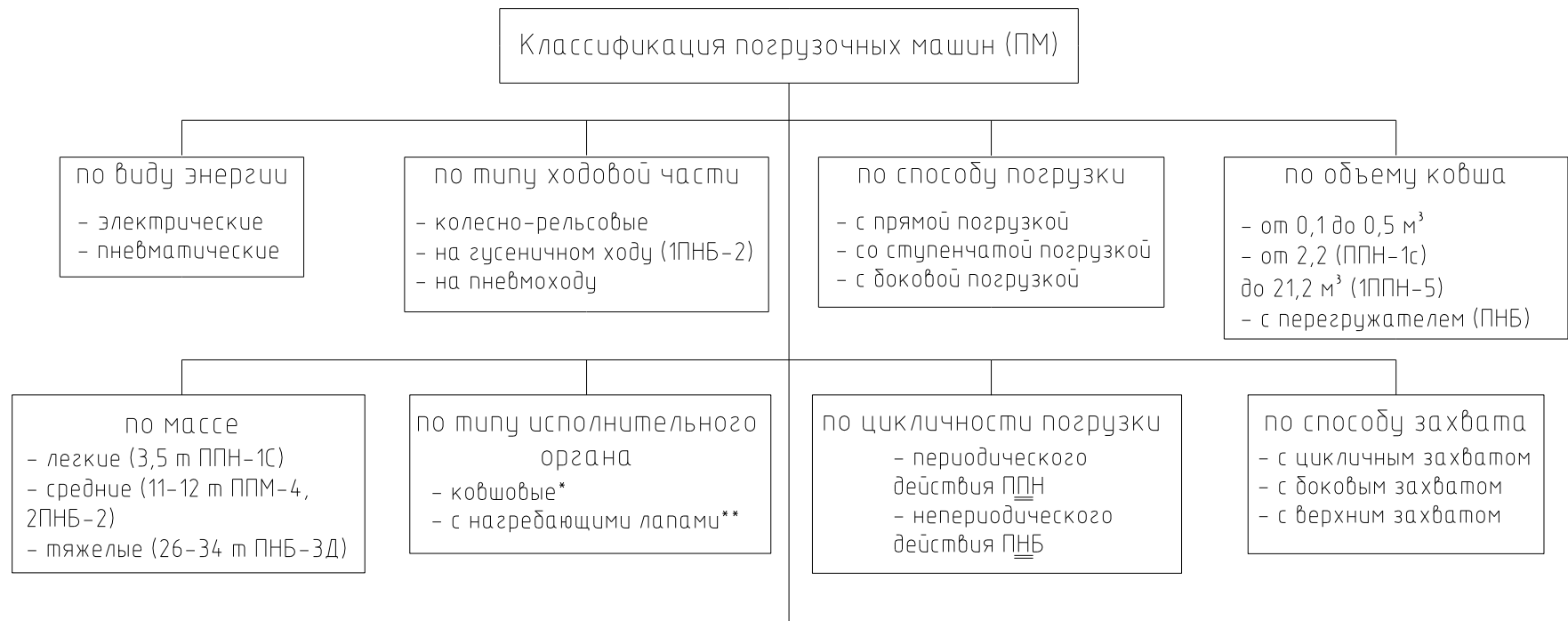
Недостатки машин непрерывного действия:

- более сложная конструкция;
- ограниченная область применения (по крепости);
- высокая стоимость.

К факторам, влияющим на выбор погрузочных машин относятся:

- размеры поперечного сечения горной выработки;
- крепость горных пород;
- вид энергии;





\* Достоинства ковшевых машин  
 + маневренность  
 + простота конструкции  
 + обеспечивают хорошую зачистку почвы  
 + грузят породу любой крепости

Недостатки  
 - ограниченный фронт погрузки  
 - периодические действия  
 - не высокая производительность  
 - большая разгрузочная высота

факторы влияющие на виды ПМ  
 - размеры поперечного сечения  
 - f  
 - вид энергии  
 - наличие рельсовых путей  
 - протяженность г/в

\*\* Достоинства ПНБ (30% всего парка ПМ)  
 + высокая производительность и маневренность  
 + непрерывность погрузки  
 + малая высота погрузки

Недостатки  
 - более сложная конструкция  
 - ограниченная область применения (по f)  
 - высокая стоимость

- наличие (отсутствие) рельсовых путей;
- протяженность горной выработки.

Технические характеристики ковшовых машин приведены в таблице 3.9, а машин непрерывного действия – в таблице 3.10.

Таблица 3.9 – Техническая характеристика ковшовых машин

Показатель	ППН-1с	ППН-2	ППН-3	1ППН-5	ППМ-4у	ППН-7
Производительность техническая, м <sup>3</sup> /мин	0,8	1	1,25	1,25	1,25	0,6
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	0,20	0,32	0,50	0,32	0,32	0,28
Фронт погрузки, м	2,2	2,5	3,1	4	4	4,8
Установленная мощность, кВт	18	26,5	38	18,5	21,5	39,5
Колея, мм	900; 750; 600	900; 750; 600	900; 750; 600	900; 750; 600	900; 750; 600	900; 600
Давление сжатого воздуха, МПа	0,5	0,5	0,5	0,4–0,5	0,4–0,5	–
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	11	13,5	15	14	16,5	–
Напряжение сети, В	–	–	–	380 660	380 660	380 660
Угол наклона выработки, градус	Горизонтальная				до –18	до –25
Минимальная площадь сечения в свету, м <sup>2</sup>	5,9	6,2	7,4	6,2	6,2	5,2
Основные размеры, мм:						
длина	2250	2500	3200	8000	8000	9450
ширина	1150	1350	1400	1400	1400	1400
высота максимальная	2250	2350	2800	2250	2250	2000
высота в транспортном положении	1500	1600	1800	1750	1750	2850
Масса, кг	3500	5000	7000	9000	10000	14400

Таблица 3.10 – Техническая характеристика машин непрерывного действия

Показатель	1ПНБ-2	2БНБ-2	1ПНБ-2у	2ПНБ-2у	ШБ-3К	ПНБ-3Д	ПНБ-4
Производительность техническая, м <sup>3</sup> /мин	2	2	1,6	2,5	3	4	6
Установленная мощность, кВт	31	65	31	70	94	94	142
Фронт погрузки, м	Не ограничен						
Угол наклона горной выработки, градус	+ 6–12	+ 6–12	до –18	до –18	Горизонтальная		
Удельное давление на грунт, МПа	0,06	0,085	0,065	0,085	0,085	0,085	0,085
Минимальная площадь сечения в свету, м <sup>2</sup>	5,6	6,2	7,7	8			
Опускание носка ниже уровня гусениц, мм	150	280	150	150	300	300	300
Напряжение сети, В	380	380	380/ 660	380/ 660	380/ 660	380/ 660	380/ 660
Основные размеры, мм:							
длина	7100	8000	7100	7800	8500	9000	10000
ширина	1620	1800	1620	2000	2000	2500	2700
высота в транспортном положении	1250,	1456	1300	1450	1900	1900	2000
Масса, кг	6750	11650	10000	12000	23600	25000	39000

На рисунке 3.22 приведена погрузочная машина 1ППН-5, а на рисунке 3.23 – погрузочная машина ППМ-4у, применяемая для погрузки породы в наклонных выработках.

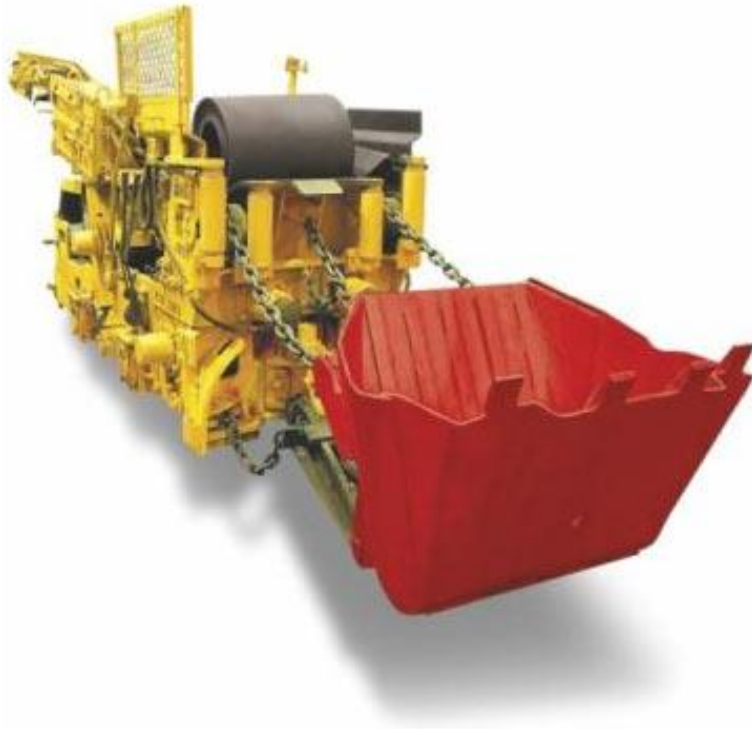


Рисунок 3.22 – Погрузочная машина 1ППН-5

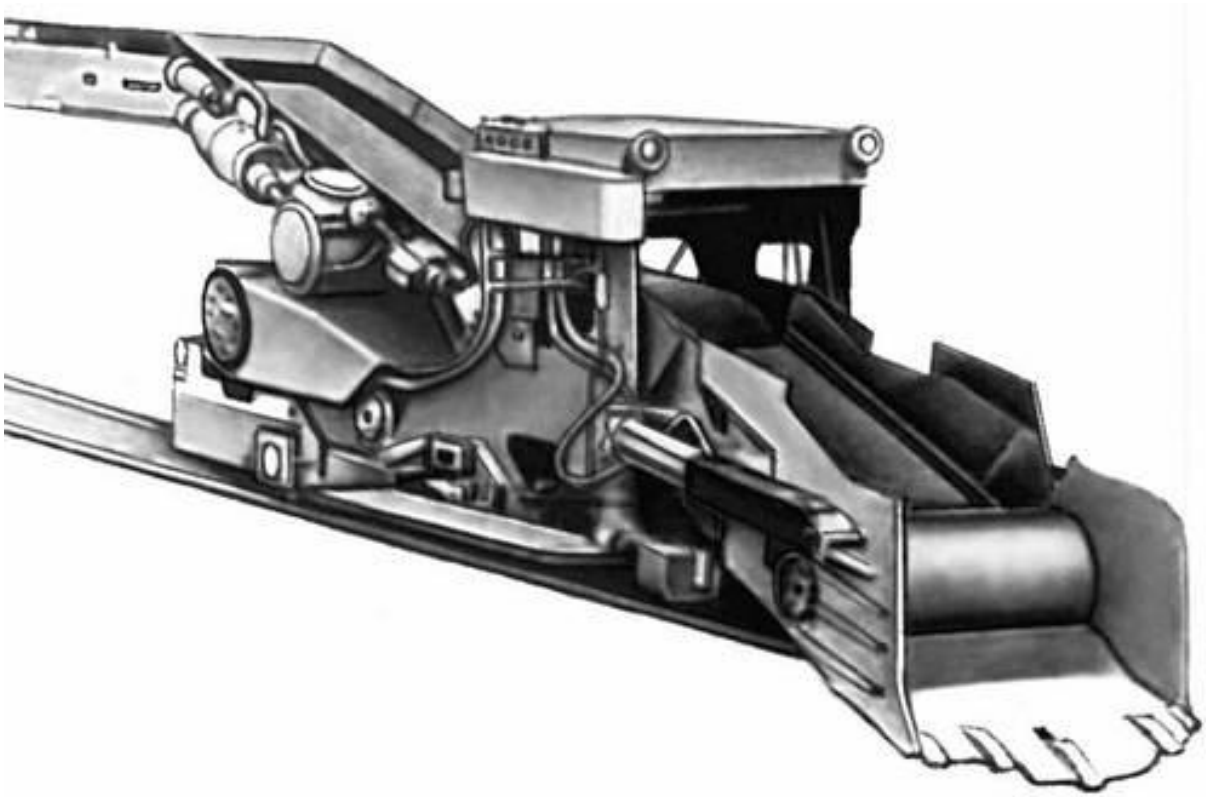


Рисунок 3.23 – Погрузочная машина ППМ-4У

Погрузочная машина с боковой разгрузкой ковша МПК-3 (рисунок 3.24) предназначена для погрузки разрыхленной взрывом горной массы в вагонетки, на конвейер и другие транспортные средства, а также для доставки материалов и оборудования в призабойной части выработки, подъема и установки верхняков крепи, подъема затяжек и забутовочного материала.

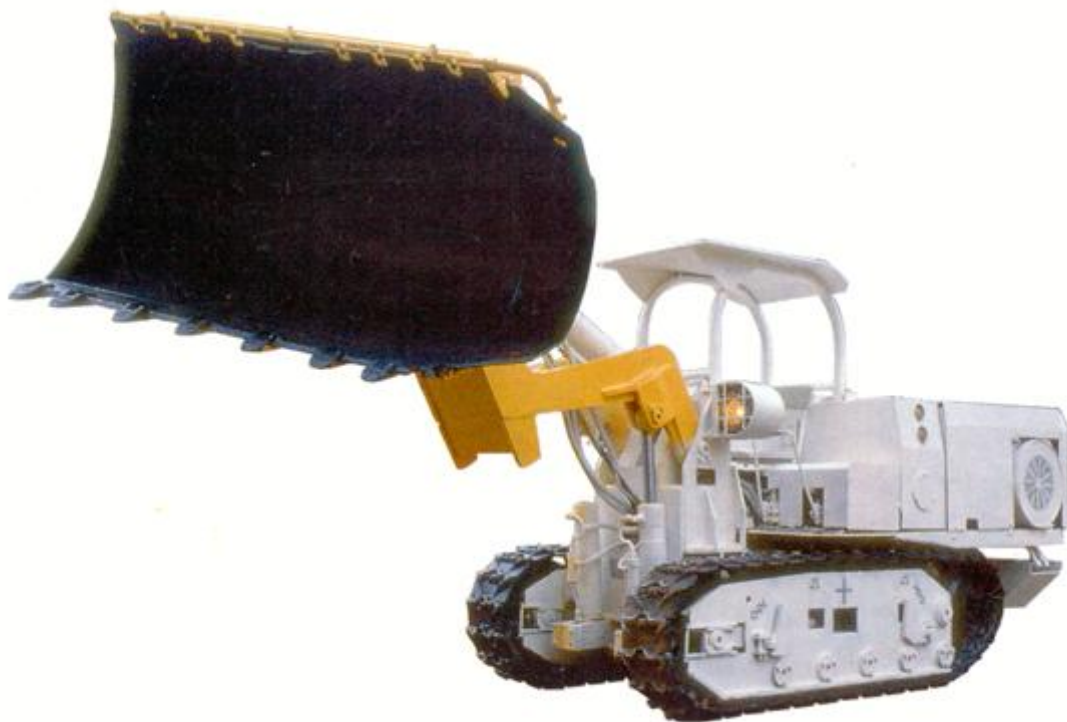


Рисунок 3.24 – Общий вид погрузочной машины МПК-3

Машина применяется при проведении горизонтальных и наклонных до  $\pm 10^\circ$  горных выработок в породах крепостью до  $f = 16$  по шкале профессора М. М. Протодяконова в шахтах, включая опасные по газу и пыли, сечением в свету, не менее:

- $14,4 \text{ м}^2$  при погрузке в вагонетки,
- $10,3 \text{ м}^2$  при погрузке на ленточный конвейер,
- $6,4 \text{ м}^2$  при погрузке на скребковый конвейер.

Техническая характеристика машины МПК-3 приведена в таблице 3.11

Таблица 3.11 – Техническая характеристика машины МПК-3

Наименование характеристики	МПК-3
Производительность техническая, м <sup>3</sup> /мин.	2,4
Габаритные размеры, (Д : Ш : В) мм:	5200 : 1450 : 2200
Погрузочный орган	
- максимальный размер кусков погружаемой горной породы, мм	800
Максимальное опускание кромки ковша ниже уровня почвы, мм	250
Ширина захвата, мм	1900
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	1
Ходовая часть:	
- тип	Гусеничный
- тип привода	Гидравлический
Скорость передвижения, м/с	не более 0,8
Мощность, кВт	55
Масса, кг	не более 10000
Масса комплекта поставки, кг	не более 12000

Машины исполняются для районов с умеренным климатом, для диапазонов температур окружающей среды от 5° до 35 °С.

Машины выпускаются на рабочее напряжение 660 В и 380 В по заказу потребителя.

В погрузочной машине МПК-3 заложен ряд технических решений, которые обеспечили ей значительные преимущества перед ковшовыми машинами, выпускаемыми ранее отечественной промышленностью.

Наличие балансирной подвески ходовых тележек позволяет ковшу находиться в горизонтальном положении при наездке одной из гусениц на препятствие (кусок породы) и тем самым обеспечивается эффективная загрузка ковша.

Гидравлический привод на обе гусеницы обеспечивает большие напорные усилия при погрузке и позволяет работать машине в обводненных забоях.

Устанавливаемое на ковш специальное приспособление, поставляемое с машиной, облегчает установку верхняков арочной крепи.

Переставляемая с одной стороны ковша на другую, течка, позволяет разгружать ковш на обе стороны машины.

Благодаря этим качествам, а также высокой надежности и простоте в обслуживании машина МПК-3 пользуется значительным спросом.

Машина МПБ 1200 «БУЯН» (рисунок 3.25) предназначена для механизации поддирки почвы и погрузки отбитой горной массы в вагонетки, на конвейеры и другие транспортные средства при ремонте и восстановлении выработок. Она также бурит шпур в горизонтальной и вертикальной плоскостях, механизмирует наиболее трудоемкие операции вспомогательных работ при перекреплении и доставке материалов в зоне ремонта выработок.

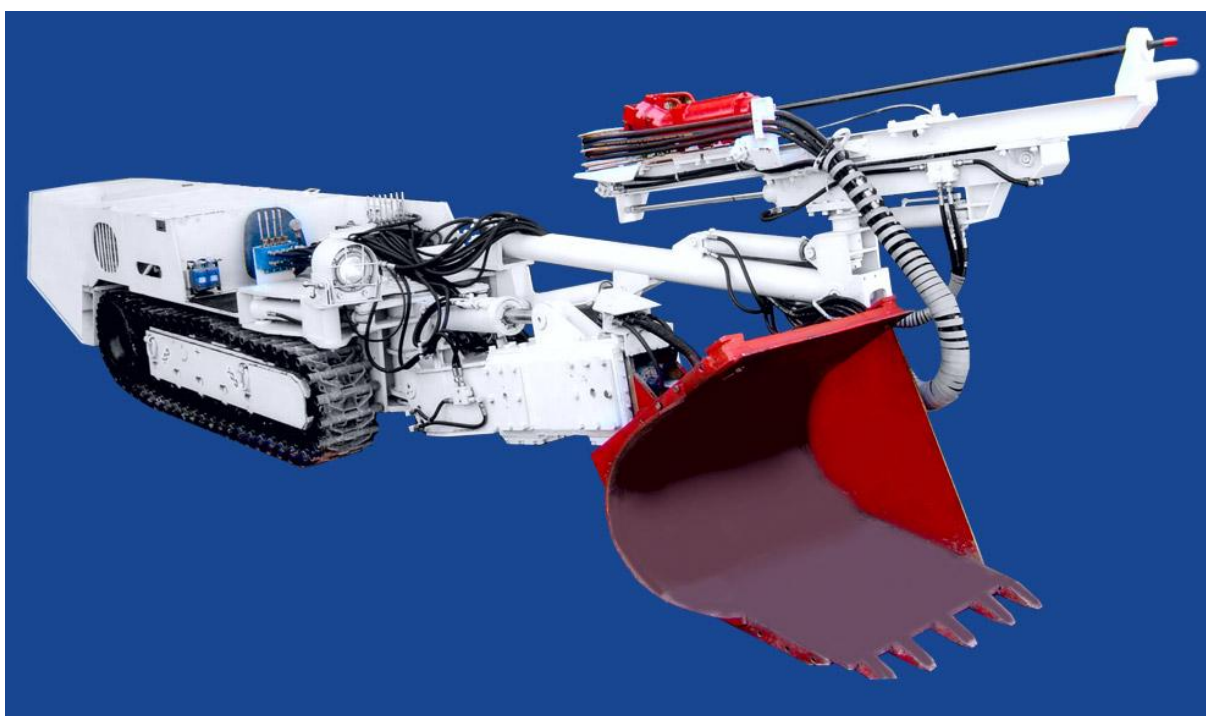


Рисунок 3.25 – Общий вид машины МПБ 1200 «БУЯН»

Преимущественная область применения: горизонтальные и наклонные (до  $+12^\circ$ ) выработки, проводимые буровзрывным способом с сечением в свету  $6-18 \text{ м}^2$ , с породами крепостью до  $f = 8$  (по шкале проф. М. М. Протоdjяконова) в шахтах, в том числе опасных по газу и пыли, в рудниках, при строительстве подземных сооружений.

Машина МПБ 1200 выполнена с двумя стреловидными манипуляторами, центральный из которых (ковшовый) телескопический. Это обеспечивает многофункциональность машины МПБ

1200, что удобно в условиях выработок небольшой площади сечения.

Техническая характеристика машины МПБ 1200 приведена в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Техническая характеристика машина МПБ 1200

Наименование характеристики	МПБ 1200
Производительность техническая:	
при погрузке-разгрузке, м <sup>3</sup> /мин	0,32
при бурении ( $f = 4,6$ ), м/ч	54,5
Скорость передвижения, км/ч	1,2
Угол, преодолеваемый машиной в транспортном положении	22
Клиренс, мм	160
Напорное усиление гусениц, кН	70
Ширина трака гусеницы, мм	360
Гидрооборудование:	
Подача насосов, л/мин	157,4
Максимальное давление в гидросистеме, МПа	18
Номинальная толщина фильтрации, мкм	25
Электрооборудование:	
Номинальное напряжение, В	660
Номинальная частота, Гц	50
Номинальная мощность электродвигателя, кВт	55
Погрузочная стрела	
Угол поворота в горизонтальной плоскости, град	+30
Высота зоны разгрузки, м	2,1
Ход телескопа, мм	600
Вместимость ковша, л	350
Опускание днища ковша ниже опорной поверхности машины, мм.	270
Бурильная стрела	
Размеры обуривания забоя (высота x ширина), м	3,2×2,6
Ход подачи бурильной головки, м	1,5
Габаритные размеры в транспортном положении, м:	
высота	1,2
ширина	1,2
длина	7,5
Масса, т	11

Погрузочные машины непрерывного действия представлены ниже.



Машины погрузочные 1ПНБ2 (рисунок 3.26) предназначены для погрузки горной массы, разрыхленной буровзрывным или иным способом, при проходке горизонтальных и наклонных (до  $18^\circ$ ) выработок.



Рисунок 3.26 – Общий вид погрузочной машины 1ПНБ2

Машина 1ПНБ2У комплектуется предохранительной лебедкой. Допускается поставка машины 1ПНБ2У без предохранительной лебедки по согласованию с потребителем.

Машины буропогрузочные 1ПНБ2Б, предназначены для бурения шпуров и погрузки взорванной горной массы при буровзрывном способе ведения горных работ в горизонтальных и наклонных (до  $10^\circ$ ) выработок.

Благодаря наличию двух скоростей передвижения погрузочные машины имеют возможность получать большое напорное усилие на погружаемую массу при рабочем ходе (погрузке) и быстро перемещаться при маневрировании.

Машины могут применяться в шахтах, опасных по газу и пыли.

Машины погрузочные ПНБЗД2М и ПНБ4Д (рисунок 3.27) непрерывного действия с рабочим органом типа «лапы парные нагребавшие» применяются для погрузки взорванной горной массы в горизонтальных и наклонных (с углом наклона до  $10^\circ$ ) горных выработках в транспортные средства с высотой бортов

кузова до 2000 мм при подземной разработке полезных ископаемых и строительстве подземных сооружений.



Рисунок 3.27 – Общий вид погрузочной машины

Возможна поставка машин погрузочных ПНБЗД2М и ПНБ4Д доработанных для обеспечения эксплуатации в выработках при продольном уклоне до  $15^\circ$  с применением предохранительной лебедки.

Каждая из машин состоит из гусеничной ходовой части, на которой смонтирован погрузочно-транспортный орган, состоящий из парных нагребавших лап и одноцепного изгибающегося в горизонтальной плоскости конвейера. Рабочий орган и конвейер с помощью гидравлической части могут быть ориентированы по высоте.

Приводы рабочего органа, ходовой части, скребкового конвейера и гидравлической части – электромеханические.

Машины отличаются высокой надежностью и долговечностью. Эксплуатация машин возможна при коэффициенте крепости горной массы  $f > 16$ . При этом срок службы и техническая производительность могут быть ниже. Наружные, внутренние и боковые поверхности имеют сменную футеровку из закаленной стали. Узлы, соприкасающиеся с горной массой, наплавлены твердым сплавом.

Машины могут грузить горную массу в вагонетки и на конвейеры. Если по размерам выработок шахты машина не может

быть доставлена к месту работы в собранном виде, ее можно разобрать на транспортбельные сборочные единицы.

Поставка машин потребителям для других горных условий может быть произведена после согласования с предприятием-изготовителем.

Машины типа ПНБЗД2М выпускаются в двух исполнениях: в рудничном нормальном исполнении (РН) и с электрооборудованием в рудничном взрывозащищенном исполнении (РВ).

Погрузочные машины ПНБ4Д приспособлены для погрузки больших объемов высокоабразивных руд и пород и имеют следующие конструктивные отличия от машин ПНБЗД2М:

- электродвигатели ходовой части вынесены из-под конвейера и расположены над гусеницами, что обеспечивает лучшую стыковку с автосамосвалами и исключает повреждение электродвигателей кузовом автосамосвала;

- поперечное расположение двигателей ходовой части исключает применение в трансмиссии конических зубчатых передач и конических подшипников;

- привод хода снабжен предохранительной фрикционной муфтой и имеет более надежный тормоз;

- нагребные лапы имеют устройство автоматической компенсации износа нижней поверхности, что позволяет уменьшить износ дисков и лап;

- конвейер машины оборудован устройством центрирования скребковой цепи в районе приводной звездочки при износе торцев скребков, что снижает вероятность соскакивания цепи со звездочки при работе машины;

- защитный козырек имеет специальное устройство в виде подвижной крыши, соединенной с основанием пружинами и гибкими элементами, исключающее повреждение козырька при случайном касании за стенку выработки;

- гидравлическая часть снабжена предохранительными клапанами, исключающими поломку стрелы конвейера при случайном касании за стенку или кровлю выработки.

### 3.3.5 Требования к горной крепи и ее классификация

Основные требования к горной крепи приведены на рисунке 3.28



Рисунок 3.28 – Требования к горной крепи

Горные крепи классифицируются по следующим признакам:

1. *по назначению* – временная и постоянная;
2. *по материалу* – деревянная, металлическая, каменная, бетонная, железобетонная, смешанная;
3. *по конструктивному виду* – сплошная (бетонная, каменная, сборная из блоков, тубингов и т.п.) и рамная (из отдельных рам, колец, венцов, устанавливаемых вразбежку);
4. *по характеру работы* – ограждающая, изолирующая, опорная, упрочняющая;
5. *по форме* – прямоугольная, трапециевидная, полигональная,

сводчатая, подковообразная, кольцевая, эллиптическая;

6. *по конструктивной схеме* – балочная и плитная с жесткими или шарнирными соединениями, сводчатая, кольцевая и эллиптическая бесшарнирная и шарнирная;

7. *по деформационно-силовой характеристике* – жесткая, податливая;

8. *по размещению на поверхностях выработки* – потолочная, незамкнутая, замкнутая;

9. *по характеру контакта с массивом пород* – без сцепления с массивом по наружному контуру, со сцеплением;

10. *по структуре конструкции* – однослойная, многослойная;

11. *по местоположению на трассе выработки* – крепь протяженных участков, сопряжений и пересечений, закруглений, выходов на поверхность (устьев стволов и штолен);

12. *по способам возведения* – обычная и специальная (забивная, задавливаемая, погружная, опускная, предварительно обжатая и т.п.);

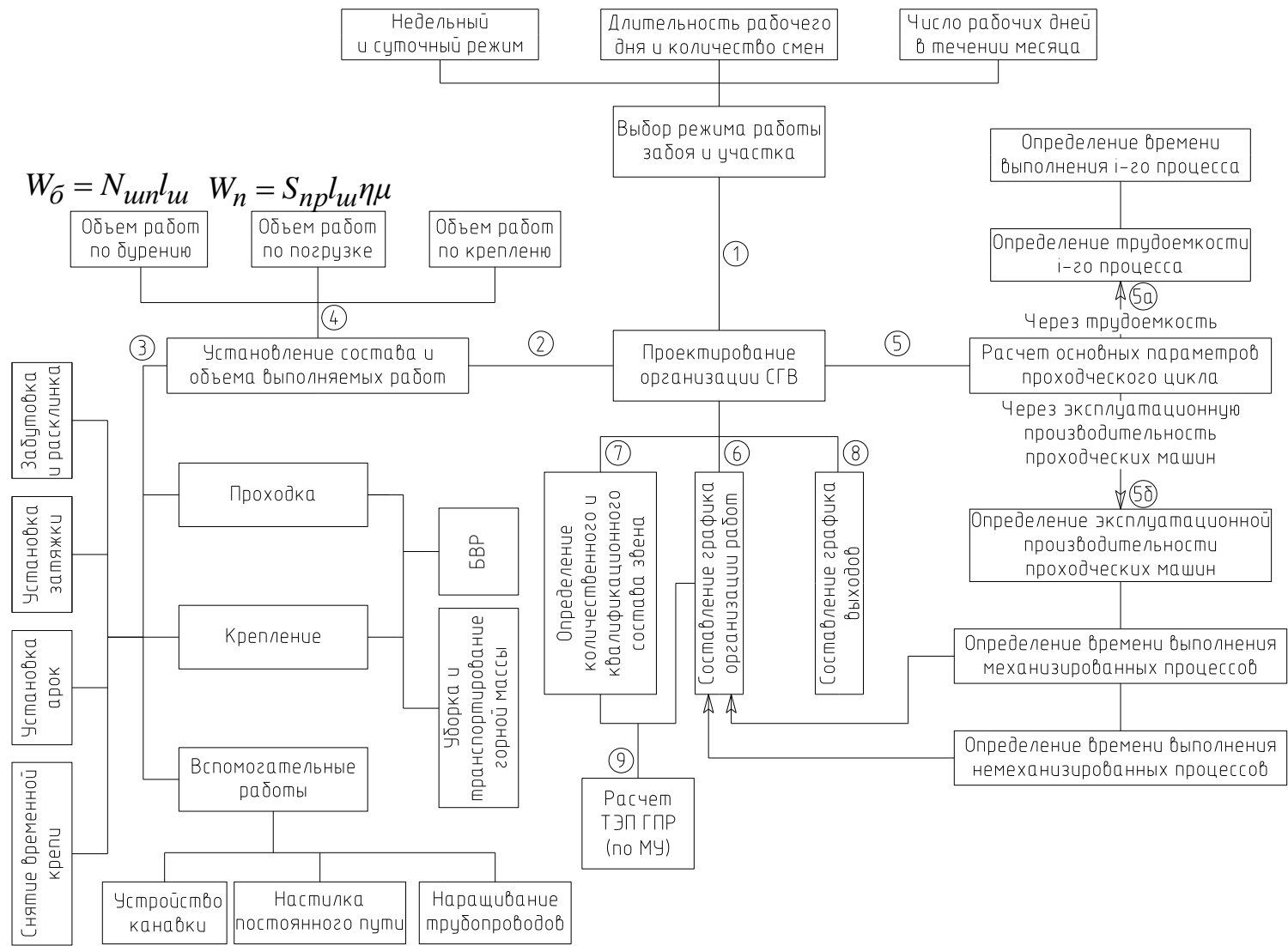
13. *по возможности перемещения* – стационарная, передвижная.

### **3.3.6 Основные принципы проектирования организации горнопроходческих работ**

Принципиальная схема проектирования организации ГПР представлена на рисунке 3.29.

Проектирование организации ГПР включает следующие этапы [9]:

- выбор режима работы забоя или участка;
- установление состава и объема выполняемых работ;
- расчет основных параметров цикла;
- определение количественного и квалификационного состава бригады;
- составление графика организации работ (графика цикличности);
- разработка организационно-технических мероприятий по внедрению графика в производство;
- составление графика выходов рабочих;
- расчет технико-экономических показателей ГПР.



$$t_i = \frac{q_i \alpha}{n_i K} \quad \alpha = \frac{C_y - \sum t_{\text{св}}}{T_{\text{ц}}}$$

$$q_i = W_i H_{\text{эpi}}$$

$$P_{\text{э}}^{\text{б}} = P_{\text{mex}}^{\text{б}} K_{\text{нз}}$$

$$P_{\text{э}}^{\text{н}} = P_{\text{mex}}^{\text{н}} K_{\text{н}} K_{\text{д}} K_{\text{с}} K_{\text{м}} K_{\text{с}} K_{\text{с}}$$

$$t_i = \frac{W_i^{\text{м}}}{P_{\text{эi}}^{\text{м}} m_i}$$

$$t_i^{\text{н}} = \frac{W_{\text{pi}} H_{\text{эpi}}^{\text{н}}}{n_i k} = \frac{q_i \alpha}{n_i K}$$

Рисунок 3.29 – Принципиальная схема проектирования организации горнопроходческих работ (ОСГВ)

### 3.4 Проведение штреков по неоднородным породам

Проведение штреков по неоднородным породам применяется при пологом или наклоне заложении угольного пласта мощностью 0,5–1,5 м.

Область применения и схемы проведения штреков по неоднородным породам приведена на рисунке 3.30.

Проведение штреков широким забоем на шахтах России не применяется. Но эта схема до сих пор применяется на шахтах Украины (Западный Донбасс).

Узким забоем штреки могут проводиться как сплошным забоем, так и уступным с разделенной выемкой угля и породы.

Сплошным забоем проводятся штреки по тонким (менее 0,5 м) пластам и низком качестве угля и пластам средней мощности штреки проводятся уступным забоем.

Способы проходки могут быть как буровзрывными, так и комбайновыми, все определяется крепостью вмещающих пород.

Выбор места подрывки пород зависит от угла наклона пласта  $\alpha$ . При  $\alpha = 10\text{--}12^\circ$  обычно подрывается почва пласта, при этом верхняк крепи располагается параллельно кровле.

При  $\alpha = 10\text{--}25^\circ$  может подрываться либо кровля, либо почва пласта, либо то и другое вместе.

При  $\alpha = 25\text{--}50^\circ$  подрывается кровля и почва пласта, т.к. при этом сокращается объем вынимаемой породы и повышается устойчивость выработки.

При  $\alpha > 55^\circ$  подрывается почва пласта, т.к. при этом обеспечивается большая устойчивость выработки.

Достоинства и недостатки каждого из способов проведения штреков по неоднородным породам, а также особенности БВР приведены на рисунке 3.30.

### 3.5 Комбайновый способ проведения горных выработок

Реализация современных методов шахтного строительства в области проведения горных выработок осуществляется путем развития комбайнового способа проходки.

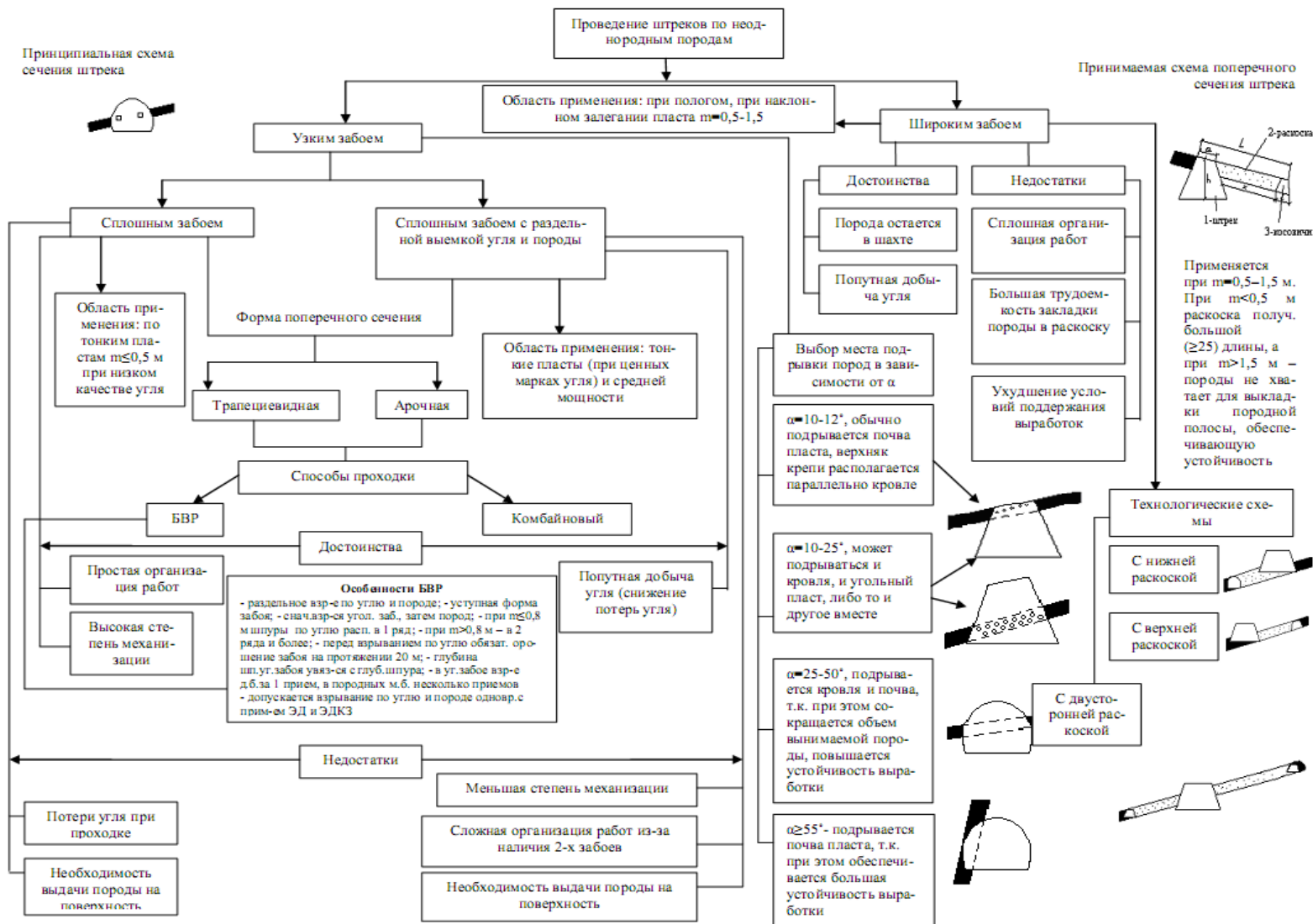


Рисунок 3.30 – Классификация способов и схем проведения штреков по неоднородным породам



При комбайновом способе проходки существенно сокращаются число основных процессов проходческого цикла по сравнению с БВС. Однако вспомогательные процессы остаются такими же, как и при буровзрывной технологии.

Технология комбайнового способа сводится к механическому разрушению массива, погрузке и транспортированию горной массы, что можно выполнить с одновременным возведением постоянной крепи. Такие процессы, как бурение шпуров, зарядание и взрывание, проветривание и приведение забоя в безопасное состояние после взрывания, исключается из проходческого цикла. Поэтому для комбайновой технологии строительства горных выработок характерна циклично-поточная организация труда.

Основными достоинствами комбайнового способа проведения горных выработок являются [9]:

- полная механизация и совмещение во времени выемки и погрузки горной массы, а при применении временных неразрушаемых крепей с этими работами совмещают такие как возведение постоянной крепи;
- выемка производится в пределах проектного контура выработки без нарушения сплошности окружающего массива;
- увеличение темпов проходки и производительности труда в 2–2,5 труда по сравнению с БВС проходки;
- снижение стоимости строительства;
- повышение безопасности и улучшение санитарных условий работы.

Применяемые в настоящее время проходческие комбайны делятся на две группы:

- комбайны бурового действия с роторным исполнительным органом;
- комбайны избирательного действия со стреловидным исполнительным органом.

Классификация проходческих комбайнов приведена на рисунке 3.31.

Применяемые в настоящее время проходческие комбайны делятся на две группы:

- комбайны бурового действия с роторным исполнительным органом;

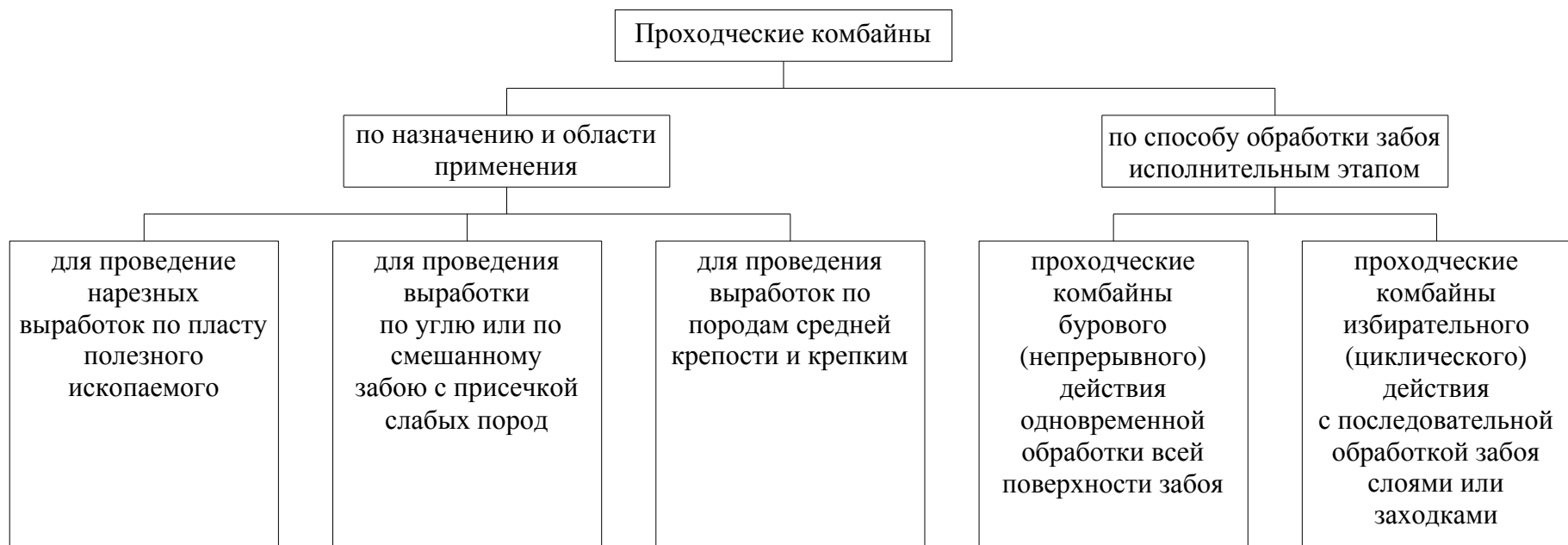


Рисунок 3.31 – Классификация проходческих комбайнов

– комбайны избирательного действия со стреловидным исполнительным органом.

### 3.5.1 Проходческие комбайны бурового действия

Эти комбайны по области применения делятся на две группы:

- для проходки выработок по углю, калийным солям и слабым породам с  $f < 4$ ;
- для проходки выработок по сильно абразивным породам с  $f = 8-10$ .

Комбайны первой группы (ПК-8М, «Урал-10КС», «Урал-20КСА») используют главным образом при добычи калийных солей, проведения горных выработок по углю и очистной выемке в камерах.

Комбайны второй группы (КРТ, Союз-19у, ПК-8М) применяются для проведения выработок в породах с  $f > 4$ , и площадью поперечного сечения  $16,5 \text{ м}^2$  (КРТ) и  $20,6 \text{ м}^2$  (Союз-19у) при угле наклона  $\pm 10^\circ$ .

Недостатками комбайнов бурового действия являются:

- ограниченная мобильность из-за сложного шагающего-роторного устройства;
- большая масса (до 250 т) и длине (15–16 м) комбайна;
- способность проходить выработки ограниченного сечения в основном круглой формы;
- высокая трудоемкость монтажных работ (1000–2500 чел.-смен).

### 3.5.2 Проходческие комбайны избирательного действия

Проходческие комбайны избирательного действия со стреловидным исполнительным органом имеют по сравнению с комбайнами бурового действия следующие преимущества:

- большая маневренность;
- возможность раздельной выемки угля и породы;
- придание выработки любой (кроме круглой) формы поперечного сечения;
- меньшая стоимость и масса.

К основным недостаткам комбайнов избирательного действия можно отнести:

- циклические действия, что снижает эксплуатационную производительность комбайна;
- конструктивная сложность исполнительного органа, особенно при телескопических стрелах;
- более сложная конструкция погрузочных устройств;
- невозможность проведения выработок по крепким, абразивным породам;
- большая интенсивность пылевыведения и низкая эффективность средств борьбы с пылью.

Ниже приведена номенклатура комбайнов бурового и избирательного действия отечественного и зарубежного производства.

**Проходческий комбайн ПК-8М** предназначен для проведения горизонтальных и наклонных ( $\pm 15^\circ$ ) выработок арочной формы по углю и солям с  $f < 4$  с устойчивыми боковыми породами.

Комбайн ПК-8М состоит из следующих основных узлов: исполнительного органа с приводом, бермовых фрез, ходовой гусеничной тележки, вертикального распорного устройства, отгораживающего щита, конвейера, пылеотсасывающего устройства и системы управления.

Исполнительный орган комбайна состоит из двух планшайб, вращающихся в разные стороны, чем достигается уравновешивание реактивного момента.

На кронштейнах планшайб устанавливают зубки для прорезания концентрических щелей. Оставшиеся целики разрушают роликами-скалывателями, эксцентрично расположенными на лучах. Бермовые фрезы и отрезные барабаны придают сечению выработки арочную форму.

Отбитую горную массу четырьмя ковшами грузят на ленточный конвейер. Комбайн передвигается и подается на забой посредством гусеничного ходового механизма. Увеличение напорного усилия для разрушения породного массива выполняют с помощью распорного устройства, которое прижимают к кровле четырьмя гидродомкратами.

Таблица 3.32 – Технические характеристики комбайнов

Показатели	Комбайны				
	ТОР-2	комплекс «Союз-19»	ПК-8М	«Урал- 10КС»	«Урал- 20КС»
Площадь поперечного сечения выработки вчерне, м <sup>2</sup>	10,8	18,6	8-9	7,8–10,2	13,4–20,2
Усилие подачи, кН	2500	9100	–	–	–
Установленная мощность электродвигателей, кВт	362	870	356	435	520
Ход подачи, м	0,7	1,0	–	–	–
Длина комбайна, м	10	15,2	9,3	12,2	10,8
Масса, т	93	205	65,5	63	75–80

**Проходческо-очистные комбайны «Урал-10КС» и «Урал-20КС»** предназначены для проведения подготовительных выработок и очистных работ на калийных рудниках. Комбайны имеют исполнительный орган планетарного типа. Разрушение горной массы осуществляют посредством сложного движения режущего инструмента вокруг его продольной оси и перпендикулярно плоскости забоя. Арочное сечение выработки образуется бермовыми фрезами, которые одновременно подают разрушенную массу на центральный скребковый конвейер. С помощью скребкового конвейера грузят горную массу в транспортные средства. Для борьбы с пылью на машине установлены система водяного орошения и пылеотсасывающая установка.

Для проведения выработок по крепким и абразивным породам в горнодобывающей промышленности используют комбайны типа ТОР-2 и «Союз-19».

**Проходческий комбайновый комплекс «Союз-19»** предназначен для проведения горных выработок арочной формы площадью поперечного сечения 18,6 м<sup>2</sup> вчерне (12,6 м<sup>2</sup> в свету) углом наклона  $\pm 10^\circ$  и минимальным радиусом закругления 100 м в породах с  $f$  до 16. Проектная производительность комплекса 10 м/смену. Комплекс состоит из комбайна и технологического оборудования.

Исполнительный орган диаметром 4,75 м конической формы оснащен 36 дисковыми шарошками. Режущая кромка шаро-

шек расположена под углом  $45^\circ$  к плоскости забоя. Две бермовые фрезы – барабанные конические – оснащены девятью дисковыми шарошками.

Разрушенную породу захватывают установленными на исполнительном органе ковшами и перегружают на ленточный конвейер шириной 0,8 м, далее порода поступает на перегружатель. Прицепное оборудование состоит из крепемонтажного устройства, перегружателя и прицепных опор.

Крепемонтажное устройство предназначено, для механизации работ по возведению металлической арочной крепи. Секцию арочной крепи с помощью крана устанавливают на накопитель, по которому она перемещается к комбайну. Вместимость накопителя – 30 секций. В хвостовой части комбайна секцию крепи особым механизмом устанавливают в рабочее положение. Крепежное устройство и перегружатель оборудуются на прицепных опорах-лыжах.

За рубежом выпускают несколько типоразмеров комбайнов бурового действия для проведения горных выработок и тоннелей различного назначения, характеристика которых приведена в таблице 3.33.

Таблица 3.33 – Характеристики бурового действия за рубежом

Показатели	«Роббинс» (США)					«Дреесер» (США)
	81/113	142/139	A6a	351	371	205
Диаметр тоннеля, м	2,6	4,27–4,74	5,8	9,0	11,2	8,2
Мощность двигателя исполнительного органа, кВт	112	440	630	597	800	720
Частота вращения исполнительного органа, $c^{-1}$	–	–	4,2–60	4,5–60	9,3–60	10–60
Усилие подачи на забой, кН	1250	4037	8400	1020	2450	Н.д.
Масса, т	–	110	285	175	300	230
Диаметр тоннеля, м	4	4,4–4,8	6,4	5,8–6,8	6,5–7,87	2,7–3,3

Продолжение таблицы 3.33

Показатели	«Роббинс» (США)					«Дреесер» (США)
	81/113	142/139	А6а	351	371	205
Мощность двигателя исполнительного органа кВт	600	528	1098	760	920	240
Частота вращения исполнительного органа, с <sup>-1</sup>	Н.д.	–	–	6,15–60	–	–
Усилие подачи на забой, кН	Н.д.	4900	6400	6350	7350	Н.д.
Масса, т	100	105	340	340	–	75

### Контрольные вопросы к главе 3

1. *Какие способы строительства горизонтальных и наклонных выработок вы знаете?*
2. *Какие схемы строительства горизонтальных и наклонных выработок вы знаете?*
3. *По каким параметрам выбирается форма поперечного сечения горизонтальной и наклонной горной выработки?*
4. *Какие основные требования предъявляются к размерам поперечного сечения горной выработки?*
5. *По каким параметрам выбирается размер поперечного сечения горизонтальной и наклонной горной выработки?*
6. *По каким признакам классифицируются средства механизации бурения шпуров?*
7. *Какие средства механизации бурения шпуров вы знаете?*
8. *По каким признакам классифицируются средства механизации погрузки горной массы?*
9. *Какие средства механизации погрузки горной массы вы знаете?*
10. *Какие основные требования предъявляются к крепям горной выработки?*
11. *По каким признакам проектируется организации горнопроходческих работ?*

12. *Схемы проведения штреков по неоднородным породам вы знаете?*
13. *Какие проходческие комбайны бурового действия вы знаете?*
14. *Какие проходческие комбайны избирательного действия вы знаете?*



## 4 СТРОИТЕЛЬСТВО ВЫРАБОТОК БОЛЬШОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

### 4.1 Классификация выработок большого поперечного сечения

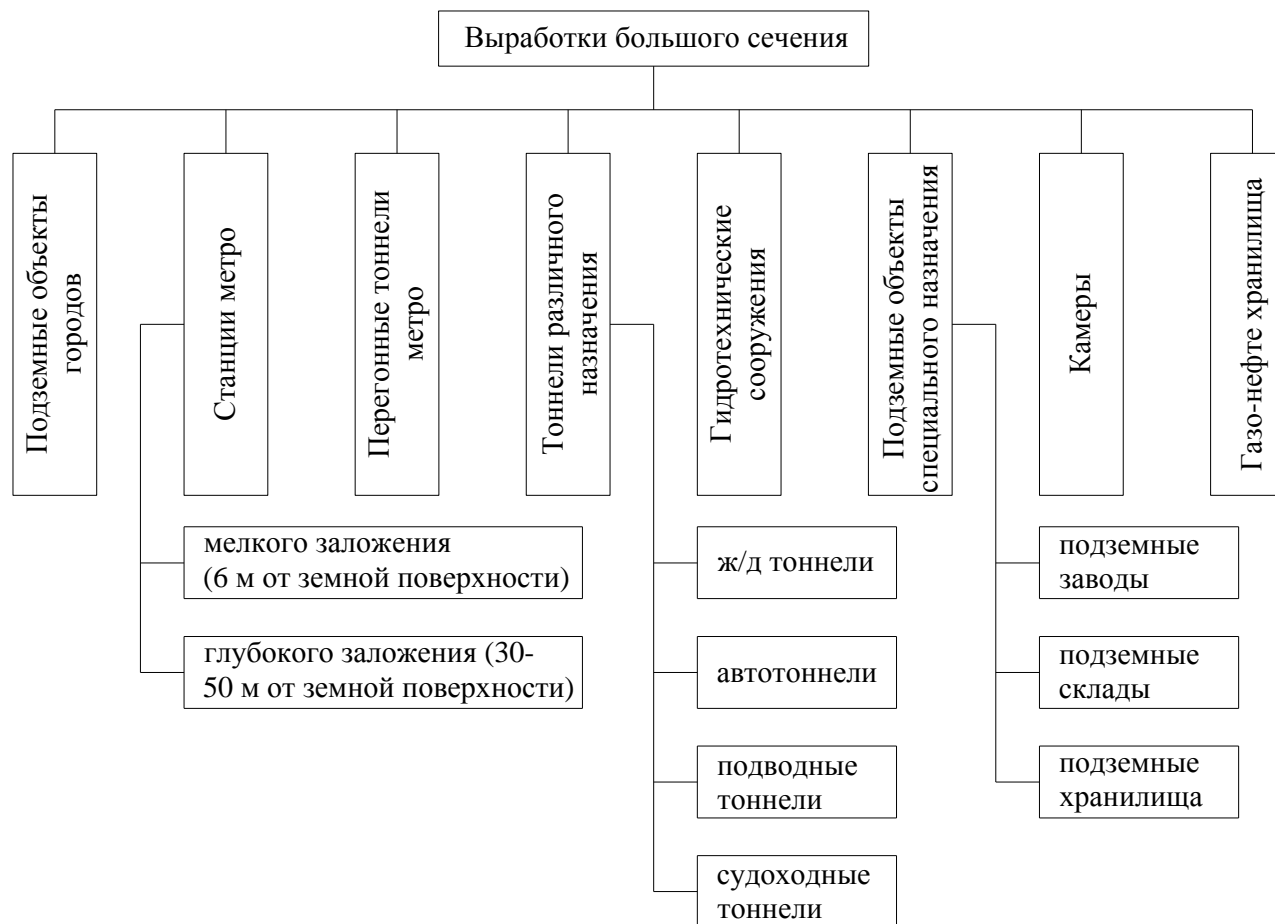


Рисунок 4.1 – Классификация выработок большого сечения

## 4.2 Основы проектирования выработок большого поперечного сечения

В основе проектирования выработок большого сечения, в частности тоннелей, является габарит приближенного строения.

Габаритом приближения строений называется перпендикулярный к оси пути контур, внутрь которого не должны выступать никакие части сооружений и устройств (с учетом неточностей, допущенных при строительстве тоннеля и возведении обделки).

На железных дорогах при проектировании используют габарит «С» приближения строений при колее 1520 (1524) мм с шириной междупутья на прямой 4100 мм (рисунок 4.2). Высоту  $H$  габарита и его ширину  $b$  поверху назначают в зависимости от конструкции подвески контактного провода. В сети с напряжением 1,5–25 кВ для контактной подвески с несущим тросом принимают  $H = 6400$  мм ( $b = 2040$  мм), без несущего троса  $H = 6250$  мм ( $b = 2240$  мм).

На кривых участках пути габарит приближения строений должен быть увеличен с учетом выноса концов и середины вагона в стороны от оси пути и его наклона, обусловленного возвышением  $h$  наружного рельса, которое назначают в зависимости от наибольшей скорости движения, допускаемой на кривой данного радиуса.

Ширина габарита однопутного тоннеля увеличивается на величину

$$\Delta = \frac{L^2}{8R},$$

где  $L$  – длина вагона ( $L = 24$  м);  $R$  – радиус кривой.

Вертикальные размеры габарита приближения строений отсчитывают от уровня головки внутреннего рельса, а горизонтальные от вертикали, проходящей внутри колеи на расстоянии 760 мм от рабочего канта головки. Для двухпутных тоннелей на кривой габарит приближения строений получают построением уширенных габаритов однопутных тоннелей, расстояние между

осями которых увеличивают в зависимости от соотношения возвышения наружных рельсов внешнего и внутреннего путей.

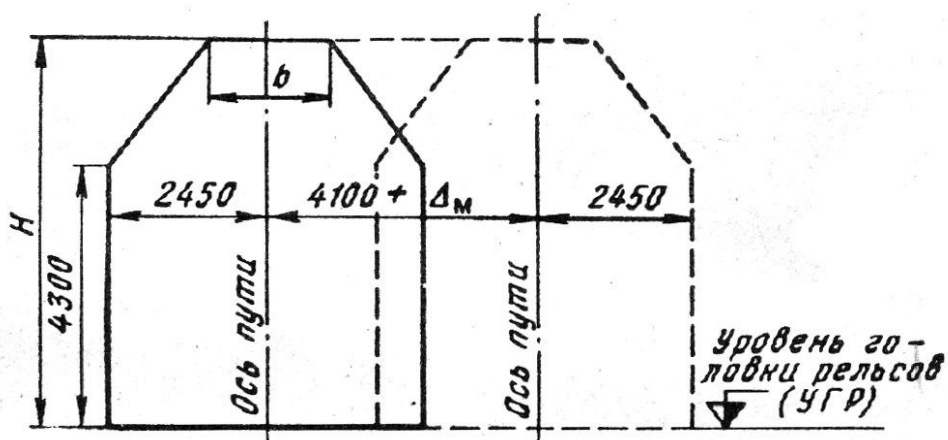


Рисунок 4.2 – Габарит приближения строения тоннелей

### 4.3 Способы строительства

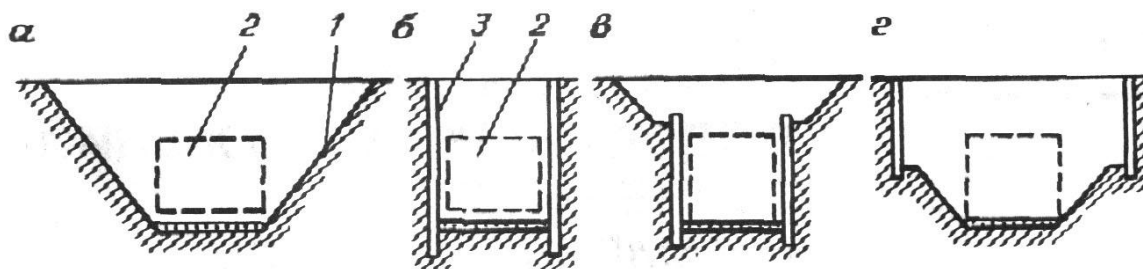


Рисунок 4.3 – Схемы конструкций котлованов:  
1 – откос; 2 – тоннель; 3 – свая



Рисунок 4.4 – Классификация способов строительства тоннелей горным способом

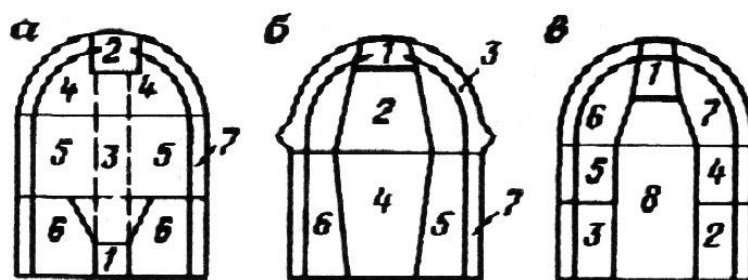


Рисунок 4.5 – Характерная последовательность разработки сечения тоннеля при классических способах его строительства (цифрами показаны этапы раскрытия сечения тоннеля):

- а – способ раскрытия сечения на полный профиль по частям;
- б – способ опертого свода; в – способ опорного ядра

Принципиальные положения новоавстрийского способа сводятся к следующим:

1. Основным несущим элементом является горная порода, смещения которой вокруг выработки допустимы, но ограничены заданными значениями, определяемыми грузонесущей способностью временной крепи;

2. Внешняя несущая породно-анкерная оболочка, усиленная набрызгбетоном, упрощенно говоря, представляет собой толстостенную трубу, замыкание которой необходимо обеспечить в течение короткого промежутка времени, определяемого опытным путем. Наиболее благоприятные формы поперечного сечения тоннеля - круглая, овальная или иная, но с криволинейными стенами и лотком, так как при прямоугольной форме сечения в углах происходит концентрация напряжений;

3. Важной особенностью новоавстрийского способа является требование скорейшего замыкания обделки по всему контуру тоннеля путем возведения кроме свода и стен обратного свода (лотка) тоннеля. Момент смыкания обратного свода определяют на основании результатов измерений перемещения контура и напряжений в обделке. Обычно смыкание обратного свода осуществляют не позднее, чем через 30 дней, но может возникнуть необходимость замыкания обратного свода уже через 1–2 смены. Обратный свод возводят из набрызгбетона или монолитного бетона;

4. Управление процессом стабилизации перемещений породы вокруг тоннеля осуществляют путем поэтапного усиления несущих оболочек (порода и временная крепь) за счет увеличения числа анкеров, их длины, сечения арок, нанесения нового слоя набрызгбетона, повышения коэффициента армирования при применении фибронабрызгбетона и др. Все работы по усилению проводят под непрерывным контролем перемещения контура тоннеля и напряжений в обделке.

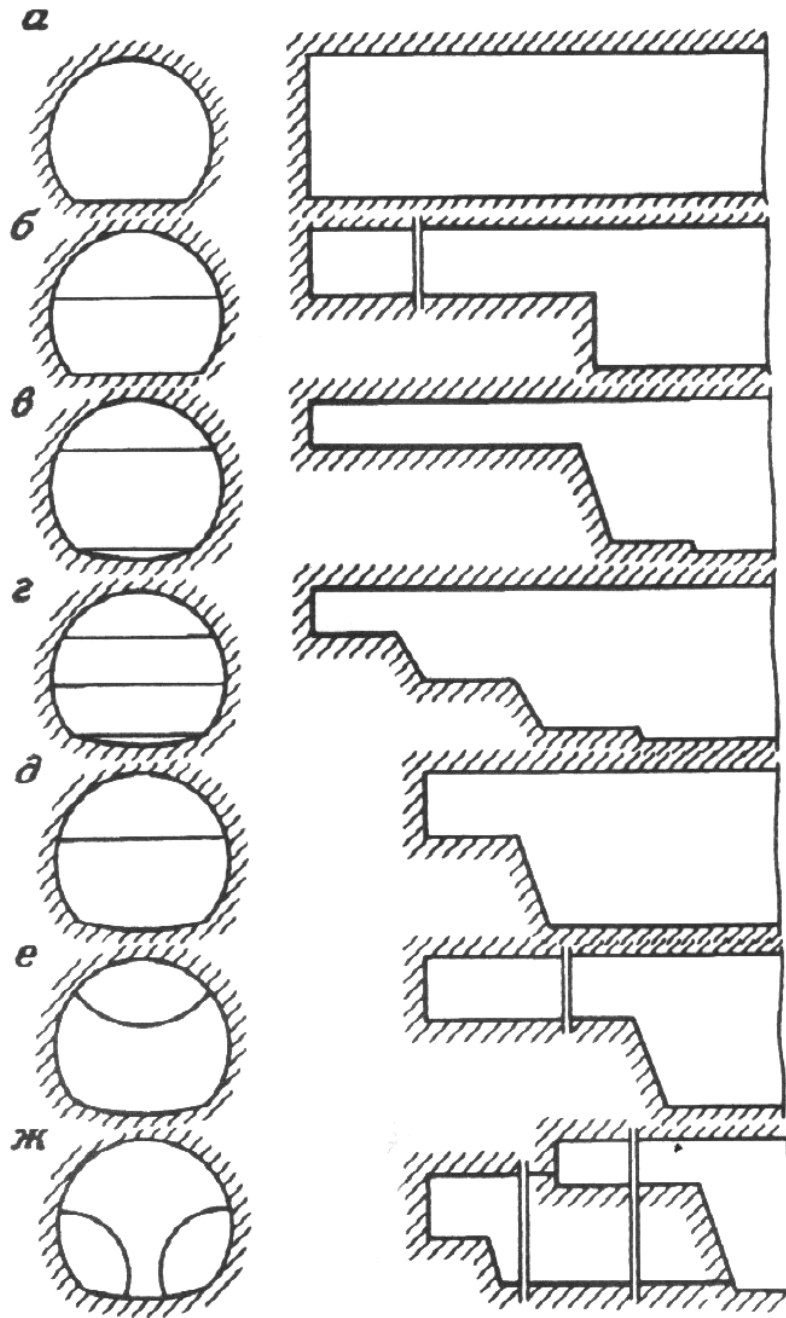


Рисунок 4.6 – Схемы разработки сечения тоннеля  
новоавстрийским способом:

а – сплошным забоем; б – длинным уступом; в – коротким уступом; г – многоступенчатым забоем; д – миниуступом; е – уступом с выполнением промежуточного обратного свода; ж – боковыми штольнями

### **Контрольные вопросы к главе 4**

1. *Какие выработки большого сечения вы знаете?*
2. *Какие существуют станции метро по глубине их заложения от поверхности земли?*
3. *Назовите основные виды тоннелей.*
4. *Какова протяженность Северо-Лучинского тоннеля?*
5. *Сколько тоннелей находится под Ла-Маншем?*
6. *Что положено в основу проектирование тоннелей?*
7. *Какие принципиальные основы строительства*
8. *Назовите классические способы строительства тоннелей.*
9. *Какой способ строительства тоннелей является перспективным?*

## 5 ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

### 5.1 Основные принципы построения генерального плана шахты

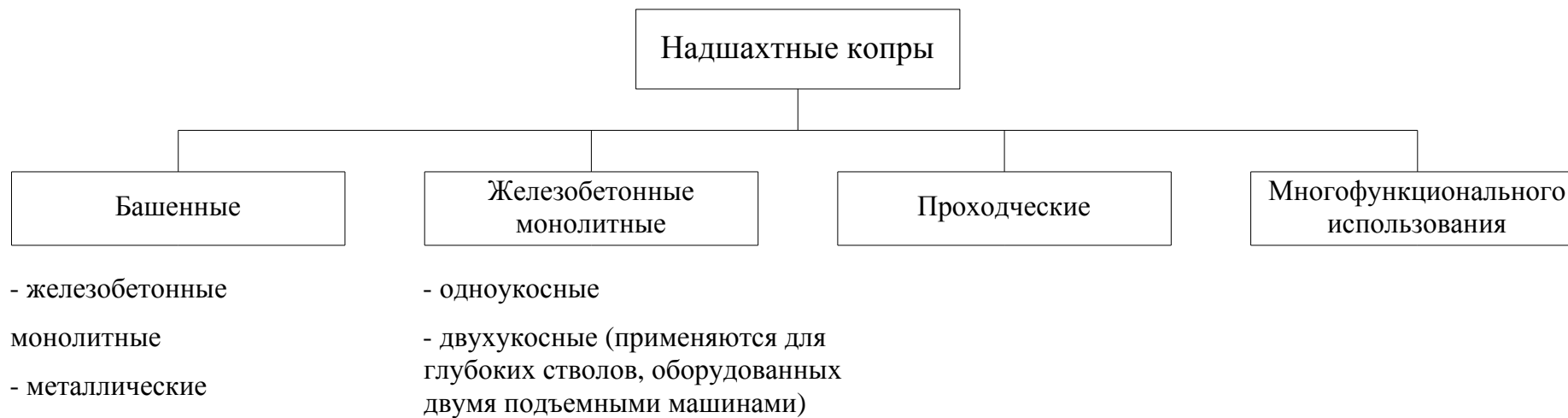


Рисунок 5.1 – Основные принципы построения генерального плана шахты



## 5.2 Надшахтные копры

### 5.2.1 Классификация надшахтных копров



## 5.2.2 Нагрузки, действующие на копер

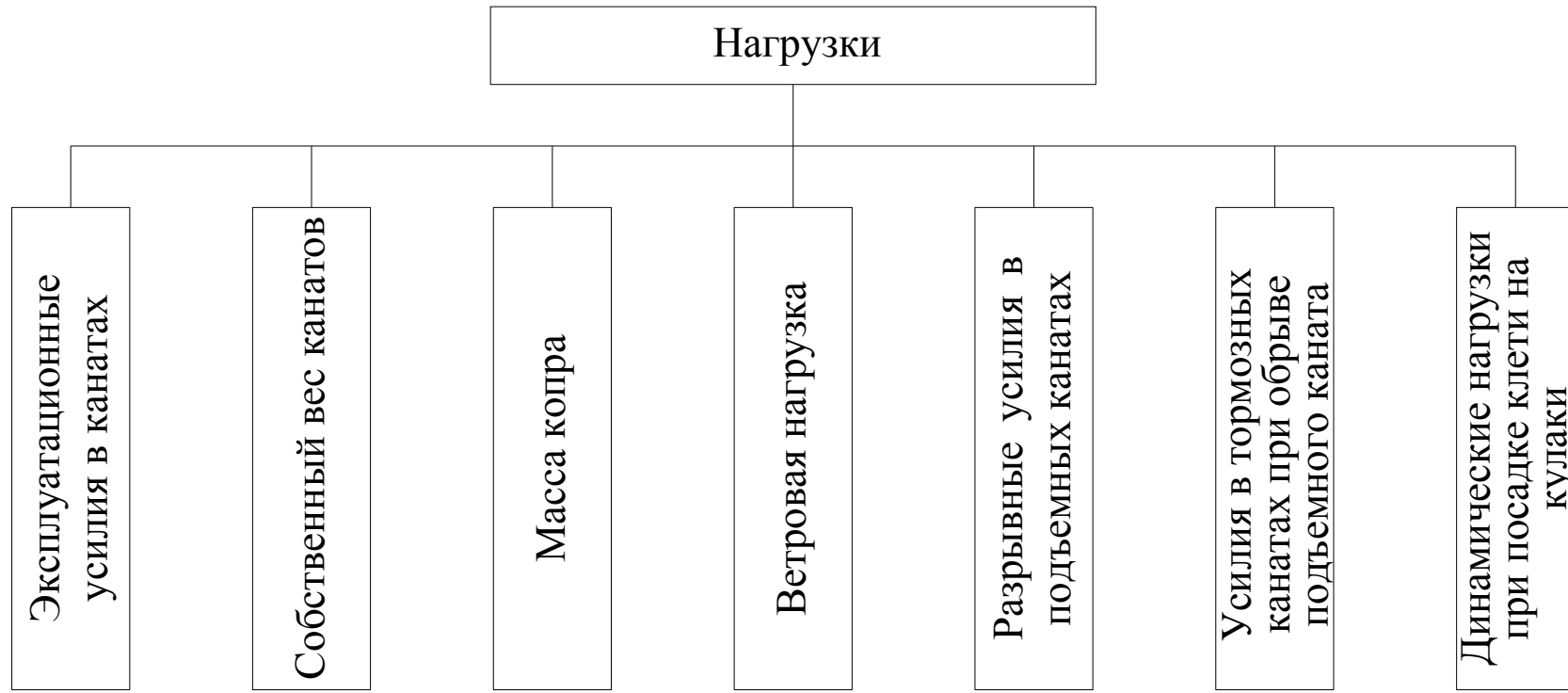


Рисунок 5.2 – Классификация нагрузок действующих на копер

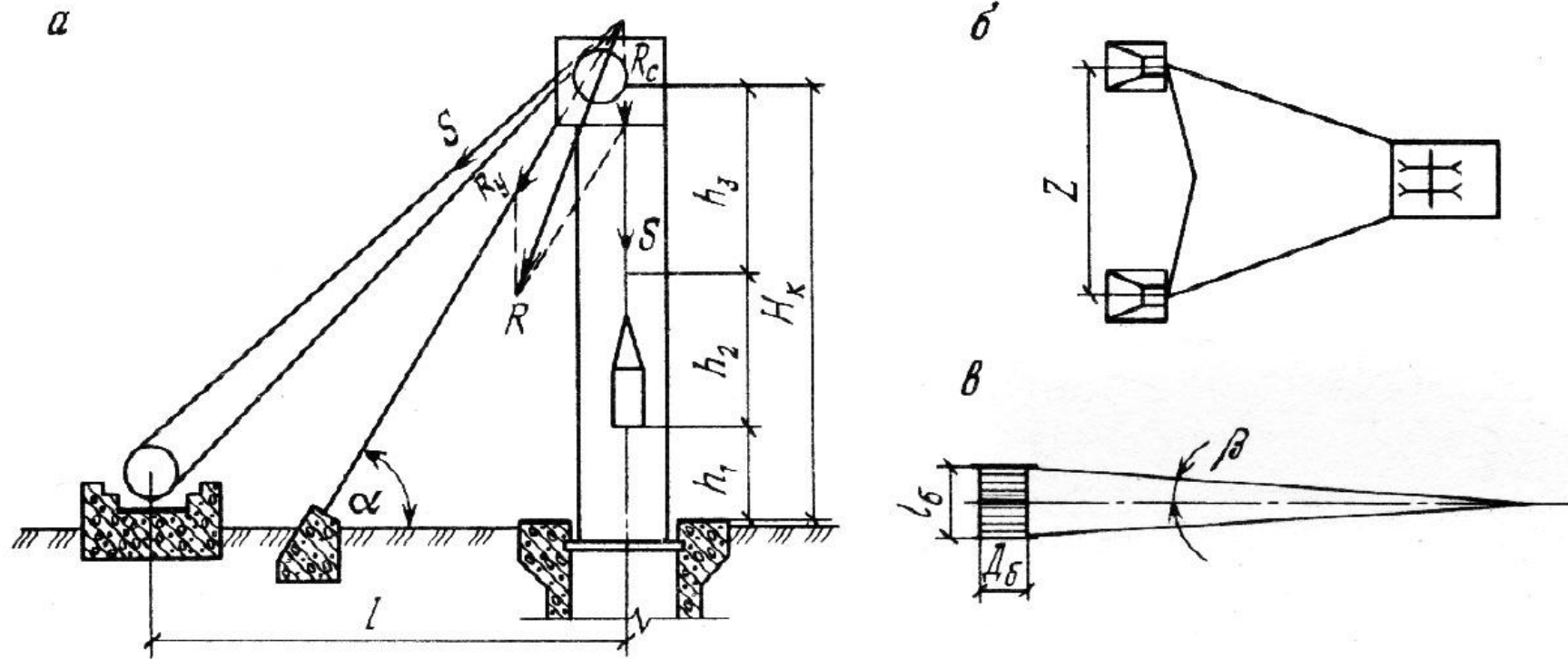


Рисунок 5.3 – Планировка четырехстоечного копра:  
 а – вертикальная; б – горизонтальная; в – к определению угла девиации

## Определение высоты копра

$$H_k = h_1 + h_2 + h_3 + 0,3D,$$

где  $h_1$  – разность отметок уровня головки откаточного рельса на приемной площадке и верхнего обреза устья ствола;  $h_2$  – высота подъемного сосуда до верхнего жимка каната;  $h_3$  – высота перепада, принимается согласно правилам безопасности;  $D$  – диаметр направляющего шкива. Вычисленная таким образом высота копра округляется в сторону увеличения с учетом модуля 500 мм.

Способы монтажа копров:

- наращиванием;
- поворотом;
- скольжением;
- надвижкой.

## 5.3 Бункеры

Бункерами называются саморазгружающиеся емкости для сыпучих материалов (полезного ископаемого, породной массы, продуктов их переработки, закладочных строительных материалов и т.д.). Высота бункеров в отличие от силосов проектируется не более полуторного минимального размера их в плане. Бункер является универсальным приспособлением для перегрузки материалов с одного вида транспорта на другой, а также наиболее совершенным типом склада с полной механизацией погрузочно-разгрузочных работ и бестарным хранением материалов.

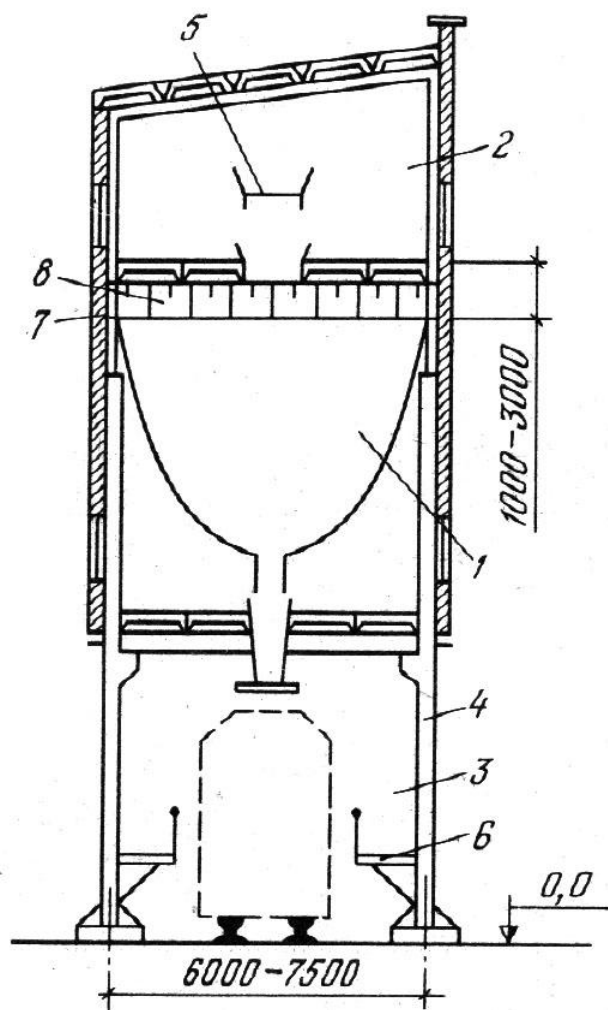


Рисунок 5.4 – Поперечный разрез погрузочного бункера:  
 1 – емкостная часть; 2 – надбункерная галерея; 3 – подбункерное помещение; 4 – опоры; 5 – конвейер; 6 – площадки обслуживания; 7 – бункерные балки; 8 – распорные балки

Необходимая вместимость погрузочных бункеров может быть определена по формуле

$$Q_6 = \frac{k_1 k_2 P}{n \gamma} - \frac{t p}{\gamma},$$

где  $k_1$  – коэффициент неравномерности подачи порожняка, равный 1,2–1,3;  $k_2$  – коэффициент неравномерности работы шахты, равный 1,15–1,25;  $n$  – число составов порожняка, подаваемых на шахту в сутки;  $t$  – продолжительность погрузки состава, ч;  $P$  –

суточная производственная мощность шахты, т;  $p$  – часовая производственная мощность шахты, т;  $\gamma$  – плотность угля, т/м<sup>3</sup>.

Число составов порожняка, подаваемых в течение суток, определяется в зависимости от организации движения железнодорожного транспорта на станции, от производственной мощности шахты, руководящего уклона на подъездных путях и типа локомотива. На шахты подается обычно от одного до четырех составов в сутки. На крупные шахты может подаваться и большее число составов. Время загрузки состава на шахте планируется в пределах 1,5–2 ч.

В зависимости от вместимости бункеров определяется число ячеек. Вместимость каждой ячейки, которая является основным планировочным элементом, зависит от ее конструкции и качества угля и принимается для призматических бункеров 200 м<sup>3</sup> и более. Ширина ячейки в угольных бункерах с учетом размещения состава под бункером назначается в пределах 6–7,5 м, длина определяется шагом колонн, высота принимается 6–7 м.

Построенные на угольных шахтах бункера обычно состоят из однотипных ячеек с размерами в плане 6×6 м и вместимостью по 200 м<sup>3</sup>. Число ячеек от 3 до 12. Ячейки komponуются в виде продольных (однорядных) бункеров, когда общая вместимость не превышает 1600 м<sup>3</sup>, или в виде продольно-поперечных (двухрядных) бункеров с вместимостью более 1600 м<sup>3</sup>. Бункера имеют однотипную головную часть – здание, в котором размещаются проборазделочная, помещение оператора погрузки, помещение дежурного по станции, железнодорожные весы.

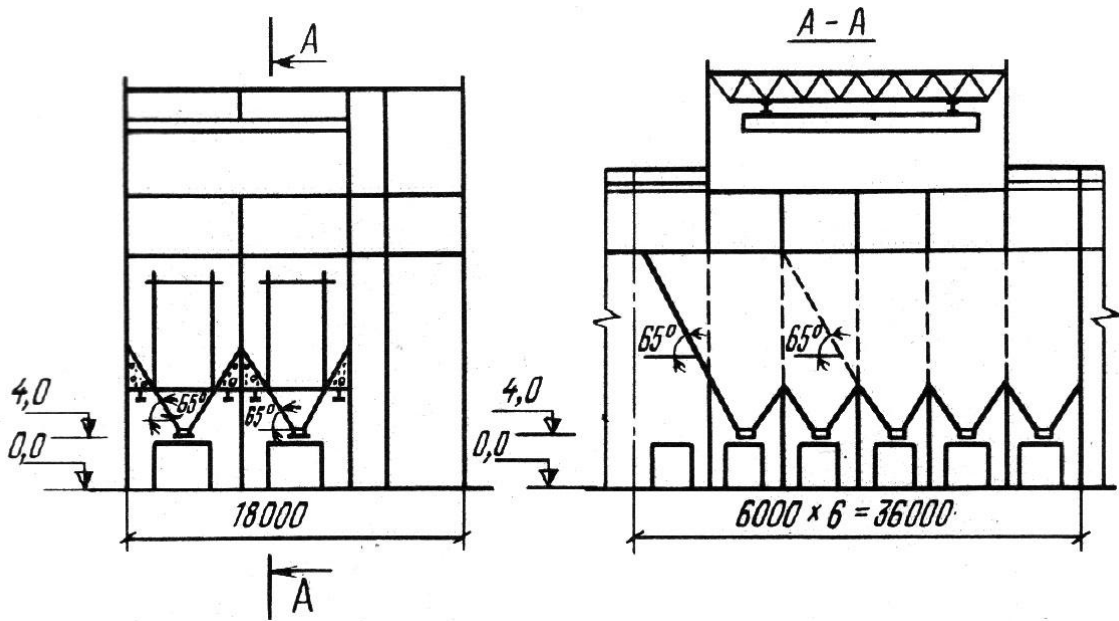


Рисунок 5.5 – Габаритная схема унифицированной блок-секции аккумулирующего прямоугольного бункера с наклонными стенками для угля





## 5.4 Галереи

Галереи – это закрытые горизонтальные или наклонные протяженные сооружения, соединяющие два здания и предназначенные для транспортирования материалов с помощью конвейеров или вагонеток (транспортные галереи), для прохода работающих (пешеходные галереи), для прокладки трубопроводов, электрокабелей и других коммуникаций (коммуникационные галереи). Галереи широко применяются на поверхности горных предприятий и на обогатительных фабриках.

Размеры поперечных сечений по ширине транспортных галерей определяются шириной конвейерной ленты, числом конвейеров и проходами между ними. По высоте размеры галерей определяются, исходя из условий удобства работы обслуживающего персонала с учетом прокладки кабелей и трубопроводов. Ширина конвейерной ленты изменяется от 600 до 2000 мм. К каждому конвейеру должен быть обеспечен двухсторонний подход: с одной стороны при его движении не менее 850 мм; с другой при ремонте не менее 400 мм. Ширина пешеходной галереи рассчитывается, исходя из численности наиболее многочисленной смены: не менее 1,5 м при численности проходящих до 400 чел., и дополнительно по 0,5 м на каждые 200 чел. сверх указанного числа. Высота от уровня пола до низа выступающих конструкций покрытия должна быть не менее 2 м.

Выбор пролетов транспортных галерей следует производить на основании технико-экономических сравнений. Наиболее экономичные решения высокорасположенных галерей достигаются большепролетными конструкциями. Что касается выбора материала несущих конструкций, то следует иметь в виду, что применение железобетонных конструкций пролетных строений и опор целесообразно только в невысоких и коротких галереях.

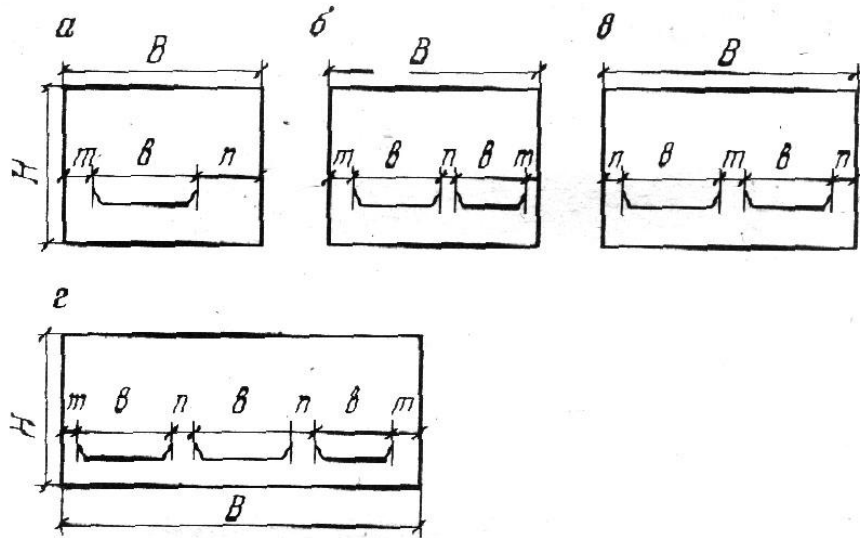


Рисунок 5.6 – Схемы определения поперечных размеров конвейерных галерей на 1–3 конвейера

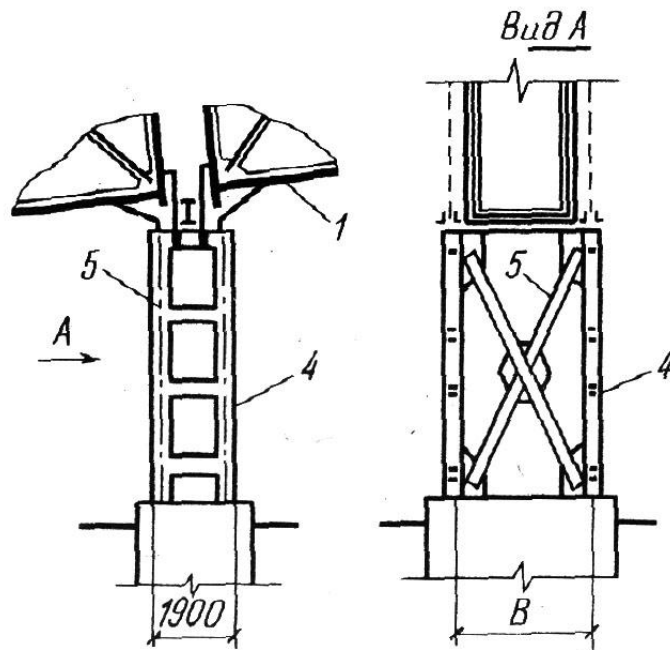


Рисунок 5.7 – Пространственная анкерная опора

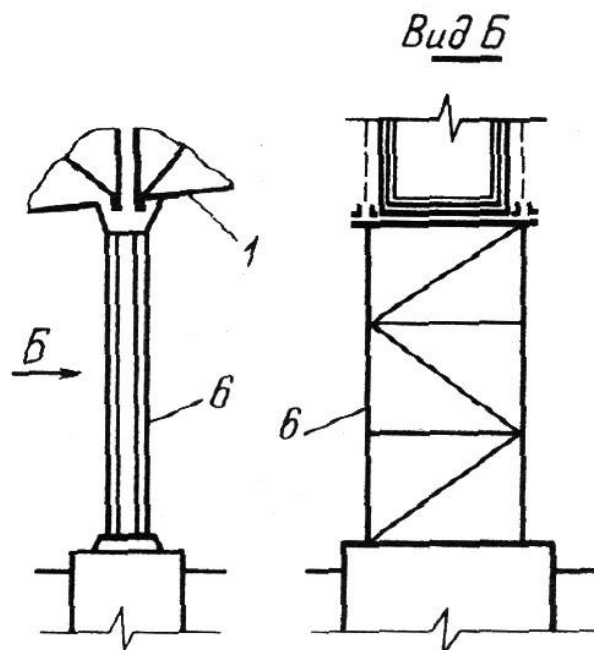


Рисунок 5.8 – Плоская промежуточная опора

### Контрольные вопросы к главе 5

1. Какие основные принципы построения генеральных планов вы знаете?
2. Что такое надшахтный копер?
3. По каким признакам классифицируются надшахтные копры?
4. Какие нагрузки действуют на копер?
5. Что такое бункер?
6. По каким параметрам определяется вместимость погрузочных бункеров?
7. По каким признакам классифицируются бункеры?
8. Что такое галерея?
9. По каким параметрам определяются размеры поперечных сечений конвейерных галерей?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Картозия, Б. А. Строительная геотехнология / Б. А. Картозия, : учеб. пособие для специальностей 050605, 050611 вузов / Б. А. Картозия, Е. А. Котенко, Е. В. Петренко ; М. : Моск. гос. горн. ун-т, 1997. – 97 с.
2. Протосеня, А. Г. Актуальные проблемы строительной геотехнологии / А. Г. Протосеня, Ю. Н. Огородников, В. И. Очкуров. - СПб. : СПбГГИ (ТУ), 2002. – 84 с.
3. Шахтное строительство в Кузбассе / А. В. Баронский, Н. Ф. Косарев, В. В. Першин, А. И. Копытов. – Кемерово : Кузбассвузиздат, 2006. – 543 с.
4. Российская угольная энциклопедия. В 3 т. Т. 1 (А-И). – М. СПб. : Изд-во СПб картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2004. – 649 с.
5. Баронский, И. В. Строительство и углубка вертикальных стволов / И. В. Баронский, В. В. Першин, Л. В. Баранов. – М. : Недра, 1995 – 249 с.
6. Правила безопасности в угольных шахтах (ПБ 05-618-03). Серия 05. Выпуск 11 / Коллектив авторов. – М. : Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 296 с.
7. Правила безопасности при строительстве подземных сооружений (ПБ 05-428-02). Серия 03. Выпуск 12 / Коллектив авторов. – М. : Научно-технический центр «Промышленная безопасность», 2009. – 408 с.
8. Покровский, Н. М. Комплексы подземных горных выработок и сооружений : учеб. пособие для вузов. – М. : Недра, 1987. – 248. с.
9. Першин, В. В. Организация строительства горных выработок : справ. пособие – М. : Недра, 1992. – 224 с.
10. Шахтное и подземное строительство : учеб. для вузов. В 2-х т. Т. 1 : учебник для вузов / Б. А. Картозия, Ю. Н. Малышев, Б. И. Федунец [и др.]. – М. : Изд-во Академии горных наук, 1999. – 607 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1 Основные понятия и определения.....	5
1.1 Понятие «Строительная геотехнология».....	5
1.2 Этапы развития строительной геотехнологий.....	6
1.3 Основные научные направления строительной геотехнологии.....	12
1.4 Работы по строительству шахты (рудника).....	14
Контрольные вопросы к главе 1 .....	18
2 Строительство вертикальных стволов .....	19
2.1 Общие сведения.....	19
2.2 Классификация технологических схем строительства вертикальных стволов.....	23
2.3 Строительство стволов с последующим армированием...	27
2.1.1 Последовательная схема .....	27
2.1.2 Параллельная схема.....	27
2.1.3 Совмещенная схема.....	27
2.1.4 Строительство стволов с передовой скважиной .....	30
2.4 Комплексы оборудования для строительства верти- кальных стволов .....	32
Контрольные вопросы к главе 2 .....	34
3 Строительство горизонтальных и наклонных горных выработок .....	35
3.1 Способы и схемы строительства горных выработок .....	35
3.2 Выбор и обоснование формы и размеров поперечного сечения горных выработок .....	35
3.2.1 Формы поперечного сечения .....	35
3.2.2 Требования к размерам поперечного сечения выработок.....	38
3.2.3 Определение размеров поперечного сечения горизонтальных и наклонных выработок.....	45
3.3 Строительство горизонтальных горных выработок буровзрывным способом в однородной крепкой породе .....	52
3.3.1 Общие сведения.....	52
3.3.2 Средства механизации бурения шпуров и их классификация.....	53

3.3.3	Средства механизации бурения шпуров .....	54
3.3.4	Средства механизации погрузки горной массы и их квалификация .....	71
3.3.5	Требования к горной крепи и ее классификация.....	84
3.3.6	Основные принципы проектирования организации горнопроходческих работ .....	85
3.4	Проведение штреков по неоднородным породам .....	87
3.5	Комбайновый способ проведения горных выработок .....	87
3.5.1	Проходческие комбайны бурового действия .....	91
3.5.2	Проходческие комбайны избирательного действия....	91
	Контрольные вопросы к главе 3 .....	95
4	Строительство выработок большого поперечного сечения ...	97
4.1	Классификация выработок большого поперечного сечения .....	97
4.2	Основы проектирования выработок большого поперечного сечения.....	98
4.3	Способы строительства.....	99
	Контрольные вопросы к главе 4.....	103
5	Горно-технические здания и сооружения.....	104
5.1	Основные принципы построения генерального плана шахты .....	104
5.2	Надшахтные копры .....	105
5.2.1	Классификация надшахтных копров.....	105
5.2.2	Нагрузки, действующие на копер.....	106
5.3	Бункеры.....	108
5.4	Галереи .....	113
	Контрольные вопросы к главе 5 .....	115
	Список литературы .....	116