

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**Санкт-Петербургский горный университет**

**Кафедра горных транспортных машин**

**МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ**  
**ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ ПОРОД**  
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ**  
**ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО**  
**С ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ РАЗРАБОТКИ**

*Методические указания по курсовому проектированию*  
*для студентов специальности 21.05.04*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**  
**2019**

УДК 629.113/114 (073)

**МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ. Проектирование транспортной системы добычи полезного ископаемого с открытым способом разработки:** Методические указания по курсовому проектированию / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *В.Ю. Коптев*, *В.И. Александров*, *С.Ю. Сержан*. СПб, 2019. 34 с.

В методических указаниях к курсовому проектированию «Проектирование транспортной системы добычи полезного ископаемого с открытым способом разработки» приведены монотранспортные и комбинированные транспортные схемы с открытым способом проведения добычных работ. Сформирована структура исходных данных, предложены варианты тем курсового проекта, даны рекомендации к выбору вида и типоразмеров транспортных машин, перечислены задачи и приведены методические указания к выполнению тягового-эксплуатационных расчетов транспортных машин, даны рекомендации для расчета машин и параметров транспортной инфраструктуры, необходимой для работы транспортной системы.

Сформулированы требования к оформлению пояснительной записки и чертежей, приведены ссылки на литературу для выбора машин и методики выполнения расчетов.

Предназначены для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Открытые горные работы».

Научный редактор проф. *В.И. Александров*.

Рецензент канд. техн. наук *Л.Н. Пашкин* (АО «Механобр Инжиниринг»)

## ВВЕДЕНИЕ

Курсовое проектирование закрепляет знания, полученные студентом при изучении дисциплины "Машины и оборудование открытых горных работ", развивает навыки самостоятельного решения инженерных задач эксплуатации транспортных машин на разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом.

Основной целью курсового проекта является проектирование транспортной системы карьера и выбор типоразмеров основного карьерного оборудования по заданным исходным данным, сформулированных в настоящих методических указаниях.

Задачами проектирования являются:

- определение требуемого количества транспортных машин;
- определение эксплуатационных показателей принятых в проекте машин;
- обоснование и определения параметров дорог, транспортных бERM, съездов, траншей для применения транспортных машин;
- определение размеров склада, отвала или перегрузочных емкостей (для комбинированных схем транспорта) и выбор оборудования;
- подготовка расчётных данных для сравнительного анализа и выбора наиболее эффективной схемы по техническим, экономическим, экологическим или другим критериям.

Сегодня развитие горных работ с открытым способом разработки, особенно для крупных месторождений полезных ископаемых (ПИ) сопровождается ухудшением горно-технических условий ведения работ.

Неблагоприятные тенденции в практике ведения открытых горных работ (ОГР) проявляются в следующем:

- усложняются условия разработки месторождений в связи с переходом горных работ на большие глубины- до 400..500 м;
- ухудшается вещественный состав руд по основному полезному компоненту;
- вовлечением в разработку новых месторождений в удаленных, неосвоенных или мало освоенных районах, требующих огромных инвестиций;

- резком ухудшении экологической обстановки в связи с увеличением глубины карьеров и введением более жестких штрафных санкций за нарушение экологической безопасности горных работ;

- старением парков транспортных машин;
- значительном влиянии рыночной конъюнктуры на ежегодные объемы добычи и переработки полезных ископаемых.

С увеличением глубины карьеров снижается производительность, увеличиваются затраты на транспортирование, ухудшается экологическая обстановка в карьере. Анализ работы глубоких карьеров и проектов их развития показывает необходимость применения более мощных транспортных машин или перехода на комбинированные схемы транспортирования горной массы или применения подъемников (скиповых, конвейерных, автомобильных). В погрузочно-транспортных комплексах с экскаваторами-мехлопатам предпочтение отдается автомобильному транспорту, применяемому в качестве сборочного.

Повышение производительности горных работ и снижение себестоимости транспортирования горной массы на карьерах из-за значительных затрат времени на транспортирование (например железнодорожным транспортом и автосамосвалами) достигается применением транспортных установок непрерывного действия (например конвейеров). Однако переход на конвейерный транспорт требует применения сложных и дорогостоящих дробильных установок, грохотов, питателей и др. оборудования на погрузочных и перегрузочных пунктах, горно-планировочных решений по установке конвейеров в карьере и перемещению их при развитии добычных работ. Для небольших по производительности карьеров их применение становится экономически нецелесообразным или требует достоверного обоснования применения.

В современных комбинированных транспортных схемах применяются специальные крутонаклонные ленточные конвейеры, поднимающие горную массу на высоту до 200 м на поверхность карьера.

Решений транспортных задач повышает эффективность ведения горных работ на разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом.

## 1. Темы курсового проекта

Работа выполняется по одной из транспортных схем с предложенными целями проекта:

1. Монотранспорт полезного ископаемого и пород вскрыши (конвейерный, железнодорожный или автомобильный) для подготовки данных проведения технико-экономического анализа нового или реконструкции действующего (с модернизацией оборудования предприятия), в т.ч. для перехода на подземную добычу;

2. Монотранспорт в сравнительном анализе вариантов двух – трех видов транспорта (конвейерный, железнодорожный, автомобильный) для обоснования применения вида транспорта;

3. Монотранспорт в сравнительном анализе вариантов применения двух – трех моделей или типоразмеров транспортных машин для обоснования применения наиболее эффективного по технико-экономическим показателям;

4. Комбинированная схема транспорта (автомобильно-конвейерная или автомобильно- железнодорожная) для определения параметров, снижающих затраты на транспортирование;

5. Транспортная система для добычи торфа, блоков строительного камня, полезных ископаемых донных и россыпных месторождений из водоёмов и разработки технологических отвалов для механизации добычных работ и обоснования применения типоразмеров машин и подготовки данных технико-экономической оценки.

Тему, цель и исходные данные студент выбирает по рекомендациям настоящих методических указаний и согласовывает с преподавателем.

Рекомендуется выполнять расчет транспортной схемы для конкретного предприятия. В этом случае исходные данные по предприятию (существующий проект, транспортная схема, технологическое оборудование, объёмы и режим производства и др.) студент принимает по собранным данным в результате прохождения практики и согласовывает с преподавателем. При этом взамен применяющихся машин рекомендуется, с учетом используемой технологии, принять в проекте более совершенные.

При отсутствии данных по предприятию задание выдаёт преподаватель в виде виртуальной комбинированной системы транспорта (тема 4) на примере одного из действующих предприятий.

Состав исходных данных должен соответствовать перечню (Раздел 2).

## **2. Подготовка исходных данных**

В процессе проектирования нового предприятия, расширения, реконструкции и поддержания мощности существующего предприятия рекомендуется выбрать вид технологического транспорта на основе рекомендаций (раздел 3), принять технические и организационные решения для выполнения тягово-эксплуатационных расчётов транспортной части и подготовить исходные данные для разработки смежных разделов проекта (здания и сооружения транспортного назначения, ремонтное и складское хозяйство, организация безопасности транспортных работ, электротехническая часть и др.).

Исходные данные для расчетов должны содержать:

1. транспортную схему, позволяющую построить план и профиль трассы, разделить её на участки с известными параметрами (длина, уклон, радиус поворота, удельное сопротивление движению) и определить расстояние транспортирования;

2. объем грузоперевозок за расчетный год с разбивкой по роду груза и видам транспорта;

3. тип и количество применяемого транспортного оборудования как технологического, так и вспомогательного (по технологическому оборудованию указывается рабочий парк, по прочему оборудованию – инвентарный);

4. режим работы оборудования (число смен в сутки, продолжительность смены в часах);

5. пробег транспортного оборудования (суточный или годовой) на одну машину, тыс. км;

6. годовой расход эксплуатационных материалов (горюче-смазочных, шин, электроэнергии и пр.);

7. перечень зданий и сооружений транспортного назначения, погрузочных, перегрузочных и разгрузочных участков;

8. типоразмеры, модели и число добычных, перегрузочных и отвальных экскаваторов, погрузчиков и бульдозеров;

9. схему вскрытия, порядок разработки месторождения, контур карьера в различные периоды эксплуатации, направление развития и объем горно-капитальных работ и характерные особенности предприятия;

10. данные для проектирования крупных искусственных сооружений в виде площадок дробильного комплекса, дамб, путепроводов, разгрузочных стенок, опорных конструкций и галерей ленточного конвейера и др. (расчетные нагрузки, план и поперечные разрезы с данными по инженерной геологии).

К заданию прилагаются годовые планы карьеров с дорожным развитием и схемы технологических грузопотоков, промежуточный генеральный план с указанием размещения отвалов, используемый также для проектирования инженерных коммуникаций.

### **Методические указания**

Пункты исходных данных обязательны для проектирования транспортной системы конкретного предприятия, для виртуальной схемы достаточны п. 1, 2, 4, 7, 9 и 10.

Условия работы горно-добывающего предприятия в проекте принять постоянными: с постоянной глубиной карьера и условиями транспортирования горной массы из карьера к приемным пунктам: бункерам обогатительных фабрик, рудным складам и отвалам.

Трассу студент назначает сам из следующих соображений:

- наикратчайшее расстояние транспортирования с уклонами съездов не превышающих максимальные для принятого вида транспорта и высотой, определяемой отметками высот генерального плана (обычно высота уступов составляет 8..24 м);

- максимальная длина участка с максимальным уклоном для автомобильного транспорта не должна превышать 80..120 %, а радиусы поворота по условиям безопасности и техническим параметрам машины должны превышать удвоенный технический радиус поворота; для железнодорожного соответственно определяется типом локомотива не более 30...60% и не менее 80-100м.

Число рабочих дней карьера в году принять 252 (305, 360) дня, число рабочих смен в сутки – 2 или 3 смены, продолжительность смены или 8 или 12ч.

Режим работы транспорта на карьере обычно совпадает с режимом работы карьера. Для расчетов рекомендуется принимать [8, 9, 10]: для крупных карьеров производительностью более 25 млн.т горной массы в год – непрерывную рабочую неделю по три смены в сутки; для небольших карьеров производительностью до 1 млн.т горной массы в год – пятидневной рабочую неделю по две смены в сутки; для карьеров производительностью в пределах 1,0-25 млн.т горной массы в год – шестидневную рабочую неделю в две или три смены в сутки, продолжительностью смены 7 или 8 ч. При планировании развития горных работ, необходимо исходить из величины рационального активного фронта работ, приходящегося на один экскаватор (табл.1).

Таблица 1

Фронт работ экскаватора

Вместимость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>	2,5	4, 6; 5	6,3; 8	10; 12,5; 15	20	35
Длина фронта работ, м	300	500	600	700	800	1000

Высоту обрабатываемого слоя (уступа) принять из условия безопасного ведения горных работ. При использовании механических лопат высота развала горной массы не должна превышать максимальную высоту черпания экскаватора.

Ширину экскаваторной заходки (рабочей площадки) принять из условия размещения буровой заходки, развала взорванной горной массы и транспортных коммуникаций [9,10].

При применении драглайнов или многоковшовых экскаваторов высота уступа в рыхлых породах принимается в соответствии с глубиной (при нижнем черпании) или высотой (при верхнем черпании) черпания экскаваторов.

Углы откосов уступов бортов и отвалов принять в соответствии с правилами безопасности и должны соответствовать свойствам горных пород месторождения [8, 10, 16].



Ширину транспортной бермы принять по нормативной документации [28, 30, 31] а ширину въездной траншеи (по низу) принять не менее ширины транспортных дорог для выбранного вида транспорта, а для ленточного конвейера с учётом подъездной дороги.

Характеристики горных пород (насыпная плотность, коэффициент разрыхления, крепость и др.) принять из справочной литературы [1, 16].

При необходимости поддержания ритмичности технологического процесса, обеспечения ведения работ и работ по содержанию и обслуживанию машин и оборудования определяются вместимость и геометрические размеры бункеров, складов, стрелочных переводов и разминок рельсового транспорта, уширение проезжей части для движения самоходных машин, параметры подъездных дорог и необходимых для их размещения выработок.

При большом количестве погрузочных пунктов (более 2-х) для сокращения объёма эксплуатационных расчётов транспорта рекомендуется определить приведённые длину и высоту трасс транспортирования:

$$L_{np} = \frac{\sum (A_i \cdot L_i)}{\sum A_i}, \quad (1)$$

$$H_{np} = \frac{\sum (A_i \cdot H_i)}{\sum A_i}, \quad (2)$$

где  $A_i$ ,  $L_i$  и  $H_i$  – соответственно производительность, длина транспортирования и высота подъёма при транспортировании от  $i$ -го погрузочного пункта (экскаватора).

### **3. Выбор вида технологического транспорта**

Выбор и оценка видов карьерного транспорта должны проводиться с учетом горно-геологических, горно-технических, климатических и других факторов, а также с учетом оценки технико-экономической эффективности каждого из рассматриваемых видов транспорта.

На выбор также влияют: физико-механические характеристики горных пород; производительность карьера по полезному ископаемому и объём вскрышных работ; объёмы горно-капитальных

работ; система разработки и принятая очередность развития горных работ в карьере; годовое понижение горных работ и проектируемая глубина карьера; требования к качеству полезного ископаемого (валовая или селективная добыча, необходимость усреднения); режим горных работ; применяемое погрузочное оборудование; форма и размеры карьера в плане; расстояние транспортирования горной массы; срок существования предприятия.

Решающим фактором, влияющим на выбор вида транспорта, является расстояние транспортирования и высота подъема груза, которая зависят от взаиморасположения рабочей зоны карьера, отвалов, параметров рудоподготовительного комплекса в плане и по высоте, а также от уклона транспортных коммуникаций. С другой стороны, видом транспорта определяются параметры рабочих зон в карьерах и, как следствие, изменение величины коэффициента вскрыши, уклон капитальных траншей, объем горно-капитальных работ и количество оборудования вспомогательного и хозяйственного назначения, положение отвалов и рудоподготовительного комплекса, схема и протяженность внутренних и внешних коммуникаций; объем и структура ремонтной базы, источники энергоснабжения и пр.

Следовательно, выбор вида транспорта является неоднозначной, трудоёмкой, требующей достоверных экономических расчетов и практически трудно решаемой задачей в рамках выполнения данного проекта.

Для её решения студенту рекомендуется воспользоваться приближённым методом, основанным на областях рационального применения видов транспорта существующих предприятий (табл. 2).

### **Методические указания**

Выбор рационального вида транспорта осуществляется в три этапа, на каждом из которых учитывается определенная группа факторов.

***Первый этап*** – выбор возможных вариантов технологических схем карьерного транспорта с учетом приведенных выше факторов и специфических особенностей разработки месторождения. Учитывается схема вскрытия, порядок разработки месторождения,

контур карьера в различные периоды эксплуатации, режим горных работ и объем горно-капитальных работ.

Таблица 2

Рекомендации по применению различных видов транспорта

Вид транспорта	Производительность карьера по горной массе, млн.т/год	Мощность рудного тела и условия залегания	Глубина карьера, м	Расстояние транспортирования, км
Автомобильный	До 30-50 при грузоподъемности автосамосвала до 100 т; 70-80 при большей	Крутопадающие и маломощные залежи в сложных условиях залегания	До 250 (редко до 450)	До 2-3, реже до 5, в том числе в карьере до 2
Железнодорожный	От 10 до 150	Горизонтальное залегание большой площади	До 80 (редко до 150)	Неограниченно
Конвейерный	От 1 до 10	Горизонтальное залегание	До 100-120	До 1-5 в том числе в карьере до 1-2
Автомобильно-железнодорожный	От 30-50 до 100-120	Не лимитируется	Обычно 200-250, реже до 300-350	Автотранспорт до 1,5, железнодорожный неограниченно
Автомобильно-конвейерный или автомобильно-конвейерно-железнодорожный	От 20 до 50-80	Сложная конфигурация залегания, однородный состав	От 80-150 до 600-700	Автотранспорт до 1,5, конвейерами до 3
Автомобильно-скиповый-автомобильно-железнодорожный	10-15	Крутопадающее залегание	От 100-150 до 300-400	Автотранспорт до 1,5-2,5 в карьере и до 3-3,5 на поверхности
Дизель-троллейвозный	Более 10	Крутопадающее залегание любой мощности и сложности	До 150-250	До 4,0-4,5

**Второй этап** – определение оптимальных параметров транспортных схем и основного горно-транспортного оборудования с учетом технической вооруженности горно-добывающих предприятий и технико-экономического прогресса различных видов карьерного транспорта.

Критерием оптимизации могут быть максимальная скорость транспортирования, минимальные протяженность трасс, энергозатраты, время транспортирования и себестоимость (универсальный показатель).

При проектировании следует ориентироваться на серийно изготавливаемое оборудование, но допускается применение перспективных машин, выпущенных в виде промышленной партии или опытных образцов и рекомендованных к серийному выпуску.

**Третий этап** – предварительная оценка сравнительной эффективности вариантов с учетом затрат на приобретение техники и основных эксплуатационных расходов, определяемые за период оптимизации (5-10 лет).

Учитывая сложность выполнения этапов, рекомендуется при необходимости выбора вида транспорта воспользоваться табл. 1 и далее применить критериальные оценки [5, 9, 12, 16]: энергетические, экологические, технологические или показатели качества.

Например, энергетическую оценку можно сделать по выполняемой работе [9]. При сравнении различных вариантов транспорта в динамике развития карьера целесообразно использовать такой измеритель, как выполненную работу при подъеме с высоты  $H$  и горизонтальном перемещении  $L$ .

Удельный расход энергии при транспортировании горной массы по горизонтальной составляющей трассы можно определить по формуле:

$$W_2 = (1 + k_T)\omega_0 g + k_T \omega_0 g \quad (3)$$

где:  $k_T$  – коэффициент тары;  $\omega_0$  – удельное сопротивление перемещению, Н/кН;  $g$  – ускорение свободного падения.

Например, для автосамосвала БелАЗ-7549 при  $\omega_0 = 40$  Н/кН расход энергии составляет 1090 кДж/(т•км).

При перемещении по вертикальной составляющей энергия будет расходоваться только на преодоление сил гравитации:

$$W_{\text{вер}} = \frac{mgH}{L} = m \cdot i \quad (4)$$

где:  $m$  – масса машины с грузом, кг;  $L$  – расстояние транспортирования, м;  $i$  – уклон трассы, ‰.

На уклоне 30%  $W_{\text{вер}} = 294$  кДж/(т•км). Естественно, энергозатраты возрастают с увеличением скорости перемещения груза. Так, при увеличении скорости движения автосамосвала БелАЗ-7549 с 5 до 40 км/ч энергоемкость транспортирования горной массы возрастает в два раза [1].

Учет влияния различных факторов на эффективность транспортного процесса осуществляется введением в расчетные формулы или нормативные данные соответствующих корректирующих коэффициентов. Например, по дорожно-климатическим условиям вся территория страны разделена на зоны, а значения этих коэффициентов варьируют в пределах 1,0-1,15 [9, 10].

#### **4. Выбор типоразмеров технологического транспорта**

Выбор типоразмеров транспортного оборудования должен быть сделан на основе критического анализа заданных условий и технико-экономических показателей машин, применяемых в настоящее время.

##### **4.1. Выбор грузоподъемности автосамосвала**

Для предварительного выбора типоразмера автосамосвала рекомендуется воспользоваться таблицей 3 и по заданной производительности карьера по горной массе предварительно назначить вместимость ковша экскаватора и грузоподъемность автосамосвала.

Основные характеристики экскаваторов и автосамосвалов приведены в справочной литературе [9, 11, 23, 26].

## Методические указания

Рациональное соотношение вместимости кузова автосамосвала и ковша экскаватора необходимо уточнить по методике профессора А.А.Кулешова [9]. В ее основе лежит определение весового ( $\mu_g$ ) и объемного ( $\mu_0$ ) модулей (фактически количество загружаемых ковшей).

Таблица 3

Рекомендуемые комплексы погрузочно-транспортного оборудования в зависимости от производственной мощности карьера

Производственная мощность карьера по горной массе млн.т/год	Вместимость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>	Грузоподъемность автосамосвала, т												
		30	45	55	80	120	130	150	170	220	320	450-500		
10...20	5,0	▨												
25...50	6,0÷8,0		▨											
50...75	10,0÷12,5			▨										
75...100	15				▨									
100...150	20					▨								
150...200	26÷30							▨						
200...300	35÷40									▨				
200...300	35÷40										▨			

Весовой модуль определяется по формуле

$$\mu_g = \frac{1 + \sqrt{1 + 4C}}{2t_y}, \quad (5)$$

где  $C = t_3(t_y + t_{\text{дв}} + t_p + t_3)$ ,  $t_3$  - время замены груженого автосамосвала порожним;  $t_y$  - время рабочего цикла экскаватора с учетом схемы загрузки, мин;  $t_{\text{дв}}$  - время движения автосамосвала в обоих направлениях, мин;  $t_p$  - время разгрузки автосамосвала, мин.

Объемный модуль:  $\mu_0 = \mu_v \cdot k_n$ , где  $k_n$  – коэффициент наполнения ковша экскаватора.

По современным требованиям соотношения вместимости кузова автосамосвала и ковша экскаватора должно быть 3...4.

Принимая вместимость ковша экскаватора  $E$ ,  $m^3$  с учётом весового модуля  $\mu_0$  определяется вместимость кузова автосамосвала  $V_a$ ,  $m^3$ :

$$V_a = \frac{E \mu_0}{k_{н.к.}}, \quad (6)$$

где:  $k_{н.к.}$  – коэффициент наполнения кузова автосамосвала с учетом «шапки».

Используя этот метод, можно довольно точно подобрать сменные кузова для автосамосвалов с целью наиболее полного использования их грузоподъемности при транспортировании пород с различной плотностью.

#### **4.2. Выбор типоразмера ленточного конвейера**

Выбор типоразмера конвейера (-ов) выполняется из условий:

1. приёмная способность конвейера  $Q_{пр}$  должна быть не меньше расчетного грузопотока  $Q_p$ , величина которого определяется расчётом  $Q_{пр} \geq Q_p$ ;

2. длина конвейера в поставке должна быть не меньше требуемой длины транспортирования (по проекту);

3. угол наклона конвейера по технической характеристике должен быть не меньше требуемого угла наклона (по проекту);

4. тип конвейерной ленты должен соответствовать характеристикам транспортируемого груза.

Типоразмер и характеристики конвейера выбираются в соответствии с рекомендациями [1, 3, 14, 23].

#### **Методические указания**

При установке конвейера необходимо предусмотреть технологические отходы:

1) Горизонтальный участок для загрузки конвейера определяется конструкцией погрузочного пункта, скоростью движения ленты и габаритами натяжной станции. По

конструктивным соображениям минимальная длина д.б. не менее 5...10м.

2) Горизонтальный участок для разгрузки конвейера. Зависит от диаметра разгрузочного барабана, принятого способа разгрузки, общими размерами привода с ограждениями. По конструктивным соображениям с разгрузкой через барабан минимальная длина д.б. не менее 3...8 м.

3) Перекрытие конвейеров при перегрузке в случае установке нескольких конвейеров последовательно. Минимальная длина перекрытия (для конвейера подающего груз) 2...5 м.

4) Ширина траншеи по низу определяется шириной ленты, к которой добавляется не менее 1м с обеих сторон конвейера, автомобильным проездом для обслуживания и ремонта конвейера 3-5 м, и водоотводными канавками 0,5...1,0 м.

5) Приводимая в таблицах технических характеристик длина конвейеров указана для горизонтальной установки. С увеличением угла наклона возможная длина уменьшается из-за увеличения сопротивлений движению. Ограничения создает прочность ленты и мощность двигателя. Поэтому длину конвейера нужно уточнить по результатам эксплуатационного расчёта.

#### ***4.3. Выбор типоразмеров подвижного состава железнодорожного транспорта***

*Предварительный выбор подвижного состава.* Выбор различных видов электровозов и тяговых агрегатов осуществляется в соответствии с годовой производительностью карьера и глубиной разработки (табл. 3). Выбор типоразмеров локомотива и думпкаров рельсового транспорта производится по рекомендациям [3, 6,19, 23].



Условия эксплуатации электровозов и тяговых агрегатов  
при руководящих уклонах до 40 %

Годовая производи- тельность $A$ , млн.т	Глубина разработки, м	Вместимость думпкара	Характеристики локомотива	
			Виды	Сцепной вес $P_{сц}$ , кН
10-40	До 150	60-85	Постоянного и переменного тока	900-1500
< 40	До 150	85-105	Постоянного и переменного тока	900-1500
40-70	До 200	105-120	Постоянного тока	2400-3600
70-100	До 250	145-180	Постоянного и переменного тока	2400-3600
> 100	Более 2050	145-180	Постоянного тока	3600-3750

## 5. Проектирование транспортной системы

### 5.1. Проектирование монотранспортной системы

При директивно заданной производительности по полезному ископаемому проектирование целесообразно начинать с выбора и обоснования добычного оборудования с последующим обеспечением добычных работ вскрышным и отвальным оборудованием.

Формирование схемы вскрытия карьера можно представить в виде комплексного решения следующих взаимосвязанных задач: выбор вида транспорта; выбор места заложения вскрывающих выработок; определение числа необходимых выходов из карьера; определение вида (тупиковая, спиральная, петлевая, комбинированная) и числа трасс внутри карьера; определение глубины заложения внешней траншеи.

При формировании системы карьерного автотранспорта на стадиях проектирования, реконструкции и в процессе эксплуатации карьеров целесообразно учитывать следующие принципы:

- оборудование для вскрышных и добычных работ должно выбираться, по возможности, раздельно;
- мощность экскаваторов и автосамосвалов для вскрышных работ принимается большей, чем для добычных;

- базовой машиной при выборе комплекса является экскаватор, поэтому вначале, в соответствии с календарным планом отработки месторождения, выбирают рациональный типоразмер экскаватора, а затем соответствующий ему автосамосвал;

- рабочий и инвентарный парк автосамосвалов должны рассчитываться с учетом принятой транспортной схемы;

- выбор и расчет парков вспомогательного оборудования (бульдозеры, погрузчики, грейдеры и др.) не менее важен, чем выбор основного оборудования, особенно – выбор типа и мощности бульдозеров;

При проектировании транспортной системы необходимо применять принципы комплексной механизации горных работ [11, 12, 16].

Цель комплексной механизации заключается в получении наилучших технико-экономических показателей разработки. Для этого необходимо, чтобы механизация была не только комплексной, но и комплектной. Под комплектностью механизации понимается соответствие оборудования в смежных технологических процессах рабочим параметрам, производительности и режиму работы.

Любая структура комплексной механизации должна полностью удовлетворять требованиям безопасности производства горных работ, полноты извлечения запасов полезного ископаемого из недр, обеспечения требуемого качества продукции и комплексного использования видов и сортов полезного ископаемого на карьере.

Основными технологическими операциями при проектировании являются: подготовка горной массы к выемке, выемочно-погрузочные работы, транспортирование горной массы и отвалообразование.

*Подготовка горной массы к выемке.* При разработке рыхлых пород следует рассматривать применение невзрывных способов подготовки: осушение, оттаивание, утепление, увлажнение, механические рыхления и управляемое обрушение горных пород. При разработке скальных, полускальных и мерзлых горных пород требуется использование буровзрывных работ. При проектировании БВР последовательно решаются следующие вопросы:

- выбор вида бурения, диаметра скважин, типоразмера бурового станка, типа взрывчатого вещества (ВВ) и средств (СВ);
- расчет линии сопротивления по подошве (ЛСПП) и сетки скважин;
- определение параметров взрывной скважины, ее заряда;
- расчет параметров взрываемого блока;
- выбор схемы взрывания блока с учетом предполагаемого направления взрыва и обеспечение хорошего гранулометрического состава взорванной горной массы;
- расчет выхода горной массы с 1 м скважины, общего объема бурения и необходимого количества бурового оборудования;
- определение состава и показателей вспомогательных процессов при БВР.

### **Методические указания**

Если в курсовом проекте не предусматривается изменение операций подготовки горной массы к выемке (исключение тема 5), то в работе они не рассматриваются. Для выполнения раздела рекомендуется воспользоваться рекомендациями [1, 11, 16].

*Выемочно-погрузочные работы.* Выемочно-погрузочное оборудование определяет структуру комплексной механизации и эффективность работы горно-добывающего предприятия в целом. Проектирование выемочно-погрузочных работ при принятой высоте уступа предусматривает:

- выбор номенклатуры оборудования и конкретных моделей;
- расчет параметров забоев выемочно-погрузочных машин;
- определение производительности и необходимого количества погрузочного оборудования.

### **Методические указания**

При взрывании пород в условиях зажатой среды (на необрунную взорванную породу), когда высота навала взорванной породы превышает высоту черпания принятой механической лопаты, при наличии зон контакта вскрышных пород с залежью полезного ископаемого и для увеличения производительности погрузочных работ рекомендуется деление уступа на два

подступа . Такая схема уменьшает потери и разубоживание ПИ, а так же целесообразна при селективной выемке ПИ.

Ширина рабочей площадки находится в зависимости от технологии буровзрывных работ, технологической схемы разработки, системы энергоснабжения, связи, транспорта и ширины полосы готовых к выемке запасов.

При системе разработки поперечными заходками ширина рабочих площадок по простиранию рассчитывается, исходя из размещения взорванной породы, автомобильной дороги, горного оборудования и необходимого резерва готовых к выемке запасов. Ширина рабочей площадки вкрест простирания при этой системе рассчитывается из условий размещения взорванной горной массы и проезда автосамосвалов.

Для принятой транспортной схемы с известным расположением забоев необходимо выполнить проверку соответствия производительности выемочно - погрузочного оборудования годовой производительности карьера. Для проектируемой схемы требуется определить количество единиц выемочно-погрузочных машин по заданной производительности и с учетом порядка разработки месторождения и направления развития горных работ назначить расположение забоев.

Примеры паспортов забоев приведены на «Горном портале» [23], а рекомендации по расчету их параметров в литературе [1, 16, 26].

*Транспортирование горной массы.* Проектирование карьерного транспорта предусматривает решение следующих задач:

- выбор и обоснование вида транспорта и типоразмера транспортной машины;
- выбор и обоснование схемы работы транспорта на рабочем горизонте (схемы маневрирования и подачи транспортных средств к погрузочному оборудованию);
- расчет производительности транспортной единицы (локомотивосостава, самосвала), конвейера и необходимого количества транспортных средств;

- определение ограничивающего перегона и проверка его возможностей обеспечения производительности карьера по полезному ископаемому и горной массы;
- обеспечение требований техники безопасности и условий эффективной эксплуатации транспортных средств.

### **Методические указания**

При проектировании карьерного транспорта необходимо руководствоваться СП [22, 25] и Правилами безопасности [17]. Наибольшее значение имеет исправное состояние транспортных средств и состояние горных выработок (бортов, траншей, уступов, откосов и отвалов) и транспортных дорог.

Продольные уклоны внутрикарьерных дорог следует принимать на основании организационно планировочных решений транспортной схемы карьера с учетом безопасности движения.

Ширина проезжей части дороги устанавливается проектом с учетом требований действующих СП и СНиП [22, 24, 27, 28, 30 и 31], исходя из размеров автомобилей и автопоездов. Временные въезды в траншеи должны устраиваться так, чтобы вдоль их при движении транспорта оставался свободный проход шириной не менее 1,5 м.

При затяжных уклонах дорог (более 0,06) должны устраиваться горизонтальные площадки с уклоном 0,02 длиной не менее 50 м и не более чем через каждые 600 м длины затяжного уклона.

Радиусы кривых в плане и поперечные уклоны автодорог предусматриваются с учетом действующих ГОСТ Р 52399-2005 [30].

В особо стесненных условиях на внутрикарьерных и отвальных дорогах величину радиусов кривых в плане допускается принимать в размере не менее двух конструктивных радиусов разворотов транспортных средств по переднему наружному колесу - при расчете на одиночный автомобиль и не менее трех конструктивных радиусов разворота - при расчете на тягачи с полуприцепами.

Проезжая часть дороги внутри контура карьера (кроме забойных дорог) должна соответствовать СП [22, 28, 29, 31] и быть ограждена от призмы обрушения земляным валом или защитной стенкой. Высоту породного вала необходимо принимать по расчету,

при этом внутренняя бровка вала должна быть вне призмы обрушения.

Необходимо учитывать, что в зимнее время автодороги должны систематически очищаться от снега и льда и посыпаться песком, шлаком или мелким щебнем.

Ширина проезжей части двухполосной дороги определяется по известной формуле [9]:

$$B = 2(a + m + n), \quad (7)$$

где  $a$  - ширина автомобиля;  $m$  - половина зазора между встречными автомобилями, или расстояние от внутреннего края автомобиля до оси дороги;  $n$  - расстояние от колес автомобиля до края проезжей части дороги. Значения  $m$  и  $n$  зависят от скорости движения автосамосвала и его ширины. Расчетную скорость  $v$  на проектируемом участке дороги определяется по тяговой характеристике машин. На основании проведенных исследований [9] рекомендуется ограничивать скорость движения 40 км/ч - для постоянных дорог и 25 км/ч - для временных.

Расстояние от автосамосвала  $i$ -го типа до оси двухполосной дороги определяется из выражения

$$m_i = m_6 k',$$

где  $m_6$  - значение этого параметра для базового автосамосвала, за который принят БелАЗ-7547;  $k'$  - соотношение ширины автосамосвала  $i$ -го типа и базового. Для автосамосвала БелАЗ-7547

$$m_6 = 1 + 0,01 \cdot v \cdot i.$$

Параметр  $n$  зависит от высоты расположения кабины автосамосвала и определяется из выражения  $n_i = n_6 \cdot k''$ ,

где  $n_6$  - значение этого параметра для автосамосвала БелАЗ-7547:

$$n_6 = 0,5 + 0,001 \cdot v,$$

где  $k''$  - соотношение высоты  $i$ -го автосамосвала и базового.

При расчетах принять ширину автосамосвала БелАЗ-7547 - 5,4 м, его высоту - 4,5 м, а скорость определить по тяговой характеристике.

Далее с учётом категории принять в проекте ближайшую ширину регламентируемой дороги [22, (Раздел 7.5 Поперечный профиль. Табл. 7.9) и 28].

При большом числе погрузочных пунктов (более 2-х) эксплуатационные расчёты транспорта выполнить по приведенной длине и высоте транспортирования (1 и 2).

Примеры типовых сечений категорий автомобильных дорог работ приведены на «Горном портале» [23], рекомендации по расчету параметров учебной литературе [17, 18].

*Отвалообразование.* При внешнем отвалообразовании в зависимости от принятых средств механизации (экскаваторные, бульдозерные и т.п.) проектирование сводится к решению следующих задач:

- определение вместимости и высоты отвалов (при ограниченной площади) или площади (при ограниченной по физико-механическим свойствам пород высоты);
- расчет параметров, приемной способности и количества отвальных тупиков при железнодорожном транспорте и экскаваторном отвалообразовании или отвальных участков при автомобильном транспорте и бульдозерном отвалообразовании;
- расчет объемов бульдозерных работ и бульдозерного оборудования.

При внутреннем отвалообразовании расчеты тесно связаны с выбором и обоснованием системы разработки. Решаются следующие задачи:

- выбор и обоснование вскрышного оборудования;
- расчет параметров вскрышной и отвальной заходок на основе обеспечения их равенства по ширине и площади.

### **Методические указания**

Для принятой транспортной схемы с известным расположением отвалов необходимо выполнить проверку на их заполнение породой по годовой производительности. Для проектируемой схемы требуется определить их расположение с учетом порядка разработки месторождения. Примеры паспортов отвальных работ приведены на «Горном портале» [23]; рекомендации по расчету их параметров в учебной литературе [1, 8, 12, 16].

## 5. 2. Проектирование комбинированной транспортной системы

При проектировании следует учитывать, что механизация и организация работ на глубоких карьерах и предприятиях по добыче строительных материалов развивается на основе внедрения поточной и циклично-поточной технологии, при которых обеспечиваются наиболее высокие технико-экономические показатели разработки. Конкурирующие структуры комплексной механизации сравниваются по стоимости и трудоемкости производства, удельным затратам, металлоемкости и энергоемкости и для их выбора можно использовать данные таблицы 4 [21].

### 5.3. Рекомендации по проектированию комбинированных транспортных схем

Глубину расположения сборочного горизонта, оборудованного дробильным комплексом, перегрузочным бункером и конвейерным подъемником принять 150...200 м, при оборудовании временного перегрузочного склада в схеме автомобильно-железнодорожного транспортного комплекса принять 75...100 м.

Размещение, применяемое оборудование, применяемые схемы подъезда транспорта и параметры перегрузочных зон изложены в учебной литературе [4, 6, 8, 10, 16, 18]. Основными определяемыми параметрами являются: вместимость, габариты, число разгрузочных мест, пропускная способность.

Таблица 4

Предпочтительные условия применения различных видов и схем транспорта в глубоких карьерах (по В.Л.Яковлеву и Ч.Л.Фесенко)

Транспорт	Оборудование	Грузопоток, млн.т/год	Зоны горных работ в карьере	Высота подъема горной массы, м	Расстояние транспортирования, км	Темп понижения горных работ, м/год
Автомобильный	Автосамосвалы грузоподъемностью:		рабочие горизонты			
	75 т	до 10	все	80-100	1,5-3	15-20
	110 и 120 т	10-20	То же	100-120	2-4	15-20



Транспорт	Оборудование	Грузопоток , млн.т/год	Зоны горных работ в карьере	Высота подъема горной массы, м	Расстоя- ние транс- портиро- вания, км	Темп пониже- ния горных работ, м/год
	180 т	20	средние и верхние	120-150	2-5	15-20
	Троллейвоз- ный 110 т	10-20	То же	150-200	3-5	10-15
Автомобильно- конвейер- ный	Со щековыми дробилками	6-10	Глубокие рудные	60-80 <sup>x</sup>	0,5-2,0 <sup>x</sup>	10-15
	С конусными дробилками	15-23	То же	150-200 <sup>xx</sup>	0 1,5-2,5 <sup>xx</sup>	10-15
Автомобильно- железнодорожный	Экскаватор- ные пункты	10-15	Средние и нижние	60-80 <sup>x</sup>	0,5-1,5 <sup>x</sup>	8-10
	Безэкскаватор- ные перегрузоч- ные пункты	То же	То же	150-250 <sup>xx</sup>	8-10 <sup>xx</sup>	То же
	Экскаватор- ные	15-20	Глубинная зона карьера	60-80 <sup>x</sup>	0,5-2,5 <sup>x</sup>	
	Безэкскаватор- ные	То же	То же	150-300 <sup>xx</sup>	0,7-1,5 <sup>xx</sup>	
Автомобильно- конвейер- но- железнодорожный	Комбинирован- ные перегру- зочные комплексы	То же	То же	0-100 <sup>xxx</sup>	5-10 <sup>xxx</sup>	8-10

<sup>x</sup> Автомобильный транспорт

<sup>xx</sup> Конвейерный транспорт

<sup>xxx</sup> Железнодорожный транспорт

Пропускная способность бункера определяется поперечным сечением выпускного отверстия, производительностью питателя (затвора) и свойствами выгружаемого сыпучего груза и может быть подсчитана по формуле

$$Q = V\gamma = 3600Fv\gamma, \text{ т/ч.} \quad (8)$$

в которой  $v$  – скорость истечения груза, определяется по формуле гидравлики, в которой коэффициент сужения струи можно

принимать в пределах  $0,3 \div 0,4$ ,  $V(Q)$  - объёмная (массовая производительность) транспортных машин непрерывного действия (т.е. количества груза, перемещаемое в единицу времени),  $F$  - площадь поперечного сечения груза на несущем органе, ( $m^2$ );  $\gamma$  - насыпная плотность транспортируемого груза, ( $t/m^3$ ). Для расчёта и выбора параметров транспортных машин удобнее пользоваться массовой производительностью. Для некоторых типов машин и устройств параметр  $F$  выражают через площадь поперечного сечения несущего органа  $F_0$  ( $m^2$ ) и так называемый коэффициент заполнения  $\psi$  этого сечения транспортируемым грузом, т.е.  $F = F_0 \psi$ . Поэтому массовая производительность может быть представлена так:

$$Q = 3600 F \gamma \psi, \text{ т/ч.} \quad (9)$$

Коэффициент заполнения  $\psi$  в зависимости от типа машины и режима её работы может принимать следующие значения: для пластинчатого и скребкового питателя  $\psi \approx 0,9$ , для вибрационного  $\psi = 0,6 \dots 0,8$ .

Размеры верхней части принимающего бункера определяются габаритами (шириной и высотой) разгружаемого грузонесущего элемента транспортной машины (кузова, ковша, ленты), количеством одновременно разгружаемых транспортных машин и схемой размещения при разгрузке.

Выбор дробильного оборудования произвести по достаточности их производительности, крупности в питании дробилки и требовании на выходе [16, 19, 23].

## 6. Эксплуатационные расчеты транспортных машин

Расчеты выполняются в соответствии с методическими указаниями: ленточный конвейер [14, 15, 18], железнодорожный транспорт [6, 7, 13, 19], автомобильный транспорт [2, 9, 19].

Цель эксплуатационного расчета проверить пригодность параметров принятой транспортной машины заданным условиям эксплуатации. Расчет автомобильного и железнодорожного транспорта подразделяется на две части – тяговый, позволяющий проверить возможность применения выбранного типоразмера машины и эксплуатационный, определяющий необходимое число машин.

### **6.1. Задачи эксплуатационного расчета ленточного конвейера**

Задачами эксплуатационного расчета являются:

- проверка производительности ленточного конвейера по вместимости ленты и крупности куска груза;
- определения усилий, действующих в характеристических точках ленты и построение диаграммы натяжения ленты;
- проверка ленты на прочность;
- проверка отсутствия проскальзывания ленты на приводном барабане конвейера;
- проверка на условие допустимого провисания загруженной ленты в зоне с наименьшим натяжением;
- определение усилия создаваемого натяжным устройством;
- определение требуемой мощности двигателей и выбор схемы их расстановки.

#### **Методические указания**

К расчёту следует приступить после выбора размещения перегрузочного пункта и его оборудования (схемы, выбора дробилки, грохотов и перегружателей).

Примеры схем погрузочно- и перегрузочных пунктов и рекомендации по расчету их параметров приведены в учебной литературе [ 4, 16, 18, 24].

### **6.2. Задачи эксплуатационного расчета железнодорожного транспорта**

#### **Тяговый расчет :**

- определение весовой нормы поезда.
- выполнение проверок по условиям торможения и перегрузки тяговых двигателей на нагрев;
- определение скорости и времени движения по элементам трассы.
- определение параметров контактной сети.
- определение расхода энергии (дизельного топлива) на транспортирование.

#### **Эксплуатационный расчет:**

- определений продолжительности рейса;

- определение производительности локомотив-состава;
- определение рабочего и инвентарного парков локомотивов и вагонов;
- определение пропускной и провозной способности.

### **Методические указания**

Определение скоростей движения производить по тяговой характеристике двигателя локомотива для каждого участка маршрута [13, 19], а допустимые скорости проверять по длине допустимого тормозного пути [17, 20, 22].

### **6.3. Задачи эксплуатационного расчета автомобильного транспорта**

#### ***Тяговый расчет:***

- определение силы тяги, развиваемой автосамосвалом на руководящем уклоне;
- определение сил сопротивления движению;
- определение скоростей движения;
- определение времени движения автосамосвала на различных участках пути;
- определение тормозного пути;
- определение расхода топлива;
- определение безопасных скоростей движения.

#### ***Эксплуатационный расчет:***

- определений продолжительности рейса;
- определение производительности автосамосвала;
- определение рабочего и инвентарного парков машин;
- определение пропускной и провозной способности.

### **Методические указания**

Определение скоростей движения производить по тяговой характеристике автосамосвала для каждого участка маршрута, а допустимый диапазон скоростей при торможении по тормозной характеристике для наилучших условий движения (автосамосвал движется под уклон).

Допустимую скорость движения автосамосвала на повороте проверяют для наименьших радиусов ( по плану трассы), но не

менее двух конструктивных радиусов поворота для применяемой модели автосамосвала.

## **7. Требования к оформлению**

К защите допускаются проекты, которые выполнены в соответствии с заданием, в необходимом объёме, в установленный срок и соответствуют требованиям ЕСКД.

### ***7.1.Графическая часть***

Графическая часть курсового проекта состоит из двух-трех чертежей формата А1: лист 1-общий вид карьера (разреза) в виде ситуационного плана с указанием расположения оборудования, трас транспортирования, складов, отвалов, приемных и разгрузочных пунктов, направления грузопотоков и движения транспортных машин в порожнем направлении. Для крупных предприятий допустимо привести на чертеже уменьшенный план карьера с выноской в большем масштабе зон ведения работ и вырезками участков дорог большой протяженности, расположенных на поверхности карьера.

На других чертежах общего вида должна быть приведены в виде технологических карт (схем) основные технологические операции погрузки, разгрузки и разминовки транспортных машин, размещения в карьере выбранного оборудования, сечений транспортных дорог.

Спецификация к чертежам составляется только по указанию руководителя и оформляется на отдельных листах. Листы спецификации должны быть подшиты к пояснительной записке после ее основного текста.

Масштаб чертежей должен быть подобран так, чтобы поле чертежа было использовано с достаточной полнотой (чертеж должен занимать не менее 70% поля), а проекции схем позволяли получить представление о принятом конструктивном решении. Если масштаб чертежа не позволяет получить достаточно четкое изображение принятых технических (конструктивных) решений, то они должны быть изображены в другом масштабе на свободных участках чертежа.

## 7.2. Пояснительная записка

Правила составления и оформления пояснительной записки изложены в ГОСТ 7.32–2001 и других нормативных документах.

Пояснительная записка выполняется на листах формата А4. Каждый лист заполняется только с одной стороны.

По окончании оформления записки все листы сшиваются в тетрадь. Записка должна включать титульный лист, задание на проектирование, аннотацию на русском и иностранном языках, содержание, введение, цель работы, принятые исходные данные, общую часть с эксплуатационными расчетами и обоснованием выбора оборудования, заключения, список использованных источников и приложения.

На титульном листе указываются кафедра, наименование курсового проекта, фамилия автора, шифр группы, фамилия и звание руководителя проекта. Он подписывается автором, руководителем проектирования, и заведующим кафедрой.

В пояснительной записке приводятся исходные данные для проектирования, анализ существующей транспортной системы и обоснование выбора вида транспорта и типоразмеров машин, цель проекта, технические характеристики принятых к расчету горных машин, обоснования принятых технических решений, расчеты, подтверждающие эти решения и заключение.

Однотипные расчеты после проведения в пояснительной записке первого из них допускается дать в виде таблиц.

Принимаемые решения и исходные расчетные данные должны быть достаточно полно мотивированы, а принятые справочные данные должны сопровождаться ссылками на источники.

Формулы дают сначала в общем, виде с расшифровкой буквенных обозначений, затем в формулы подставляются цифровые значения расчетных величин, приводят конечный цифровой результат с указанием единиц измерения.

В заключении подтверждается достижение поставленной цели и выводы с результатами работы: сведения о принятом в проекте оборудовании и сравнение его количества с применяющимся на предприятии (для тем 1, 3 и 5); полученными данными для технико-экономического или выполнения оптимизационного расчёта; выводов о сравнении полученного количества машин с фактическим

(в виде таблицы «Факт – Проект»); итоговой формулировкой преимуществ предложенных в проекте решений и др.

Текстовая часть пояснительной записки должна быть краткой и свободной от повторения.

В библиографический список включают только те источники, на которые сделана ссылка в тексте пояснительной записки. При ссылке на литературу указывается порядковый номер, под которым данный источник значится в списке используемой литературы. После порядкового номера следует указать фамилии и инициалы авторов, название книги или статьи (с указанием, в каком журнале или сборнике опубликована статья), место, издательство и год издания, а также номера страниц, на которых изложен материал.

## РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Анистратов Ю.И.* Учебник для ВУЗов «Технология открытых горных работ» / Ю.И. Анистратов, К.Ю. Анистратов - М.:ООО «НТЦ Горное дело», 2008 г. – 471 с.
2. *Беликов А.А.* Горные машины и оборудование. Расчет карьерного автомобильного транспорта: методические указания для выполнения самостоятельных работ / А. А. Беликов, П. Ю. Ланков. СПб: Изд-во РИЦ СПГИ, 2008 - 24 с.
3. *Галкин В.И.* Транспортные машины, Учебник для Вузов / В.И. Галкин, Е.Е. Шешко. М.:Изд. «Горная книга», МГГУ, 2010. - 588с.
4. *Галкин В.И.* Инженерная логистика погрузочно-разгрузочных транспортных и складских работ на горных предприятиях/ В.И. Галкин, Е.Е.Шешко. М.: МГГУ, 2009 - 156с.
5. *Коптев В.Ю.* Обоснование выбора транспортных машин горных предприятий. Каталог-справочник «Горная техника», СПб: Изд. «Славутич», 2012. с. 58-61.
6. *Гетопанов В.Н.* Горные и транспортные машины и комплексы/ В.Н. Гетопанов , Н.С. Гудилин, Л.И. Чугреев. Москва: Изд-во «Недра», 1991 – 304 с.
7. *Дьяков В.А.* Транспортные машины и комплексы открытых разработок. М.: Недра, 1986 - 476с.
8. Единая методика проектирования горно-добывающих предприятий черной металлургии при открытом способе разработки / Л: Гипроруда, 1980 – 240 с.
9. *Кулешов А.А.* Автотранспорт: состояние и перспективы. (Монография)/ А.А. Кулешов, П.Л.Маринов, А.Н. Егоров, И.В.Зырянов. СПб: Изд-во «Наука», 2004 – 90 с.
10. Нормы технологического проектирования / Л.: Гипроруда, 1986.
11. *Подерни Р.Ю.* Горные машины и комплексы для открытых работ(2Ч). М.: Изд-во «Недра», 1999 - 45с.
12. *Шпанский О.В.* Проектирование границ открытых горных работ: Учебное пособие/ О.В. Шпанский, Д.Н. Лигоцкий, Д.В. Борисов. СПб: Изд-во РИЦ СПГИ, 2003 – 90 с.
13. *Фомин В.А.* Расчет карьерного железнодорожного транспорта. Методические указания по выполнению расчетно-графического задания, самостоятельной работы и специальной части курсового и дипломного проектов. СПб: Изд-во РИЦ СПГИ, 2001 - 30с.
14. *Фомин В.А.* Расчет карьерного конвейерного транспорта: Методические указания к специальной части курсового и дипломного проектов. СПб: Изд-во РИЦ СПГИ, 1993 - 37с.
15. *Васильев К.А.* Расчет ленточных конвейеров: Методические указания для курсового и дипломного проектирования. Ленинградский горный институт. СПб: Изд-во РИЦ СПГИ, 1995 – 50 с.
16. *Трубецкой К.Н.* Проектирование карьеров: В 2т. - М.: Академия горных наук / К.Н. Трубецкой, Г.Л. Краснянский, В.В. Хронин, 2009 – 694 с.
17. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых" (от 11 декабря 2013 года N599) <http://docs.cntd.ru/document/499066482>.



18. *Шешко Е. Е.* Горно-транспортные машины и оборудование для открытых работ. М.: МГТУ, 2003 – 381 с.
19. *Шешко Е.Е.* Эксплуатация и ремонт оборудования транспортных комплексов карьеров. М.: МГУ, 1996 - 425с.
20. *Коптев В.Ю.* Эксплуатация карьерного оборудования. Транспорт открытых горных работ: Метод. указания к выполнению РГР / В.Ю. Коптев, П.Н. Махараткин, П.Ю. Ланков. СПб: Изд-во РИЦ СПГГИ, 2010 - 24с.
21. *Яковлев В.Л.* Научные основы выбора транспорта глубоких карьеров. Новосибирск: Наука, 1989 – 120 с.

### **Нормативная документация**

22. СП 37.13330.2012 Промышленный транспорт. Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91\* (с Изменением N 1) Дата введения 2013-01-01 <http://docs.cntd.ru/document/1200095520>.
23. Сайт союза горных инженеров. Интернет – ресурс <http://www.mining-portal.ru>.
24. ОНТП 01-91 Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта Правила устройства и безопасной эксплуатации грузовых подвесных канатных дорог.
25. Интернет – ресурс <http://www.mining-enc.ru/e1/> - техника и технологии применяемые в горном деле и строительстве (Горная энциклопедия).
26. Интернет – ресурс <http://ex-kavator.ru/> - Каталог строительной, дорожной и специальной техники.
27. Свод правил СП 37.1333.2012 «Промышленный транспорт». Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91\* / Минрегион России. – М.: ООО «Аналитик», 2012. - 196 с.
28. СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85. - М.: Минрегион России, 2013.
29. Пособие по проектированию внутренних автомобильных дорог промышленных предприятий (к СНиП 2.05.07-85). Выпуск 5522 / Союзпромтрансниипроект – М.: 1988. – 476 с.
30. ГОСТ Р 52399-2005 Геометрические элементы автомобильных дорог. М.: Стандартинформ, 2000
31. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\*.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. Темы курсового проекта .....	5
2. Подготовка исходных данных .....	6
3. Выбор вида технологического транспорта.....	9
4. Выбор типоразмеров технологического транспорта.....	13
5. Проектирование транспортной системы .....	17
5. 1. Проектирование монотранспортной системы.....	17
5. 2. Проектирование комбинированной транспортной системы.....	24
5. 3. Рекомендации по проектированию комбинированных транспортных схем .....	24
6. Эксплуатационные расчеты транспортных машин .....	26
7. Требования к оформлению .....	29
7. 1. Графическая часть .....	29
7. 2. Пояснительная записка .....	30
РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	32

**МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ  
ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ ПОРОД**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ  
ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО  
С ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ РАЗРАБОТКИ**

*Методические указания по курсовому проектированию  
для студентов специальности 21.05.04*

Сост.: *В.Ю. Коптев, В.И. Александров, С.Ю. Сержан*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
горных транспортных машин

Ответственный за выпуск *В.Ю. Коптев*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 17.04.2019. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 2,0. Усл.кр.-отт. 2,0. Уч.-изд.л. 1,8. Тираж 100 экз. Заказ 366. С 133.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2