**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**КАФЕДРА «ГОРНАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА»**

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ПРЕДМЕТУ «СПЕЦИАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА»

(для студентов направления образования магистратуры Горные машины и оборудование)

**Составитель: профессор. Абдуазизов Набижон Азаматович.**

Навоий 2023 г.

Данный учебно-методический комплекс по предмету составлен в соответствии с типовой учебной программой по дисциплине «Специальные конструкции машин и оборудования горного производства», утвержденной Министерством высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан.

Обсужден и утвержден № 1 кафедры «Горной электромеханики» от 28.08.2023 года.

Заведующей кафедрой: Атакулов Л.Н.

СОДЕРЖАНИЕ


| | |
|---|---|
| Введение……...…… | 5 |
| Типовая программа……. | 6 |
| Рабочая программа ……. | 12 |
| Календарный план и выполнение учебных материалов …… | 17 |
| Конспект лекций……. | 19 |
| **Лекция № 1.** Машины и оборудование горного производства новые конвейерные ленты. конвейерные ленты стомиль белхатов | 21 |
| **Лекция№ 2.** Усовершенствованные методы стыковки конвейерных лент. Стыковка резинотканевых лент | 26 |
| **Лекция №3** Конвейерные ролики новых улучшенных конструкций | 32 |
| **Лекция №4** Специальные типы приводов ленточных конвейеров и их теория | 35 |
| **Лекция №5** Машины и оборудование для открытых разработок. Специальные конструкции транспортных средств для подъема груза из глубоких карьеров | 46 |
| **Лекция №6** Автомобильные карьерные подъемники | 50 |
| **Лекция №7** Карьерный контейнерный подъемник | 56 |
| **Лекция №8** Роторные экскаваторы фирмы KRUPP | 67 |
| **Лекция №9** Новые конструкции долот для карьерных буровых станков | 74 |
| **Лекция №10** Машины и оборудование для подземных разработок | 84 |
| **Методические указания к практическим занятиям** …….. | 105 |
| Варианты для итогового контроля ……... | 127 |

# ВВЕДЕНИЕ

В Узбекистане построены и действуют горные предприятия с открытым и подземным способами добычи разнообразных полезных ископаемых. В их числе буроугольный разрез, «Ангренский» и Управление добыча угля подземным способом ОАО « Узбекуголь», карьер «Кальмакыр» АГМК, карьер «Мурунтау» НГМК, Занимающий одно из ведущих положений не только в странах СНГ, Нои в мире и др.

Внедрение прогрессивной технологии добычи полезных ископаемых связано с дальнейшим совершенствованием транспорта в горной промышленности сованием транспорта в горной промышленности, с широким применением поточно-таранспортных систем.

Настоящее учебное пособие написано в целях непосредственного обеспечения выполнения Законов Республики Узбекистан «Об образовании» и «О национальной программе по подготовке кадров», в соответствии с Государственным образовательным стандартом второй ступени высшего образования - подготовки магистров по специальности «Горные машины и оборудование» и программой курса «Специальные конструкции горных машин и оборудования».

Студенты магистратуры специальности «Горные машины и оборудование», в период обучения в бакалавриате изучают ряд дисциплин специализации и там они ознакамливаются с конструкциями типовых машин и оборудования, основами их теории и расчета, областями и условиями применения этих машин.

Курс «Специальные конструкции горных машин и оборудования» предусматривает изучение специальных, нестандартных и новых машин и оборудования, усовершенствованных узлов и оборудования стандартных многосерийных машин и, поэтому, стандартного учебника по данному курсу, рассчитанного для пользования студентами в течение многих лет, быть не может.

Потеря единого экономического пространства после распада союза, малодоступность импортного оборудования из-за его высокой стоимости заставило многие государства с развитой горно-добывающей промышленностью ускоренными темпами развивать свои собственные разработки по всему комплексу машин и оборудования применительно к условиям своего горного производства, наладить производство этих машин в своей стране за счет создания нового или серьезной модернизации существующего производства под выпуск конкурентоспособной горной техники.

Стремление каждого государства развивать свое производство горных машин породило большое разнообразие создаваемой горной техники одного функционального назначения не только по конструктивно - компоновочным решениям, но и по технико - экономическим, эксплуатационным и другим параметрам. Стали появляться принципиально новые конструктивные решения, например, по созданию средств транспортировки горной массы из глубоких карьеров, и многое другое

Поэтому составление комплекса по курсу «Специальные конструкции горных машин и оборудования» сопровождается поиском, просмотром и отбором материалов из многих разных источников, в основном, из специализированных журналов, сборников научных трудов, статей и докладов и другой периодической литературы, интернета.

Обращено внимание на технологичность, перспективность новых решений, технико-экономические показатели.

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ**
**ОЛИЙ ТАЪЛИМ, ФАН ВА ИННОВАЦИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ**

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР УНИВЕРСИТЕТИ**

**КОНЧИЛИК МАШИНАЛАРИ ВА ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ МАХСУС КОНСТРУКЦИЯЛАРИ**
фанининг

# ЎҚУВ ДАСТУРИ

Фаннинг ўқув дастури Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети ўқув - услубий кенгашида тавсия қилинган (2023 йил 30 августдаги 1-сонли баённома )

Навоий– 2023 й.

## Кириш

Ушбу дастур кончиликда ишлатиладиган Кон машина ва қурилмаларнинг махсус конструкциялари ўқув фанини ўзлаштиришда амалга ошириладиган масалалар доирасида магистрант кон корхоналарида ишлатиладиган кон машина ва қурилмаларларни ишлатиш жараенида уларга қўйиладиган талаблардан асосийси уларни ишончлилигии доимо етарли даражада бўлишини хамда махсус конструкцияларни тўғри хисоблаш ва зарурият бўлганда уларни ишлаб чиқариш шароитида ясашни ва таъмирлаш ишларини ташкил этишни ўргатади.

## Ўқув фанининг мақсади ва вазифалари.

Фаннинг ўқилишидан мақсад – талабаларда кончилик корхоналарида қўлланиладиган кон машина ва қурилмаларини маҳсус конструкцияларини ўрганиш ва уларни муайян шаройитга мос холда мутахассислик бўйча билим, кўникма ва малака шакиллантиришдир.

Фаннинг вазифаси - талабаларга кон машина ва қурилмаларни маҳсус конструкциларини бўйича кончиликда ишлатиладиган турли электромеханик ускуналарни махсус қурилмаларни ишлаш принцпларини ва уларни ишдан чиқиш сабабларини маълум кон - геологик шароитлари учун уларни назарий жихатдан асослаш ва ўрганишдан иборат.

## Фан бўйича талабаларнинг билимига, кўникма ва малакасига қўйиладиган талаблар

Кон машина ва қурилмаларни махсус конструкциялари

ўқув фанини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида магистр:

- кончилик корхоналарида ишлатиладиган кон машина ва махсус конструкцияларини ишлаш жараенида уларни ишлаши ва ишдан чиқиш сабабларини аниқлаш хамда ва керакли эхтиет қисмларни олдиндан режалаштиришни ташкил этишни ***билиши керак***.

- талаба ер ости ва очиқ кон ишларида қўлланиладиган махсус конструкцияларни аниқ кон - техник шароитлар учун техник ва иқтисодий асосланган холда тўғри аниқлаш уларни оптимал кўрсатгичлари ва иш режимларини ўрганиш; бошқа кон машиналари билан биргаликда ишлатиш; кон корхонасида қўлланадиган таъмирлаш тизимини ўрганиш ***кўникмаларига эга бўлшии*** керак.

- талаба ишлаб чиқарилаётган ва ишлатилаётган кон машинала ва қурилмаларни эксплуатация даврида ишгамойиллигини техник ва иқтисодий таҳлил қилиш ***малакаларига эга бўлшии керак***.

## Фаннинг ўқув режадаги бошқа фанлар билан ўзаро боғлиқлиги ва услубий жихатдан узвий кетма – кетлиги

Кон электромеханик ускуналарини ишончлилиги фани асосий ихтисослик фани асосий ихтисослик фанидан бири хисобланиб, 3 семестрларда ўқитилади. Дастурни амалга ошириш ўқув режасидаги Транспорт машиналари назарияси.хисоби ва лойихалаш. Кон машиналарини назарияси, хисоби ва лойихалаш. Турғун машиналари назарияси ҳисоби ва лойихалаш фанлари ва бошқа электромеханик фанлар билан узвий боғлиқ ва улар асосида бажарилади.

## Фаннинг ишлаб чиқаришдаги ўрни

Кончилик корхоналарида ишлатиладиган кон машина ва қурилмаларнинг маҳсус конструкциялари хар бир корхонада ишлатилади. Уларни тўғри танлаш ва зарурият бўлганда ишлаб чиқариш шаройитида ясашни ташкил қилинади.

Шунинг учун бу фанга алохида талаблар қўйилади. Кончилик корхоналарида қазиб олинаётган фойдали қазилмалар таннархи харажатларини тахминан 10-15 фоизини ташкил этади. Шунинг учун ушбу фан ихтисослик фани ҳисобланиб, ишлаб чиқариш технологик тизимининг ажралмас бўғинидир.

## Фанни ўқитишда янги информацион – педагогик технологиялар

Талабаларнинг кон машина ва қурилмаларнинг махсус конструкциялари фанини ўзлаштиришлари учун ўқитишнинг илғор ва замонавий усулларидан фойдаланиш, янги информацион-педагогик технологияларни тадбиқ қилиш муҳим ахамиятга эгадир. Фанни ўзлаштиришда дарслик, ўқув ва услубий қўлланмалар, маъруза матнлари, тарқатма материаллар, электрон материаллар, виртуал стендлар ҳамда ишчи ҳолатдаги машиналарнинг ишлаб чиқаришдаги намуналари ва макетларидан фойдаланилади. Маъруза ва амалий дарсларида мос равишдаги илғор педагогик технологиялардан фойдаланилади.

## Асосий қисм

### Кон ишлаб чикариш машина ва қурилмалари

Кончилик корхоналари машина ва қурилма-ларининг тарихи ва ривожланиш тенденциялари, уларни ишлатиш соҳасидаги республикамиздаги ижтимоий-иқтисодий ислоҳотлар натижалари, худудий муаммолар ва илм-фан, техника ва технология ютуқлари.

Кончилик корхоналарида ишлатиладиган намунавий машина ва қурилмалари обзори, уларни махсус конструкцияларининг фарқланиш хусусиятлари.

Тасмали конвейерларнинг тасмалари, роликлари ва юритмаларининг намунавий конструкциялари обзори. Конвейер тасмаларининг янги конструкциялари. «Стомил Бехатов» ва «РТИ-Каучук» тасмалари. Конвейер тасмаларини улашнинг такомиллаштирилган усуллари. Конвейер роликларининг янги такомиллаштирилган конструкциялари.

Тасмали конвейер юритмаларининг махсус турлари. Уларнинг конструкциялари, қўлланиш шароитлари, афзалликлари ва камчиликлари. Тасмали конвейер юритмаларининг махсус турлари назарияси ва уларни ҳисоблаш.

Тасмали конвейерларнинг махсус турлари:
катта қияликда қўлланиладиган конвейерлар; тасма-сим арқонли конвейерлар; битта ва иккита тортиш занжирли тасма-занжир конвейерлар; бўйлама ўқи букилувчи тасма-занжир конвейер; тасма-занжир конвейернинг «Hestermann» конструкцияси.

Уларнинг умумий конструкцияси, асосий элементлари, ишлаш принципи. Ишлатилиш соҳаси ва шароитлари. Асосий параметрлари ва техник - иқтисодий кўрсаткичлари. Тасма - сим арқонли конвейер юритмасининг конструктив жиҳатлари. Тасма - сим арқонли конвейерда дифференциал редуктор қўллаш асосида сим арқонларнинг харакат тезлиги бир хил бўлишлигини таъминлаш.

### Очиқ кон ишлари машина ва қурилмалари

Чуқур карьерлардан юкни ташиб чиқариш транспорт воситаларининг махсус конструкциялари: сиқма тасмали катта қиялик конвейерлари; катта узунликдаги конвейерлар; карьер автомобил кўтаргичлари; карьер конвейер кўтаргичлари; тоғ тепалигидаги карьерлардан юк ташишда гравитация кучидан фойдаланиш услубидаги воситалар.

Уларнинг умумий конструкцияси, асосий элементлари ва ишлаш принциплари; афзалликлари ва камчиликлар. Асосий параметлари ва техник - иқтисодий курсаткичлари. Қўллаш имкониятлари. Ҳисоблаш.

Ротор мажмуасининг жиҳозланиши. KRUPP фирмасининг роторли экскаваторлари. Асосий боғламлари, уларнинг хизмати ва конструктив жиҳатлари. Қўллашнинг махсус шароитлари. Уларни ўрнатиш технологик схемалари. Техник-иқтисодий кўрсаткичлари. «Ўзбеккўмир» ОАЖга қарашли «Ангрен» разрезида Thyssen KRUPP Fordertechnik фирмасининг ротор мажмуасини қўллаш хусусиятлари. Карьер бурғилаш қурилмалари долотоларининг янги такомиллаштирилган конструкциялари. Уларни ишлаб чиқаришда қўлланилаётганларидан принципиал фарқи ва афзалликлари. Навоий КМК Мурунтов карьерида циклли-узлуксиз технологияни ва унга мос янги машина ва жиҳозларни қўллаш.

### Ер ости конлари машина ва šурилмалари

Емирилишга чидамли ва янги конвейер ва шина ҳимоялаш занжирлари. Уларнинг материали, звеноларининг шакли, конструкцияси. Техник-иқтисодий кўрсаткичлари, синаш натижалари.

Кўмир шахталари учун юқори унумдорли кончилик техникаси; механизациялашган мажмуалар, лахим ўтувчи ва кўмирқазувчи комбайнлар, куракли конвейерлар ва б .қ Уларнинг конструктив жиҳатлари, техник тавсифлари, техник-иқтисодий кўрсаткичлари,қўлланиш соҳалари ва шароитлари.

Эксплуатацион тавсифлари яхшиланган ер ости электровозлари. Улар учун махсус ишлаб чиқилган тортув юритгичлари, уларнинг ишчи тавсифлари. Контактли ва аккумуляторли электровозлар элементларининг янги конструкциялари, синаш натижалари. Ер ости темир йўл транспортининг махсус жиҳозлари: вагончаларни бўшатишда қўлланиладиган жиҳозлар - вагонча ағдаргичлари ва ён томонга бўшатиш жихозлари; итаргичлар, вагон ости занжирлар, баландлик компенсаторлари, уларнинг конструкцияси, асосий элементлари, ишлаш принципи, ишлатилиш соҳалари ва шароитларини ҳисоблаш.

Кон корхоналари машина ва курилмаларининг махсус конструкциялари бўйича янги ахборотлар ва уларнинг таҳлили.

## Амалий машғулотларини ташкил этиш бўйича кўрсатма ва тавсиялар

Амалий машғулотларда талабалар турли ностандарт кончилик машина ва жиҳозларининг конструктив жиҳатларини, уларни ҳисоблашни ва таҳлил қилишни, ҳамда параметрларини оптималлаштиришни ўрганадилар.

Амалий машғулотларнинг тавсия этиладиган мавзулари.

1. Тасмали конвейер юритмаларининг махсус турларини ўрганиш ва таҳлил қилиш.
2. Конвейер юритмалари махсус турларининг тортиш кучларини ҳисоблаш, ўзаро солиштириш ва таҳлил қилиш
3. Турли қияликларда юк ташувчи махсус турдаги конвейерларни ўрганиш ва таҳлил қилиш.
4. Чуқур карьерлардан юкни ташиб чиқариш транспорт воситаларининг махсус конструкцияларини, ишлаш принципларини, ишлатиш шароитларини ўрганиш ва таҳлил қилиш.
5. Конвейерлар махсус турларининг асосий параметрларини ҳисоблаш бўйича масалалар ечиш.
6. Карьер автомобил кўтаргичларининг кўтариш тизимини тортишга ҳисоблаш.
7. Роторли экскаватор тузилишини ва бошқариш тизимини ўрганиш, роторли экскаватор мажмуаси таркибига кирувчи қурилма ва жиҳозларни ўрганиш.
8. Темир йўл транспорти махсус жиҳозлари тузилиши, ишлаш принципи ва шароитларини ўрганиш.
9. Юқори унумдорли кончилик қазиш техникасини ўрганиш ва таҳлил қилиш
10. Янги турдаги механизациялашган мажмуаларни конструктив ва технологик параметрларини œрганиш ва таҳлил қšилиш.

Амалий машғулотларни ташкил этиш бўйича кафедра профессор-ўқитувчилари томонидан кўрсатма ва тавсиялар ишлаб чиқилади. Унда талабалар асосий маъруза мавзулари бўйича олган билим ва кўникмаларини амалий масалалар, ечиш орқали янада бойитадилар. Шунингдек, дарслик ва ўқув қўлланмалар асосида талабалар билимларини мустаҳкамлашга эришиш, тарқатма материаллардан фойдаланиш, илмий мақолалар ва тезисларни чоп этиш орқали талабалар билимини ошириш, масалалар ечиш, мавзулар бўйича кўргазмали қуроллар тайёрлаш ва бошқалар тавсия этилади.

## Мустақил ишни ташкил этишнинг шакли ва мазмуни

Талаба мустақил ишни тайёрлашда муайян фаннинг хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда қуйидаги шакллардан фойдаланиш тавсия этилади:

- дарслик ва ўқув қўлланмалар бўйича фанлар боблари ва мавзуларини ўрганиш;
- тарқатма материаллар бўйича маърузалар қисмини ўзлаштириш;
- автоматлаштирилган ўргатувчи ва назорат қилувчи тизимлар билан ишлаш;

- махсус адабиётлар бўйича фанлар бўлимлари ёки мавзулари устида ишлаш;
- янги техникаларни, аппаратураларни, жараёнлар ва технологияларни ўрганиш;
- талабанинг ўқув-илмий-тадқиқот ишларини бажариш билан боғлиқ бўлган фанлар бўлимлари ва мавзуларни чуқур ўрганиш;
- фаол ва муаммоли ўқитиш услубидан фойдаланиладиган ўқув машғулотлари;
- масофавий (дистанцион) таълим.

Тавсия этилаётган мустақил ишларнинг мавзулари:

1. Кончилик корхоналари машина ва қурилмаларининг тарихи ва ривожланиш тенденциялари.
2. Кончилик корхоналари машина ва қурилмаларини лойиҳалаш ва чиқаришнинг замонавий йўналишлари.
3. Конвейер тасмаларининг янги конструкциялари ва уларни улашнинг такомиллаштирилган усуллари.
4. Чуқур карьерлардан катта қияликда юк ташиб чиқариш қурилмаларининг таснифи.
5. Ротор мажмуасининг технологик схемалари.
6. Ўзбекистон кончилик саноатида янги технологик жиńозларни šўллаш.

## Дастурнинг информацион-услубий таъминоти

Мазкур фанни ¢šитиш жараёнида таълимнинг замонавий методлари, педагогик ва ахборот-коммуникация технологиялари š¢лланилиши назарда тутилган.

- Кон машина ва қурилмаларни махсус конструкциялари б¢лимига тегишли маъруза дарсларида замонавий компютер технологиялари ёрдамида презентацион ва электрон-дидактик технологияларидан;
- Кон машина ва қурилмаларни махсус конструкциялари фанида ¢тказиладиган амалий машђулотларда Темир йўл транспорти махсус жиҳозлари тузилиши, ишлаш принципи ва шароитларини мавзусида ašлий хужум, гурухли фикрлаш педагогик технологияларидан фойдаланилади;

## Фойдаланиладиган асосий дарсликлар ва ўқув қўлланмалар рўйхати

### Асосий дарсликлар ва ўқув қўлланмалар


1. Шаходжаев Л.Ш. Специальные конструкции машин и оборудования горного производства. Учебное пособие. Ташкент: ТГТУ, 2006.
2. Клорикьян В.В. и др. Машины и оборудование для шахт и рудников. М.: Изд. МГТУ, 2000.


### Қўшимча


3. Махсуслашган кончилик журналлари.
4. WWW tpu. ru – сайт Томского политехнического университета.
5. www/mining-journal.com.
6. http://www//uralrti.ru.
7. www. Ziyo. Net.
8. www.bilim.uz.

# СБОРНИК ЛЕКЦИИ

ПО ПРЕДМЕТУ «СПЕЦИАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА»

Курс лекции по предмету «Специальные конструкции машин и оборудования горного производства» для студентов по специальности магистратуры «Горные машины и оборудование» Абдуазизов Н.А. Навоий: НГГиТУ, 2023 г.

Настоящее сборник лекции составлено в соответствии с программой курса «Теория, расчет и проектирование транспортных машин» для студентов магистратуры по специальности «Горные машины и оборудование».

В работе приводятся общие вопросы теории, расчета и проектирования транспортных машин, включая систематизацию, структурообразование и структурообразование и структурные формулы схем и средств подземного и карьерного транспорта, а также теория, расчет и проектирование скребковых пластинчатых и ленточных конвейеров; уделено внимание особенностям теории и расчета бремсбергового конвейера, проектированию технологических схем конвейерного транспорта.

СОСТАВИТЕЛЬ: Абдуазизов Н.А.

# ЛЕКЦИЯ № 1. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

## Новые конвейерные ленты

### Конвейерные ленты Стомиль Белхатов

Стомиль Белхатов А.О. является самым крупным в Польше и одним из ведущих в Европе производителей конвейерных лент.

Стомиль Белхатов А.О. производит конвейерные ленты двух основных типов: резинотканевые и резинотросовые, усиленные. Производственная годовая мощность завода составляет около 140 км резинотросовых лент, 100 км резинотканевых лент, 30 тыс. тонн резиновых смесей.

Резинотканевые ленты производятся на основе полиа-мидных (PA) и полиэфирно-полиамидных (EP) тканей.

Полиамид, являясь полностью синтетическим материалом, обладает большой прочностью на разрыв, низким модулем упругости и способностью к значительному удлинению. Он является стойким на истирание и изгиб, а также на воздействие химических веществ (исключая кислоты) и биологических факторов. Ленты, произведенные на основе тканей PA, отличаются хорошей эластичностью, способностью поглощать энергию во время удара и характеризуются большим сроком эксплуатации. Но, ввиду их относительно большого удлинения, они могут применяться только на конвейерах небольшой длины.

Полиэфир является также полностью синтетическим материалом с высокой прочностью, но значительно меньшим удлинением, чем полиамид. Он является стойким на истирание, изгиб, воздействие химических веществ, исключая щелочи, и биологических факторов. В лентах, стержень которых произведен из полиамидно-полиэфирных тканей, нитки основы сделаны из полиэфира, а уток – из полиамида. Такое сочетание вполне оправдано. Полиамид, характеризующийся большим удлинением, увеличивает поперечную эластичность ленты, позволяя получить глубокий лоток. Полиэфирное волокно имеет более высокий модуль упругости, чем полиамидное, поэтому оно является подходящим для основания лент, предназначенных для средней длины конвейеров.

Завод производит резинотканевые ленты типа PA в пределах прочности от 500 до 3500 кН/м и шириной от 500 до 2200 мм с количеством слоев 2-6.

Ленты EP производятся в пределах прочности от 500 до 3150 кН/м с количеством слоев 2-6.

Допускаемое удлинение лент на основе ткани PA составляет до 3.5 %. Практически оно ниже и не превышает 2,0%. На практике удлинение лент EP составляет 1,0-1,5%. [12].

Анализ работы конвейерных лент в шахтах и на карьерах показал, что причиной их выхода из строя являются, как правило, механические повреждения, а не износ обложек вследствие истирания. При этом установлено, что долговечность лент можно повысить за счет повышения прочности на пробои и разрывы.

В этой связи Стомиль Белхатов в своих лентах применил защитные прокладки, сконструированные таким образом, чтобы у них была малая жесткость и большая прочность в направлении утка несущих прокладок. Таким способом обеспечивается хорошее взаимодействие прокладки с резиной обложки. Защитная прокладка, расположенная над каркасом резинотканевой ленты, дает максимальный эффект при ударе кусков породы непосредственно на ролик, а защитная прокладка, расположенная под каркасом – при ударе материала в ленту между роликами. Таким образом, лучше всего применять две защитные прокладки. Способность поглощения энергии лентой является всегда больше при ударе глыбы между роликами, чем непосредственно в ролик. Поэтому, если применяется только одна прокладка, она должна быть расположена над каркасом ленты.

Основные характеристики резинотканевых конвейерных лент приведены в таблице.1.1.

Таблица 1.1

Основные характеристики резинотканевых конвейерных лент

| Тип ленты/количество тканевых прокладок | Прочность ленты, кН/м | Стандартная толщина обкладок, мм | Толщина каркаса, мм | Вес каркаса, кг/м$^2$ | Вес ленты, кг/м$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 630/3 | 630 | 3+2 | 4.50 | 4.65 | 10.40 |
| 630/4 | 630 | 3+2 | 6.00 | 5.64 | 11.35 |
| 800/4 | 800 | 4+2 | 6.00 | 6.20 | 13.00 |
| 1000/4 | 1000 | 4+2 | 6.80 | 6.70 | 14.00 |
| 1000/5 | 1000 | 4+2 | 7.50 | 7.75 | 14.60 |
| 1250/4 | 1250 | 5+3 | 7.60 | 8.00 | 17.30 |

Продолжение табл. 1.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1400/4 | 1400 | 5+3 | 7.60 | 9.10 | 18.30 |
| 1600/4 | 1600 | 6+3 | 7.60 | 9.60 | 19.90 |
| 1600/5 | 1600 | 6+3 | 9.50 | 11.40 | 21.60 |
| 1800/4 | 1800 | 6+3 | 8.20 | 8.20 | 19.50 |
| 2000/4 | 2000 | 6+3 | 10.80 | 11.68 | 22.00 |
| 2000/5 | 2000 | 6+3 | 9.50 | 12.50 | 22.30 |
| 2500/5 | 2500 | 8+4 | 13.50 | 14.60 | 28.30 |
| 3150/5 | 3150 | 8+4 | 14.50 | 16.35 | 30.10 |
| 3500/5 | 3500 | 8+4 | 15.00 | 17.90 | 31.60 |

Применение конвейерных лент с высокопрочными каркасами из стальных канатов позволяет транспортировать материал на значительные расстояния и с очень большой производительностью.

Малое рабочее удлинение резинотросовой ленты (около 0.2%) дает возможность сокращения затрат на перевозку материалов за счет возможности проектирования и монтажа на месте длинных конвейеров.

Резинотросовые конвейерные ленты состоят из защитных резиновых обкладок и резинового борта. Силовым каркасом ленты является ряд параллельно уложенных оцинкованных металлических тросов, завулканизированных в резину.

Прочность ленты зависит от прочности стальных тросов и расстояния между ними. Эти величины являются нормированными.

Основные преимущества лент со стальными тросами (по сравнению с резинотканевыми лентами):

- большая прочность при меньших допустимых диаметрах барабанов;
- более низкое (примерно в 5 раз) упругостное удлинение, позволяющее монтировать длинные конвейеры с относительно короткими тяговыми путями;
- более низкое постоянное удлинение;
- возможность получения глубокого желоба (угол желоба 60-70 градусов);
- низкие расходы на консервацию и ремонт;
- большая прочность при коротких конвейерах;
- относительно легкое и экономически оправданное вос- становление, когда тросы не повреждены;
- вода, проникающая в стержень через повреждения обкладки, может распространяться только вдоль тросов, благодаря чему не происходит расслоение ленты, характерное для резинотканевых лент.

Для производства лент применяются стальные тросы из оцинкованной высокоуглеродистой стальной проволоки прочностью до 2200 МПа.

Завод производит ленты с тросами прочностью от 800 до 5400 кН/м и шириной от 800 до 2400 мм.

Основные характеристики резинотросовых лент приведены в табл.1.2.

Таблица 1.2

Основные характеристики резинотросовых конвейерных лент

| Тип ленты | СТ 1000 | СТ 1250 | СТ 1600 | СТ 2000 | СТ 2500 |
|---|---|---|---|---|---|
| Минимальная прочность ленты на разрыв, кН/м | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 |
| Диаметр троса, мм | 3,7-4,1 | 4,4-4,9 | 5,2-6,0 | 5,2-6,0 | 6,8-7,2 |
| Номинальное расстояние между тросами, ±1,5 мм | 12 | 14 | 15 | 12 | 15 |
| Минимальная толщина резиновых обкладок, мм | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Рекомендуемые толщины обкладок, мм | 5+5 | 5+5 | 8+8 | 8+8 | 8+8 |
| Толщина ленты, мм | 13,7 | 14,4 | 21,2 | 21,2 | 22,8 |
| Максимальная ширина ленты, мм | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 |

Продолжение табл. 1.2

| Тип ленты | СТ 1000 | СТ 1250 | СТ 1600 | СТ 2000 | СТ 2500 | Тип ленты |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Минимальная прочность ленты на разрыв, кН/м | 3150 | 3500 | 4000 | 4500 | 5000 | 5400 |
| Диаметр троса, мм | 7,6-8,1 | 8,2-8,6 | 8,8-8,9 | 9,6-9,7 | 10,6-10,9 | 11,2-11,3 |
| Номинальное расстояние между тросами, ±1,5 мм | 15 | 15 | 15 | 16 | 17 | 17 |
| Минимальная толщина резиновых обкладок, мм | 5,5 | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 | 8 |
| Рекомендуемые толщины обкладок, мм | 10+10 | 10+10 | 10+10 | 10+10 | 12+10 | 12+10 |
| Толщина ленты, мм | 27,6 | 28,2 | 28,8 | 29,6 | 32,6 | 33,2 |
| Максимальная ширина ленты, мм | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 |

## Конвейерные ленты «РТИ - КАУЧУК»

Завод «РТИ - КАУЧУК» (г.Москва) является крупнейшим производителем резинотехнических изделий в России. Значительную часть выпускаемой продукции завода занимают конвейерные ленты.

В ассортимент производства входят многопрокладочные и одно-двухпрокладочные конвейерные резинотканевые ленты с наружными резиновыми обкладками, применяемые для транспортирования насыпных, кусковых и штучных грузов, а также для перевозки людей по горным выработкам угольных шахт.

Появление высокопрочных полиэфир-полиамидных тканей с разрывной прочностью 800-1600 Н/мм (разработка ОАО «НИИТ», г. Ярославль) позволило ОАО «РТИ - КАУЧУК» изготавливать ленты с меньшим количеством тканевых прокладок при сохранении прочностных показателей (или даже превышающих их) самой ленты. Использование высокопрочных тканей в производстве конвейерных лент показало не только технологические преимущества малопрокладочной конструкции по сравнению с традиционной

многопрокладочной, но и позволило снизить вес и уменьшить толщину ленты при тех же производственных характеристиках. Параллельно была решена проблема, характерная для лент малопрокладочной конструкции, связанная с поперечной жесткостью ленты, а именно с ее лоткообразованием. Созданы новые конструкции одно - и двухпрокладочных конвейерных лент [19, 20].

Двухпрокладочная лента состоит из двух прочных синтетических прокладок (полиамидные или полиэфир-полиамид) ные нити) с дополнительным толстым промежуточным слоем прокладочной резины со специальными характеристиками. Тяговый каркас устойчив, имеет меньшее относительное удлинение, обладает достаточной жесткостью в продольном и поперечном направлениях и хорошо противостоит воздействиям ударных нагрузок.

В настоящее время наряду с традиционными конвейерными лентами выпускаются однопрокладочные прочностью до 1600 кН/м и двухпрокладочные – до 3200 кН/м. Эксплуатационные испытания двухпрокладочных лент показали превосходство лент новой конструкции над традиционными много прокладочными лентами [16].

## ЛЕКЦИЯ№ 2. Усовершенствованные методы стыковки конвейерных лент

### Стыковка резинотканевых лент

Эффективная работа конвейерных транспортных систем определяется, помимо качества используемого транспортерного полотна, прочностью его соединения при монтаже конвейерных комплексов или при ремонте лент. При этом прочность соединения зависит от технологии стыковки и используемых материалов.

S T O M I L B E L C H A T O V разработал технологию стыковки резинотканевых лент, обеспечивающую прочное соединение отрезков ленты в месте стыка (рис.1.1). Для стыковки ленты должны применяться вулканизацион-ные прессы с минимальным средним давлением на стыке в 1.2 МПа. В качестве материалов для проведения процесса стыковки (которые могут быть поставлены совместно с конвейерными лентами) используются: резина обкладочная, резина прослойная, раствор для очистки соединяемых поверхностей элементов стыка (толуон 80%, четырехлорэти-лен 10%, экстракционный бензин 10%), а также хлопчатобумажное полотно для разделения поверхностей стыка и нагревательных плит вулканизатора.

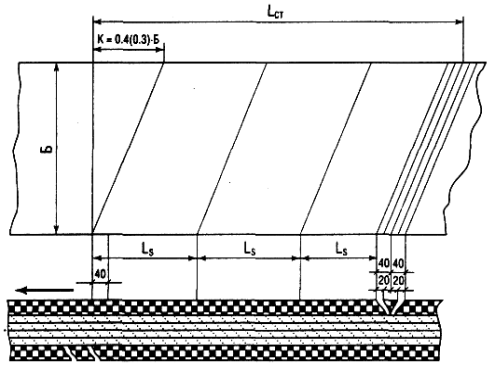



Рис.1.1. Схема стыковки резинотканевых лент

Длину стыка для резинотканевых лент при горячем и холодном способах вулканизации можно определить по формуле:

$$L_{cm} = K + (Z - 1) \cdot L_S , \qquad (1.1)$$

где $L_{ст}$ – длина соединения;

K – длина скоса;

K = 0.4 (0.3) Б (Б – ширина ленты);

Z – количество прокладок;

$L_s$ – длина ступени.

Длина ступенек стыка зависит от прочности тканевой прокладки и представлена в табл.1.3.

Таблица 1.3

Рекомендуемая длина ступенек стыка для резинотканевых лент

| Прочность тканевой прокладки (кН/м) | Длина ступени Ls (мм) для ширины | |
|---|---|---|
| | менее 1400 мм | более 1400 мм |
| до 150 | 150 | 200 |
| от 160 до 250 | 250 | 300 |
| от 250 до 315 | 350 | 400 |
| от 315 до 400 | 400 | 450 |
| от 500 до 630 | 450 | 500 |

Технология стыковки включает следующие операции:

- производится разметка длины скоса и длины ступени;
- снимается вдоль линии откоса 20 мм обкладки, резиновые обкладки косо отрезаются. Длина скоса должна составлять 0.4(0.3)Б. Это зависит от скоса вулканизационного пресса;
- в соответствии с намеченными ступенями срезаются прокладки;
- смазываются раствором поверхность прокладок и прослойкой резины, и накладывается прослойная резина на место стыка;
- осуществляется вулканизация.

Рекомендуемые параметры вулканизации представлены в табл.1.4

Таблица 1.4 Параметры вулканизации

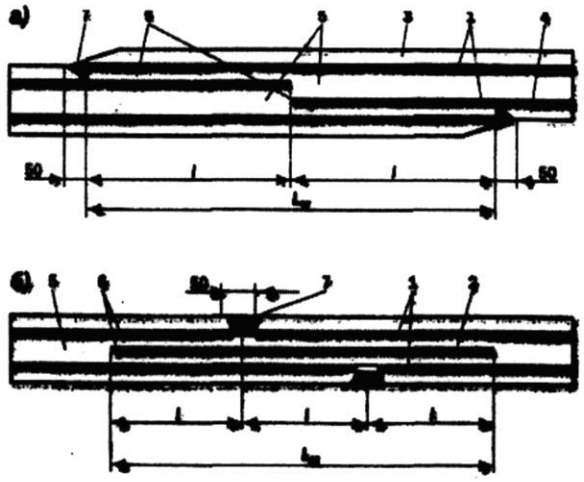
| Класс резины | W,X,Y,A,AA,T1 | K,R | ТГ | ТЗ |
|---|---|---|---|---|
| Температура вулканизации | 145±5$^0$С | 145±5$^0$С | 150±5$^0$С | 160±5$^0$С |
| Толщина ленты, мм | Время вулканизации, мин | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| 10 | 25 | 30 | 50 | 45 |
| 14 | 30 | 30 | 50 | 50 |
| 16 | 30 | 35 | 50 | 50 |
| 18 | 30 | 35 | 50 | 50 |
| 20 | 35 | 40 | 50 | 55 |
| 22 | 35 | 40 | 50 | 55 |
| 24 | 40 | 40 | 55 | 55 |
| 26 | 40 | 45 | 55 | 55 |
| 28 | 40 | 45 | 55 | 60 |
| 30 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| 32 | 45 | 50 | 60 | 60 |
| 34 | 45 | 50 | 60 | 60 |
| 36 | 50 | 55 | 60 | 60 |
| 38 | 50 | 55 | 60 | 60 |
| 40 | 55 | 60 | 65 | 65 |

Конвейерную ленту после стыковки можно эксплуатировать после охлаждения места стыка до температуры окружающей среды, но не ранее, чем через 2 часа после окончания вулканизации.

Трудоемкость стыковки двухпрокладочных лент значительно ниже многопрокладочных [16].

С т ы к о в к а  д в у х п р о к л а д о ч н ы х  л е н т з а в о д а «РТИ – КАУЧУК» не представляет больших сложностей – они легко и быстро соединяются с помощью механических соединителей (неразъемных или разъемных шарнирных), а также методом горячей или холодной вулканизации с укладкой промежуточной тканевой (арамид) или резиновой прокладки.

На рис.1.2 представлены некоторые варианты соединения двухпрокладочных лент методом горячей или холодной вулканизации. Там же в таблице представлена длина прямоугольного соединения в зависимости от прочности тканевой прокладки.



| Номинальная прочность ленты, Н/мм | Длина ступени, l, мм | Длина стыка, $L_{ст}$, мм |
|---|---|---|
| 400 (200/2) | 400 | 800 |
| 600 (300/2) | 450 | 900 |
| 800 (400/2) | 220 | 660 |
| 1200 (600/2) | 300 | 900 |
| 2500 (1250/2) | 650 | 1950 |

Рис. 1.2. Схемы стыковки двухпрокладочных лент:
а) ступенчатое соединение без промежуточной тканевой вставки;
б) стандартное соединение с промежуточной тканевой вставкой,

где

L ст - длина стыкового соединения, мм
1 - тканевые прокладки ленты
2 - промежуточная тканевая вставка, мм
3,4 - обкладки ленты
1 - длина ступени ,мм
5 - сквидж ленты
6 - резиновая прослойка
7 - резиновая полоса для заделки торцов стыка

Горячая вулканизация осуществляется серийными вулканизационными прессами, обеспечивающими равномерное давление порядка 0.8 - 1.0 МПа по рабочей поверхности стыка и температуру вулканизации $145 \pm 5^{o}$C. Необходимое время вулканизации ленты принимается в соответствии с графиком, представленным на рис.1.3.

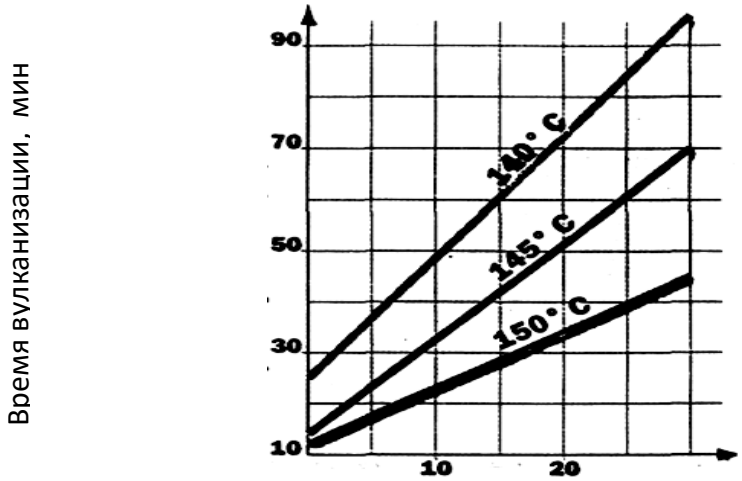



Рис. 2.3. Зависимость времени вулканизации от толщины ленты

## Стыковка резинотросовых лент

Технология стыковки резинотросовых лент (СТ), разработанная Stomil Belchatow, обеспечивает прочное соедине-ние отрезков ленты в месте стыка. Причем, для стыковки лент типа СТ и достижения ее высокой эффективности рекомендуется использовать фирменные материалы, которые могут быть поставлены совместно с конвейерными лентами:

- плиты (каркасная смесь/обкладочная смесь) для изготовления рабочей и нерабочей обкладок;
- междутросовые полоски (каркасная смесь) для стыковки тросов;
- заполняющие полоски (каркасная смесь) для заполнения междутросового пространства;
- замыкающие полоски (каркасная смесь) для обработки бортов ленты;
- резиновый клей для стыковки элементов каркаса ленты;
- раствор для очистки соединяемых поверхностей элементов стыка (толуон 80%, четыреххлорэтилен 10 %, экстракционный бензин 10 %);
- хлопчатобумажное полотно для разделения поверхностей стыка и нагревательных плит вулканизатора.

Разработанная технология стыковки резинотросовых лент предполагает их соединение только методом горячей вулканизации.

В зависимости от типа ленты и ее ширины соединение конвейерных лент со стальными тросами может быть одно-, двух- трех- и четырехступенчатое. Конструкция стыков представлена на рис.1.4. а параметры стыковки в табл .1.5.

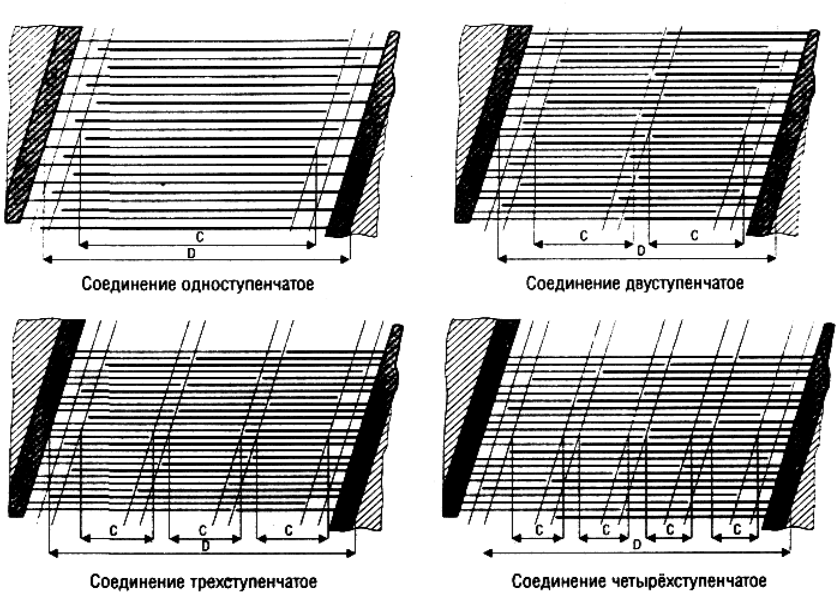



Рис.2.4.Соединение резиновых лент со стальными тросами

Технология стыковки включает следующие основные операции:

- настройка вулканизационного стенда;
- разметка длины скоса и длины ступени;
- центровка соединяемых концов лент и закрепление их на вулканизационном столе;
- проведение операций по обрезке рабочих обкладок резиновых бортов, каркасной резины между металлическими тросами и т.д.;
- подготовка поверхности контактов шлифовальной машиной и обработка их раствором для очистки соединяемых поверхностей;
- укладка нерабочих плит, покрытие их скосов резиновым клеем и склейка концов лент с нерабочей плитой;
- укладка стальных тросов по схеме соединения;
- наклейка замыкающих полосок по высоте поверхности тросов и заполнение свободного пространства между тросами заполняющими полосками;
- наложение рабочей плиты на тросы и соединение с обкладками ленты;
- вулканизация места стыковки.

Таблица 1.5

Параметры стыковки

| Тип ленты | СТ 800 | СТ 1000 | СТ 1250 | СТ 1500 | СТ 1600 | СТ 2000 | СТ 2500 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Количество ступеней | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Длина стыка (D), мм | 600 | 600 | 650 | 750 | 700 | 1150 | 1350 |
| Длина ступени (С), мм | 300 | 300 | 350 | 450 | 450 | 400 | 500 |

Продолжение табл. 1.5

| Тип ленты | СТ 3150 | СТ 3500 | СТ 4000 | СТ 4500 | СТ 5000 | СТ 5400 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Количествоступеней | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| Длина стыка (D), мм | 1650 | 2350 | 2650 | 2800 | 4050 | 4450 |
| Длина ступени (С), мм | 650 | 650 | 750 | 800 | 900 | 1000 |

## ЛЕКЦИЯ №3 Конвейерные ролики новых улучшенных конструкций

Анализ надежности различных узлов ленточных конвейеров на угольных шахтах, железорудных карьерах и других предприятиях показал, что конвейерные ролики, наряду с лентой, имеют наименьший ресурс и требуют наибольших затрат труда и денежных средств на замену, ремонт и обслуживание (30-40% и более эксплуатационных затрат), а общая их стоимость составляет 25-30% от стоимости конвейера.

Ресурс конвейерных роликов например, на шахтах ОАО «Воркутауголь» в узлах загрузки составляет от 0.5 до 1.0 года, а по ставу конвейера - от 0.7 до 2.5 лет, составляя в среднем 1.7 года. Расчетный срок службы среднего, наиболее нагруженного ролика, при ширине ленты 1200 мм принимается равным 35 тыс. ч, что в несколько раз больше фактического.

На некоторых конвейерных линиях большой протяженности число роликов достигает нескольких десятков тысяч. Ролики обновляются за время эксплуатации конвейера от 2 до 5 раз. Ежегодная общая потребность в роликах, например, для шахт ОАО «Воркутауголь» составляет 150 тыс. шт., однако удовлетворяется она всего на 30% из-за отсутствия необходимых денежных средств. Поэтому производственники вынуждены увеличивать шаг установки роликов в 2-3 раза, что, естественно, сказывается на ресурсе ленты и энергоемкости транспортного процесса.

Основными производителями конвейерных роликов для горнодобывающей промышленности являются Александровский и Кыштымский заводы. В последние годы, ввиду огромной потребности в роликах, эту продукцию освоили и стали выпускать другие предприятия, ранее не работавшие на горную промышленность, но обладающие хорошей машиностроительной базой и высококвалифицированными кадрами.

Одними из таких предприятий являются «Сибтензоприбора» (бывший Топкинский механический завод) и ОАО «Завод ПИРС»

Первые конструкции роликов «Сибтензоприбора» отличались простотой, и были вызваны требованием потребителей снизить цену. Простая конструкция, низкие и доступные цены привлекали потребителей, несмотря на невысокий эксплуатационный ресурс.

Новые и жесткие экономические условия выдвинули новые требования к техническим параметрам роликов, все чаще стали возникать вопросы о сроке службы ролика. С целью увеличения срока эксплуатации ролика были приняты технические решения по защите подшипникового узла ролика. Одним из главных требований при эксплуатации ролика является обеспечение защиты подшипника от внешних воздействий.

В новых конструкциях не применяются подшипники с защитными резинометаллическими уплотнениями, которые сами по себе не обеспечивали необходимого уровня защиты и при этом на 5-7 % увеличивали стоимость. Новые конструкции получили индекс II группы защиты, условно обозначающие уровень условий эксплуатации - средний (рис 1.5).

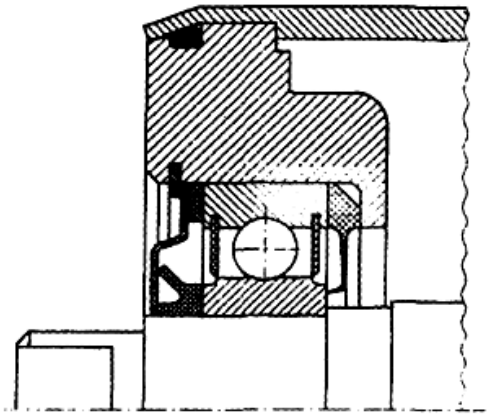


Рис. 1.5. Подшипниковый узел -II группа защиты

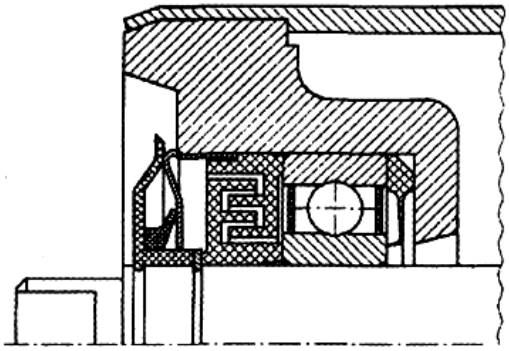


Рис. 1.6. Подшипниковый узел - III группа защиты

Анализ достижений ближних и дальних зарубежных производителей позволил выявить наиболее перспективную конструкцию подшипникового узла III группы защиты - для тяжелых условий (рис 1.6).

Ролики, изготовляемые ОАО «Завод ПИРС» имеют следующие отличительные особенности:

- собственный оригинальный подшипниковый узел;
- замкнутый автономный внутренний объем;
- специально рассчитанное лабиринтное уплотнение. Соединение обечайки ролика и корпуса подшипникового узла может быть как в сварном, так и в вальцованном исполнении.

Корпус подшипникового узла штампованный из стального листа, вследст-

вие чего он, по сравнению с литым корпусом, имеет меньший вес. Подшипниковый узел состоит из (рис.1.7):

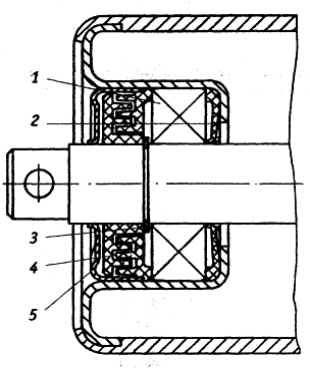



Рис.1.7. Конструкция ролика, изготавливаемого в ОАО «Завод ПИРС»

1-подшипника по ГОСТ 8338-75 или по требованию заказчика по ГОСТ 7242-81;

2-задней уплотнительной шайбы или одноканального лабиринта, который ставится за подшипник;

3-стопорного кольца по ГОСТ 13942-86;

4-наружного трехканального лабиринта, изготовленного из сополимера полиэтилена и полипропилена, температурные границы использования которого от -50 до +50°С.

5-кожуха защитного.

Сочетание вышеперечисленных особенностей позволило создать высоконадежную конструкцию ролика с замкнутым автономным внутренним объемом, не зависящим от условий внешний среды и мест эксплуатации. Ролики, выпущенные ОАО «Завод ПИРС», не требуют ухода, дополнительной смазки и ремонта в течении всего срока эксплуатации, что выгодно отличает их от роликов других производителей.

Оригинальная конструкция подшипникового узла обеспечивает защиту лабиринтного уплотнения и самого подшипника при возникновении таких аварийных ситуаций, когда температура наружной поверхности ролика повышается до 200-250°С. В этом случае температура в подшипниковом узле не превышает допустимых в эксплуатации величин 140°С.

Так как в конструкции использован оригинальный подшипниковый узел с лабиринтным уплотнением, обеспечивающим герметичность внутрироликового пространства, срок эксплуатации роликов составляет 36 месяцев и более.

С 2000г. конструкция ролика модернизирована: на наружный лабиринт ставится защитный кожух, обеспечивающий дополнительную надежную защиту подшипникового узла от механических повреждений и попадания абразивов.

## ЛЕКЦИЯ №4. Специальные типы приводов ленточных конвейеров и их теория

С увеличением угла обхвата $\alpha$ при том же натяжении набегающей или сбегающей ветви тяговая сила $W_0$ может возрастать.

Угол обхвата на однобарабанном приводе по схеме 1 (рис.1.8) составляет 220 - 230°, а по схеме 2 — от 270° до 290°. На двухбарабанном приводе без выносной головки по схеме 3 угол обхвата, равен сумме $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ и составляет около 350°, с выносной головкой по схеме 4 — около 480°.

Для увеличения прижатия ленты к приводному барабану, а следовательно, и увеличения силы трения между ними служат прижимные ролики, прижимаемые пружинами (схемы 5 и 6), либо короткая вспомогательная прижимная лента, натягиваемая грузом или винтами (схема 7). Прижимной может служить конвейерная лента, передающая прижимную силу через батарею роликов (привод системы Эйкгофф) – схема 8. Приведем теорию приводов этих систем.

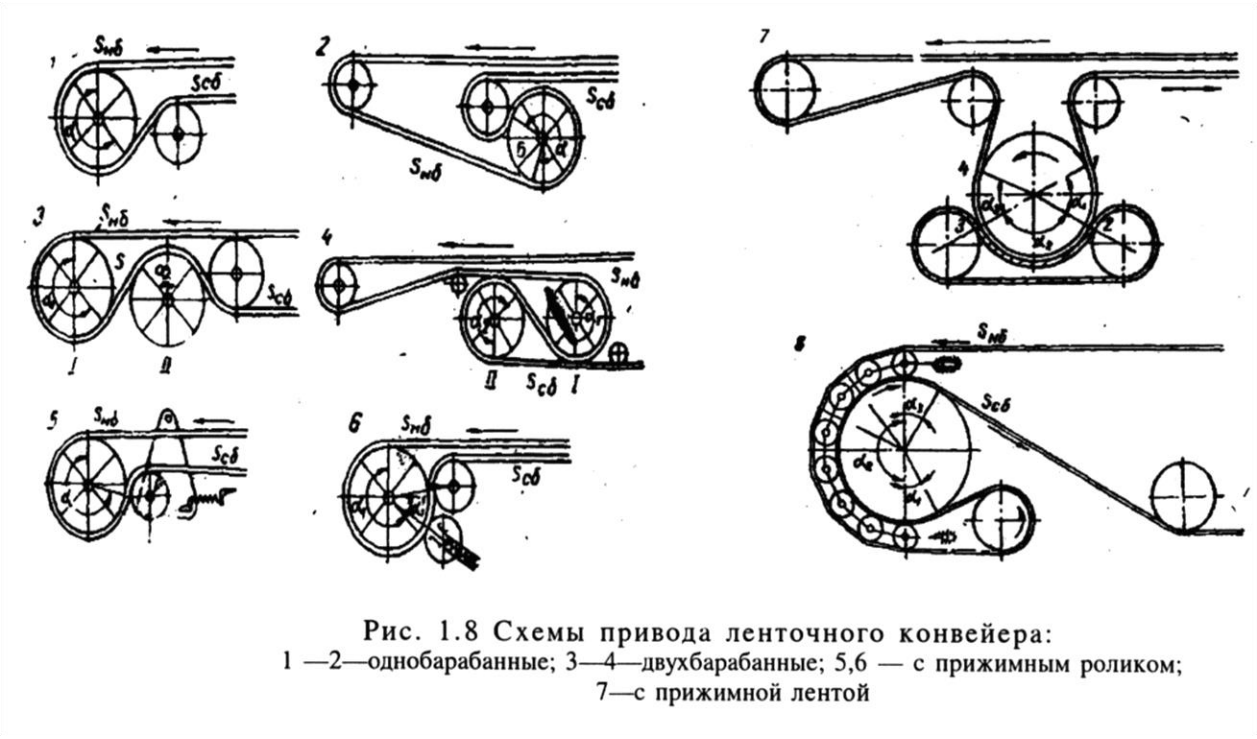


Рис. 1.8 Схемы привода ленточного конвейера:
1 —2—однобарабанные; 3—4—двухбарабанные; 5,6 — с прижимным роликом;
7—с прижимной лентой

Привод с прижимным роликом. В приводе по схеме 5 на рис.1.8 сила Р,. прижимающая ролик к приводному барабану, равна разности давления пружин и отжимающей силы натяжения ленты. При этом прижимной ролик является одновременно отклоняющим и сила Р действует в точке сбегания ленты с барабана.

Во втором случае (схема 6) прижимной ролик выполнен отдельно от отклоняющего и создает прижимающее усилие в промежуточной точке дуги обхвата.

Для уменьшения удельного давления на ленте в месте прижатия ролика его всегда покрывают толстым слоем особо эластичной технической резины.

Давление ролика с сосредоточенной силой Р создает силу трения между лентой и барабаном $\mathrm{P}\mu$. Поэтому для схемы 5 при тяговой силе, равной полной силе трения

$$S_{нб} = (S_{сб} + P\mu)\cdot \ell^{\mu\alpha}; \qquad (1.2)$$

$$W_0 = S\,\text{нб} - S\,\text{сб} = (S\,\text{сб} + \mathrm{P}\mu)\cdot \ell^{\mu\alpha} - Sсб = \\ = S\,\text{сб}(\ell^{\mu\alpha} - 1) + \mathrm{P}\mu\cdot \ell^{\mu\alpha} \qquad (1.3)$$

или:

$$W_0 = S\,\text{нб} - S\,\text{сб} = S\,\text{нб} - \frac{S\,\text{нб} - \mathrm{P}\mu\cdot \ell^{\mu\alpha}}{\ell^{\mu\alpha}} = S\,\text{нб} - \frac{S\,\text{нб}}{\ell^{\mu\alpha}} + \mathrm{P}\mu =$$

$$= S\,\text{нб}\left(1 - \frac{1}{\ell^{\mu\alpha}}\right) + \mathrm{P}\mu = S\,\text{нб}\left(\frac{\ell^{\mu\alpha} - 1}{\ell^{\mu\alpha}}\right) + \mathrm{P}\mu. \qquad (1.4)$$

Из уравнения (1.4) находим $S\,\text{нб}$:

$$S\,\text{нб} = \frac{W_0 - \mathrm{P}\mu}{\frac{\ell^{\mu\alpha} - 1}{\ell^{\mu\alpha}}} = \frac{(W_0 - \mathrm{P}\mu)\cdot \ell^{\mu\alpha}}{\ell^{\mu\alpha} - 1} =$$

$$= W_0 \cdot \frac{\ell^{\mu\alpha}}{\ell^{\mu\alpha} - 1} - \mathrm{P}\mu \cdot \frac{\ell^{\mu\alpha}}{\ell^{\mu\alpha} - 1} \cdot \qquad (1.5)$$

В целях сравнения приведем соответствующие параметры для обычного привода ленточного конвейера:

$$W_0 = S\,\text{нб} - S\,\text{сб} = S\,\text{сб}(\ell\mu\alpha - 1) = S\,\text{нб}\,\frac{\ell^{\mu\alpha} - 1}{\ell^{\mu\alpha}}, \qquad (1.6)$$

откуда

$$S\,\text{нб} = W_0 \cdot \frac{\ell^{\mu\alpha}}{\ell^{\mu\alpha} - 1}. \qquad (1.7)$$

Если сравнить выражения (1.4) и (1.5) с выражениями (1.6) и (1.7) для обычного привода, то оказывается, что при наличии прижимного ролика при том же $S\,\text{нб}$ тяговое усилие $W_0$ получается на величину $\mathrm{P}\mu$ больше, а при том же тяговом усилии $S\,\text{нб}$ на величину $\mathrm{P}\mu\cdot\frac{\ell^{\mu\alpha}}{\ell^{\mu\alpha} - 1}$ меньше, чем при отсутствии прижимного ролика.

Для промежуточного положения прижимного ролика (схема 6) тяговая сила находится из выражений:

$$S\,\text{нб} = (S\,\text{сб}\ \ell^{\mu\alpha'_1} + \mathrm{P}\mu)\cdot \ell^{\mu\alpha_1} = S\,\text{сб}\,\ell^{\mu\alpha} + \mathrm{P}\mu\,\ell^{\mu\alpha_1}; \quad (1.8)$$

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб} = S_{сб}\left(e^{\mu\alpha} - 1\right) + P_{\mu} \cdot e^{\mu\alpha_1} \qquad (1.9)$$

или

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб} = S_{нб} - \frac{S_{нб} - P_{\mu} \cdot e^{\mu\alpha_1}}{e^{\mu\alpha}} =$$

$$= S_{нб} - \frac{S_{нб}}{e^{\mu\alpha}} + \frac{P_{\mu} \cdot e^{\mu\alpha_1}}{e^{\mu\alpha}} =$$

$$= S_{нб}\left(1 - \frac{1}{e^{\mu\alpha}}\right) + \frac{P_{\mu}}{\frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha_1}}} = S_{нб}\frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha}} + \frac{P_{\mu}}{e^{\mu\alpha_1^{э}}}, \qquad (1.10)$$

т.е. при тех же $S_{нб}$ и P возрастание тяговой силы $W_0$ получается меньшим, чем в предыдущем случае, и притом уменьшается с возрастанием отмеряемого от точки сбегания угла $\alpha_1'$

Поэтому чем ближе расположен прижимной ролик к точке сбегания ленты, тем выше эффективность его действия. Однако некоторым преимуществом этой схемы перед схемой 5 является отсутствие действия отжимающей силы на прижимной ролик пружин. т.е. тяговая сила может быть тем больше, чем меньше угол.

П р и в о д с п р и ж и м н о й л е н т о й. Если на приводе с прижимной лентой, как показано на схеме 7 (рис.1.8), углы обхвата барабана обеими лентами равны, то, полагая натяжение прижимной ленты $S_a$ одинаковым на всех участках ее, имеем, что суммарная сила натяжения обеих лент на набегающей ветви равна $S_{нб} + S_a$, а на сбегающей $S_{сб} + S_a$.

Величиной этих суммарных сил определяется передава-емое окружное усилие, следовательно, Эйлерово уравнение:

$$S_{нб} = S_{сб} \cdot e^{\mu\alpha} \qquad (1.11)$$

получает в данном случае вид:

$$S_{нб} + S_{\alpha} = \left(S_{сб} + S_{\alpha}\right) \cdot e^{\mu\alpha}, \qquad (1.12)$$

откуда

$$S_{нб} = S_{сб}\, e^{\mu\alpha} + S_{\alpha}\left(e^{\mu\alpha} - 1\right). \qquad (1.13)$$

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб} = \left(S_{сб} + S_{\alpha}\right) \cdot \left(e^{\mu\alpha} - 1\right) =$$

$$= \left(S_{нб} + S_{\alpha}\right) \cdot \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha}}, \qquad (1.14)$$

отсюда

$$S_{нб} = \frac{W_0 - S_a \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha}}}{e^{\mu\alpha} - 1} = W_0 \cdot \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1} - S_a \ . \qquad (1.15)$$

(i)

Если сравнить уравнения (1.14 и (1.15) с уравнениями (1.6) и (1.7), то оказывается, что при наличии прижимной ленты $W_0$ при том же $S$нб получается на $S_a(\ell^{\mu\alpha}-1)/\ell^{\mu\alpha}$ больше, а $S_{нб}$ при том же $W_0$ — на величину $S_a$ меньше, чем при отсутствии прижимной ленты. Ввиду некоторой громоздкости такие приводы применяются только на стационарных установках.

Выражение (1.12) может быть получено на основании общей теории трения гибких тел из следующего.

Отсечем в какой-либо точке на дуге обхвата элементарный угол $d\alpha$ (рис. 1.9). При вращении барабана в направлении, указанном стрелкой, на соответственный отрезок конвейерной ленты действует справа сила $S$ и слева $-S+dS$, причем приращение натяжения конвейерной ленты $dS$ равно силе трения этой ленты о барабан на дуге угла $d\alpha$. На отрезок прижимной ленты, находящейся под постоянным натяжением действует сила $Sa$ слева и справа.

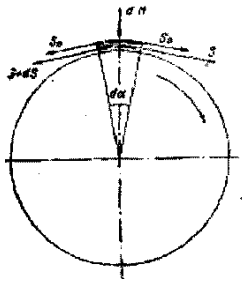


Рис.1.9 К теории привода с прижимной лентой

Проектируя на вертикаль все силы, действующие на отрезке обеих лент, пренебрегая бесконечно - малыми второго порядка и полагая

$$Sin\frac{d\alpha}{2}=\frac{d\alpha}{2}$$

находим силу прижатия

$$dN=(2S+dS+2S_a)\cdot Sin\frac{d\alpha}{2}\cong$$

$$\cong(S+S\alpha)\cdot 2Sin\frac{d\alpha}{2}=(S+Sa)\cdot d\alpha, \qquad (1.16)$$

отсюда $\mu dN=dS=(S+Sa)\cdot\mu\cdot d\alpha$ (1.17)

или $$\frac{dS}{S+S_a}=\mu\cdot d\alpha\,. \qquad (1.18)$$

Интегрируя по дуге обхвата $\alpha$ для случая полного использования тяговой силы находим

$$\int_{S_{сб}}^{S_{нб}}\frac{dS}{S+S_a}=\int_0^a\mu\cdot d\,\alpha\,; \qquad (1.19)$$

$$In\,(S_{нб} + S_a) - In \cdot (S_{сб} + S_a) = \mu\,\alpha; \qquad (1.20)$$

$$\frac{S_{нб} + S_a}{S_{сб} + S_a} = \ell^{\mu\alpha}. \qquad (1.21)$$

При $Sa = 0$ предыдущее выражение обращается и известную формулу Эйлера (1.11).

Полагая натяжение прижимной ленты $S_\alpha$ одинаковым на всех ее участках, имеем:

$$S_1 = S_{сб}\ ; \qquad (1.22)$$

$$S_2 = S_1 \cdot \ell^{\mu\alpha_1}\ ; \qquad (1.23)$$

$$S_3 + S_\alpha = (S_2 + S_\alpha) \cdot \ell^{\mu\alpha_2}; \qquad (1.24)$$

$$S_3 = S_2 \ell^{\mu\,\alpha_2} \cdot Sa\left(\ell^{\mu\,\alpha_2} - 1\right); \qquad (1.25)$$

$$S_4 = S_3\,\ell^{\mu\alpha}{}_3 = S_1\,\ell^{\mu\alpha} + S\,a\,(\ell^{\mu\alpha}{}_2 - 1)\,\ell^{\mu\alpha}{}_3 = S\,нб\,. \qquad (1.26)$$

Для однобарабанного привода с прижимной лентой тяговое усилие будет равно:

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб} = S_{сб} \cdot (\ell^{\mu\alpha_1} - 1) + S_\alpha\left(\ell^{\mu\alpha_2} - 1\right) \cdot \ell^{\mu\alpha_2}. \qquad (1.27)$$

При $\alpha_2 = \alpha_3 \quad \alpha_1 = \alpha_3 = 0$

$$W_0 = (S_{сб} + S_\alpha)(\ell^{\mu\alpha} - 1). \qquad . \qquad (1.28)$$

Привод с прижимной конвейерной лентой ( схема 8 ).

Для привода с прижимной конвейерной лентой тяговое усилие

$$W_0 = Sнб - Sсб = S\,сб\left(\frac{\ell^{\mu\alpha}}{1 + \ell^{\mu\alpha_3} - \ell^{\mu\alpha_1}} - 1\right), \qquad (1.29)$$

а отношение

$$\frac{Sнб}{Sсб} = \frac{\ell^{\mu\alpha}}{1 + \ell^{\mu\alpha_3} - \ell^{\mu\alpha_1}}\ . \qquad (1.30)$$

Величина этого о Величина этого отношения приближается к бесконечности,

когда когда $\ell^{\mu\alpha_1} \to 1 + \ell^{\mu\alpha_3}$ . Отношение $\frac{Sнб}{Sсб} = \infty$

указывает на то, что минимальное усилие $S_{сб}$ обуславливает бесконечно большое ле бесконечно большое усилие ленты

$S_{нб}$ . Поэтому скольжение ленты на приводном барабане становится невозможным , т.е. система является «самозатягивающейся». Таким образом, без опасности проскальзывания может быть достигнуто любое, ограничиваемое только прочностью ленты тяговое усилие $S_{нб}$ при минимальном усилии. Для натяжения холостой ветви при таком приводе достаточно незначительного усилия.

## Специальные типы ленточных конвейеров

К специальным типам ленточных конвейеров относятся конвейеры для больших углов наклона (крутонаклонные конвейеры), ленточно-канатные и ленточно-цепные конвейеры, в том числе конвейеры с изогнутой продольной осью (со складчатой лентой) с минимальным радиусом изгиба в горизонтальной плоскости - 10 м.

а). Конвейеры для больших углов наклона

Известно, что обычные ленточные конвейеры с гладкой прорезиненной лентой могут транспортировать насыпной груз при углах наклона до $18^0$ .

Для повышения угла наклона конвейеров применяют ленты с гофрированными бортами из мягкой резины и с привулканизированными поперечными ребрами или ленты с привулканизированными парными перепонками, смыкающимися при принятии лентой лотковой формы на наклонных опорных роликах, допускающие углы наклона до $20\text{-}30^0$; ленты с повышенной лотковостью за счет установки боковых опорных роликов с углами наклона до $100^0\text{-}110^0$ , допускающей угол наклона конвейера до $25^0$; обычные ленточные конвейеры с дополнительной прижимной лентой для удержания насыпного груза – до $35 - 40^0$; система Flexowell – Pocketlift для крутонаклонной и вертикальной транспортировки насыпных грузов.

В связи со сложностью поддержания обратной ветви, ленты первой группы (ребристые) применяются на практике в ограниченном количестве.

Конвейерная система Flexowell – Pocketlift (рис 1.10) разработана специально для крутонаклонной и вертикальной транспортировки насыпных грузов на высоту до 400м с горизонтальными или наклонными секциями загрузки и разгрузки.

Две металлотросовые ленты, левая и правая, ширина установки которых сравнима со свободной поперечной шириной лент Flexowell, соединяются между собой мощными поперечинами треугольного сечения. Обе ленты при этом выполняют только силовую функцию.

Транспортируемый материал подается в ковши, прикрепленные болтами к стальным усиленным поперечинам. Эти поперечины выполняют также и направляющую функцию, что придает конструкции жесткость и устраняет возможность перекоса.

Форма ковшей позволяет обойтись без шарнирных соединений. В ковшах осуществляется транспортировка материала с производительностью до 1200 $м^3$/час (в стадии разработки находятся системы с производительностью до 6000 $м^3$/час). Внедрение этих систем позволяет открывать новые возможности

в открытой и подземной разработке месторождений полезных ископаемых, разработке карьеров и проходке тоннелей.

О крутонаклонных конвейерах с прижимной лентой подробнее остановимся ниже ( п 2.1.1).

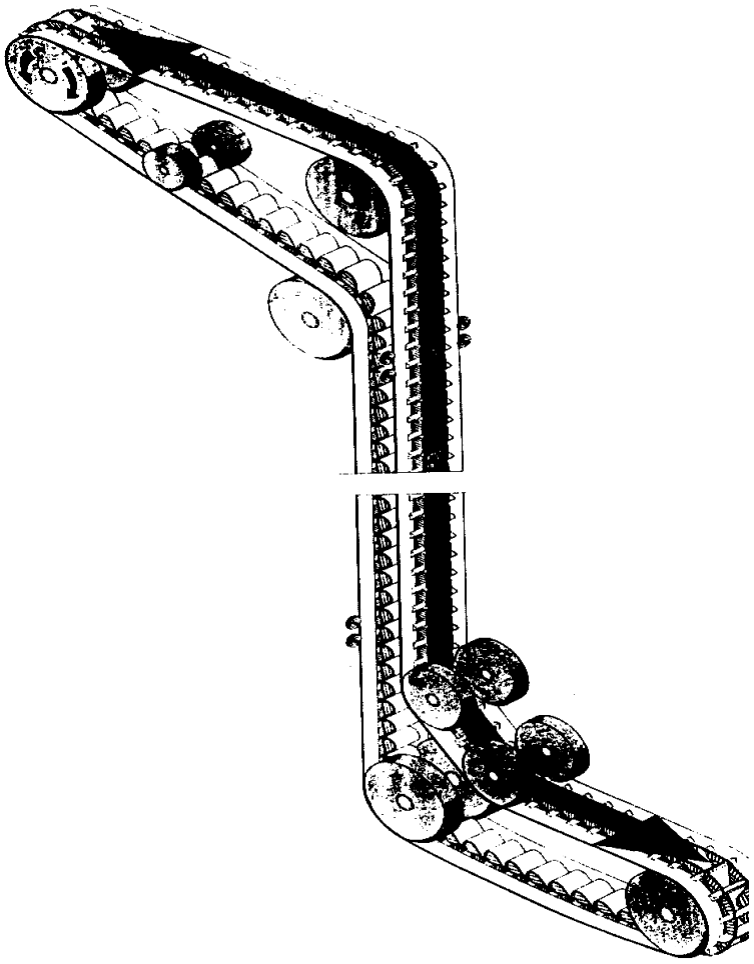


Рис 1.10. Конвейерная система
Flexowell – Pocketlift

б). Ленточно - канатные конвейеры

Для горной промышленности на современном этапе характерно строительство крупных шахт и карьеров с большими грузопотоками, для которых целесообразно применять конвейеры даже при значительных расстояниях транспортирования. В связи с этим возрастает потребность в конвейерах большой длины с лентами высокой прочности.

Специальные конструкции лент (например, с основой из стальных тросов) весьма дороги; кроме того, в них сочетаются относительно малопрочный резиновый покров и долговечная основа из стальных канатов. Поэтому, наряду с разработкой мощных ленточных конвейеров на базе высокопрочных лент, возникла необходимость создания ленточных конвейеров с разделением функций между тяговым и несущим органами с тем, чтобы использовать в

конвейере относительно дешевые и доступные тяговые органы (канаты и цепи) в сочетании с легкой несущей поверхностью - прорезиненной лентой с небольшим числом прокладок.

Достоинства стальных канатов как тяговых органов (высокая прочность, небольшой вес, сравнительно низкая стоимость) постоянно привлекают внимание констру-кторов, проектирующих горные транспортные машины.

Предложено много конструкций ленточно-канатных конвейеров, которые по способу соединения ленты с канатом разделяют: а) с глухим соединением (зажимы, муфты, гильзы); б) с управляемыми захватами, отключающими канат от ленты при подходе к приводной и натяжной станциям и включающими после схода каната с них; в) с лентой, свободно лежащей на канатах, приводимой в движение трением.

Каждой из указанных групп конвейеров свойственны некоторые черты. Так, например, в конвейерах первой группы лента и канаты должны иметь общее натяжное устройство, что при разной вытяжке ленты и каната затрудняет их эксплуатацию; кроме того, узлы крепления образуют на канате выступы, которые усложняют конструкцию ведущих шкивов. Предложенные конвейеры с управляемыми захватами имеют сложную конструкцию и не получили практического применения.

Наиболее многочисленную группу составляют конвейеры с лентой, свободно лежащей на канатах и приводимой в движение силой трения о канат. На рис.1.11 показаны две схемы ленточно - канатных конвейеров с лентой, опирающейся на одну или несколько ветвей каната. В конвейерах первого типа (рис. 1.11,а) на канаты передается весь вес ленты и груза, а в конвейерах второго типа (рис. 1.11, *б)* только часть веса, поэтому в них для увеличения силы трения к ленте прикреплены башмаки с клиновидным желобом.

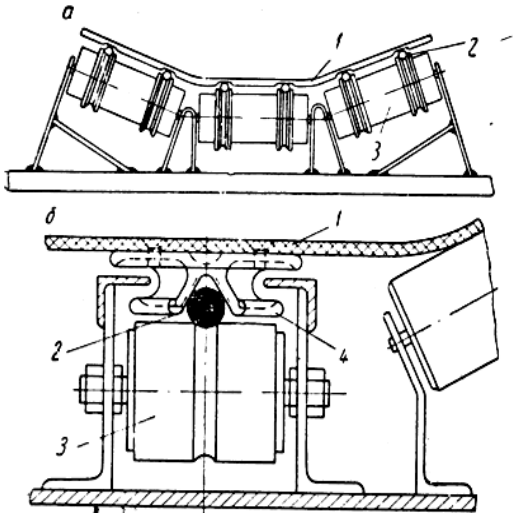



Рис. 1.11.Схемы ленточно - канатных конвейеров с обычной прорезиненной лентой: а - многоканатный; б – одноканатный; 1- лента; *2* - канат; 3 - опорный ролик; 4 - башмак.

Широкое практическое применение получили конвейеры, в которых канаты образуют два параллельных, замкнутых в вертикальной плоскости

контура, а лента специальной конструкции с утолщенными кромками, которые имеют продольные канавки, опирается на канаты.

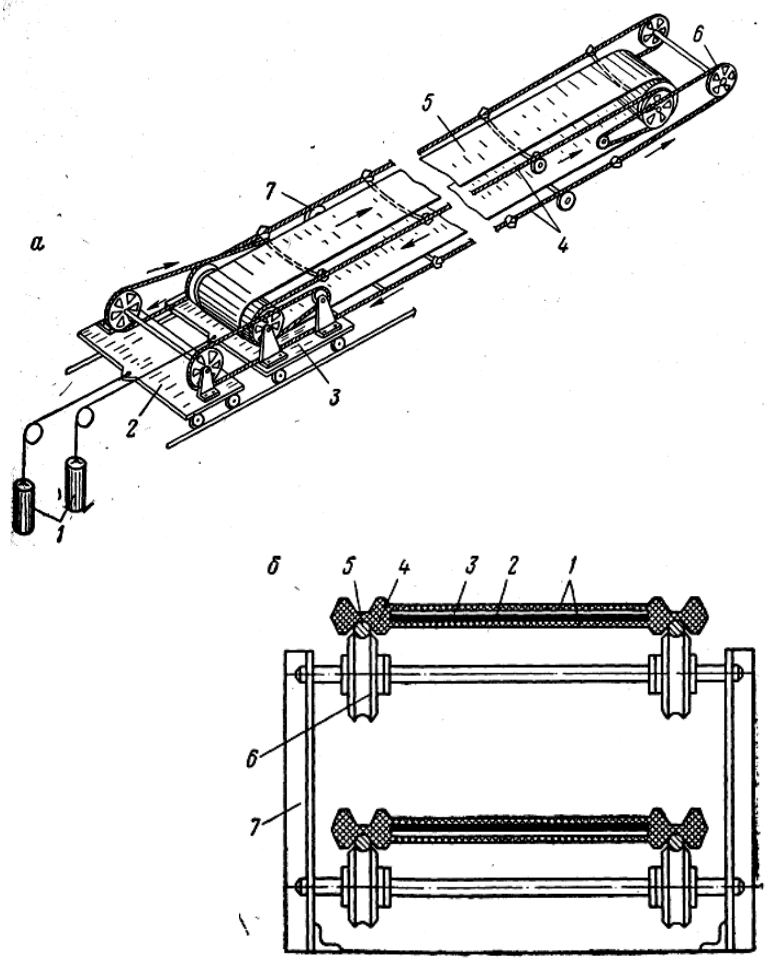



Рис.1.12. Ленточно-канатный конвейер;
а-общая схема; б-поперечное сечение

Такой конвейер (рис. 1.12, а) состоит из ленты 5, канатов 4, приводного устройства 6, натяжных тележек 2, 3, натяжных грузов 1 и поддерживающих конструкций 7. Функцию грузонесущего органа выполняет лента, тягового – канат.

Лента имеет обкладки 1 (рис.1.12, б), тканевые прокладки 2 и металлические полосы 3, заделываемые в ленту на расстоянии около 0,5 м для создания поперечной жесткости. Утолщенными частями 4 лента опирается на канаты 5, поддерживаемые роликами 6, которые укрепляются на стойках 7. Канаты имеет диаметр до 35 мм.

Натяжное устройство, обособленное для канатов и для ленты. В качестве натяжных устройств используются грузовые или автоматические натяжные станции. Поддерживающие конструкции представляют собой ряд стоек 7 (рис.1.12, б) с укрепленными на них поддерживающими шкивами для верхней и нижней ветви каната.

Производительность до 300 - 400 т/ч; угол наклона (по условию сцепления ленты с канатом) до $12^0$.

О применении канатно – ленточных конвейеров см. также

п 2.2.

в). Ленточно - цепные конвейеры

Схема ленточно-цепного конвейера аналогична схеме ленточно-канатного, но вместо канатов тяговым органом у них является одна или две цепи. Положительное свойство цепей - возможность использовать звездочки малого диаметра, что позволяет иметь компактный привод, а также более удобное крепление к цепи соединительных деталей. Кроме того, использование цепей позволяет легко устанавливать промежуточные приводы.

Движение ленте передается либо трением (рис 1.13, а), либо механическими (рис 1.13, б). Цепи применяют как пластинчатые, так и круглозвенные. Число прокладок в ленте определяется требованиями не механической прочности, а жесткости продольном и поперечном направлениях и составляет две-три. Приводные станции аналогичны станциям пластинчатого конвейера. На концевых станциях кроме звездочек монтируют барабаны, свободно огибаемые лентой. При жестком креплении ленты к цепям применяют единое натяжное устройство для цепи и ленты. При сцеплении ленты с цепью трением (со свободно лежащей лентой – 1,13, а) применяют обособленные натяжные устройства для ленты и цепи.

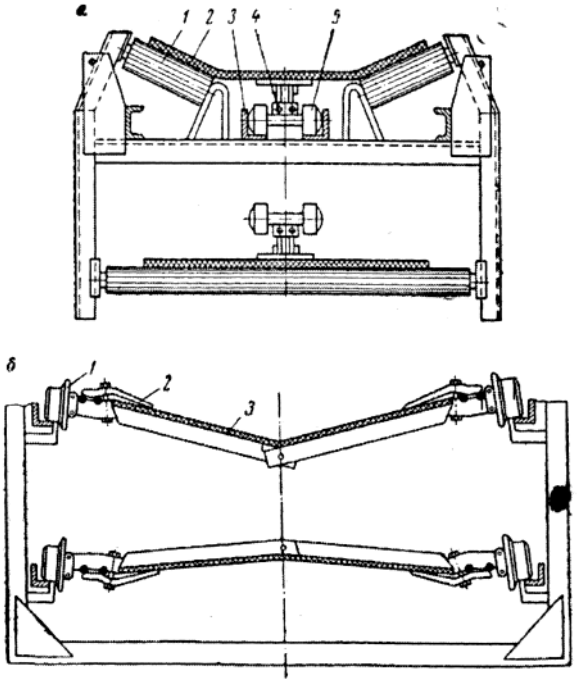



Рис.1.13. Ленточно - цепные конвейеры:
а - сечение конвейера со свободно лежащей лентой;
1 - роликоопора; 2 - лента;
3 - направляющая; 4 - цепь;
5 - ходовые ролики несущей тележки;
6 - сечение конвейера с жестким креплением ленты к цепи;
1 - цепь с роликами; 2 - зажимы; 3 - лента.

В конвейере со свободно лежащей лентой на рабочей ветви лента 2 частично опирается на боковые ролики 1, а основная часть веса ленты и груза приходится на тарельчатые пластины, укрепленные на тяговой цепи 4. Цепь выполнена с ходовыми роликами 5, движущимися по направляющим 3.

Порожняя ветвь поддерживается опорными роликами, а цепь опирается на ленту. Тяговое усилие передается пластинами трением по всей длине ленты. Для увеличения силы трения пластины футеруют резиной.

Производительность до 200 - 500 т/ч. Длина одной установки практически не ограничена (за счет применения промежуточных приводов). Угол наклона при обычных лентах 10 - $18^0$, для лент специальных типов (гофрированных) до 35-$40^0$. При жестком креплении гофрированной ленты к цепи конвейер может изгибаться в горизонтальной плоскости.

# ЛЕКЦИЯ №5. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТОК

## Специальные конструкции транспортных средств для подъема груза из глубоких карьеров

### Крутонаклонные конвейеры с прижимной лентой

При циклично – поточной технологии одним из возможных и перспективных направлений развития конвейерного транспорта на горных предприятиях является использование в конвейерных линиях крутонаклонных конвейеров (КНК) с прижимной лентой.

Работоспособность и экономичность КНК доказана в настоящее время длительным опытом эксплуатации этих конвейеров при транспортировании различных грузов: угля, медных и железных руд, известняка, фосфатов, клинкера и других, прежде всего — на предприятиях США и других зарубежных стран. Перспективность применения КНК в ЦПТ на горных предприятиях стран СНГ обоснована технико-экономическими показателями и технологическими проектными проработками многих авторитетных коллективов специалистов. Однако перспективы внедрения и применения КНК на горных предприятиях определяются также надежностью и качеством технических решений, реализованных при разработке и производстве КНК.

Принципиальная схема КНК показана на рис. 2.1. Загрузка конвейера производится через стандартное устройство 5 на слабонаклонном или горизонтальном участке грузонесущего контура. Грузонесущая лента 1 транспортирует груз до переходного участка 6, где груз прижимается сверху прижимной лентой 2. На крутона клонном участке 7 груз между лентами дополнительно зажима -ется специальными прижимными устройствами *3*. На заданной высоте подъема прижимная лента снимается и груз перегружается на другое устройство. По сути, крутонаклонный конвейер с прижимной лентой состоит из двух стандартных конвейеров, образующих два ленточных контура. Приводы *4* имеются на обоих контурах и устанавливаются у разгрузочного участка *8*. Два стандартных привода двух ленточных контуров дают возможность создания мощных КНК высокой производительности.

Известно большое число научных и проектных работ по созданию КНК с прижимной лентой и попыток его воплощения в металле. Отметим в качестве примеров некоторые из них.

УкрНИИпроектом был создан конвейер 2КЛК-2 с прижимной лентой и прижимными катками производитель-ностью 250 т/ч. Он успешно работал на шахте № 5 «Великомостовская», транспортируя уголь на склад (на поверхности). Допустимая крупность кусков составляла 200 мм.

Фирма Krupp создала крутонаклонный конвейер для перемещения угля производительностью 1200 т/ч, с лентой шириной 1000 мм и скоростью движения 4 м/с. Такого типа конвейер производительностью 7000 т/ч при

ширине ленты 2600 мм и скорости ее движения 5 м/с был установлен под углом 36° на приемной стреле роторного экскаватора той же фирмы.

Однако до последнего времени единственным успешным

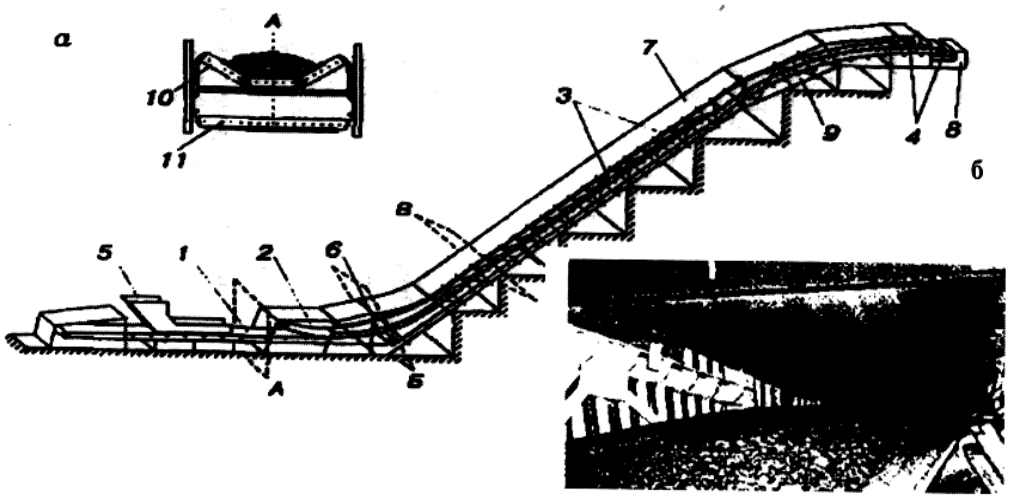



Рис.2.1. Принципиальная схема крутонаклонного конвейера с прижимной лентой (а) и участок наложения прижимной ленты на груз (б):
1,2 — грузонесущая и прижимная ленты; 3 — прижимные устройства; 4 — приводные устройства; 5 - загрузочное устройство; 6,9 — нижний и верхний переходные участки; 7,8 — крутонаклонный и разгрузочный участки; 10, 11 — грузонесущие и порожние роликоопоры;

производителем КНК с прижимной лентой различных конфигураций была фирма Continental Conveyor & Equipment Company (Винфилд, шт. Алабама, США). По информации фирмы, с 1984 по 2001 г. включительно было изготовлено более 100 конвейеров для подъема различных грузов.

Угол транспортирования изменяется от 30 до 90°, причем вертикально работает около 30 % конвейеров. Скорость движения лент - до 5,3 м/с. ширина лент - до 2134 мм. Конвейеры имеют широкий диапазон производитель-ности - от нескольких десятков до 4250 т/ч. Фирма считает возможным создать конвейер производительностью до 15000 т/ч с шириной лент до 3 м.

В таблице 2.1 приведены характеристики наиболее производительных и мощных КНК с прижимной лентой для карьеров.

У конвейера, эксплуатировавшегося длительное время на медном руднике Majdanpek (Югославия), фактическая средняя ежегодная производительность за 1993-1995 гг. составила свыше 5 млн. т. [26]. По результатам эксплуатации КНК на карьере Majdanpek установлено, что тканевые ленты эксплуатировались до замены 1,5 года (в 1995 г. прижимная лента была заменена после наработки 12233 ч и транспортирования 13,5 млн т руды), в то время как расчетное время составляло 6 мес.

По данным специалистов компании, в результате перехода на ЦПТ в течение четырех лет удалось отказаться от необходимости увеличения грузового автопарка в 3 раза и сократить благодаря использованию конвейерной линии с КНК длину транспортирования на 3,5 км при обеспе-

чении непрерывности грузопотока и улучшении безопасности. Ежегодная экономия составила в среднем 12 млн долл. Следует заметить также, что эти результаты были получены при отсутствии опыта эксплуатации таких конвейеров в мире и при доводке КНК в процессе его работы. По мере накопления опыта надежность оборудования комплекса повышалась.

Таблица 2.1

Характеристики КНК с прижимной лентой

| № п/п | Место эксплуатации | Год ввода в эксплуата-цию | Транспортируемый материл | Плотность, γ , т/м$^3$ | Производите-льность, т/ч |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Majdanpek Mine (Югославия) | 1992 | Медная руда | 2,08 | 4000 |
| 2 | Beth Energy (США) | 1991 | Чистый уголь | 0,8 | 726 |
| 3 | Island Creek (США) | 1992 | Отходы угля | 1,28 | 454 |
| 4 | Cementos Veracruz (Мексика) | 1992 | Горячий клинкер | 1,36 | 715 |
| 5 | Montague Sys (США) | 1993 | Каменный уголь | 0,88 | 1950 |
| 6 | Turris Coal Co (США) | 1993 | Каменный уголь | 0,88 | 1361 |
| 7 | Perini (Южная Африка) | 1993 | Вскрыша | 1,1-1,3 | 1266 |
| 8 | Colver Pwr Plant (США) | 1994 | Каменный уголь | 1,12 | 260 |
| 9 | Qualitech Steel (США) | 1998 | Железная руда | 2,2 | 180 |
| 10 | Terra Nova (Мексика) | 2000 | Медная руда | | 2500 |

Продолжение табл 2.1

| № п/п | Место эксплуатации | Угол транспортирования-градус | Высота подъема, м | Длина, м | Ширина ленты, мм | Скорость движения ленты, м /сек | Мощность приводов лент, кВт: прижимной /грузонесущей / суммарная |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Majdanpek Mine (Югославия) | 35,5 | 93,5 | 173,7 | 2000 | 2,8 | 450 / 900 / 1350 |
| 2 | Beth Energy (США) | 90 | 76,2 | 90,2 | 1372 | 2,8 | 112 / 112 / 224 |
| 3 | Island Creek (США) | до 41 | 174,8 | 454,2 | 914 | 2,3 | 186 / 186 / 372 |
| 4 | Cementos Veracruz (Мексика) | 35 | 41,3 | 198,9 | 1219 | 1,7 | 56 / 112 / 168 |
| 5 | Montague Sys (США) | 57 | 59,4 | 90,8 | 1829 | 3,7 | 186 / 298 / 484 |
| 6 | Turris Coal Co (США) | 90 | 102,0 | 113,0 | 1524 | 4,6 | 298 / 298 / 596 |
| 7 | Perini (Южная Африка) | 90 | 70,1 | 83,8 | 1372 | 3,6 | 186 / 186 / 372 |
| 8 | Colver Pwr Plant (США) | до 60 | 48,5 | 75,0 | 762 | 2,3 | 30 / 37,3 / 67,3 |
| 9 | Qualitech Steel (США) | 68 | 67,6 | 91 | 914 | 1,2 | 37 / 37 / 74 |
| 10 | Terra Nova (Мексика) | 35 | 34 | 79 | 1524 | 2,66 | 255 / 255 / 510 |

КНК позволяют располагать их под углами откосов бортов карьеров и сочетать наклонные участки конвейерной трассы с пологими без перегрузочных устройств. Угол наклона конвейерной линии может изменяться по длине трассы вплоть до 90°С. Все это позволяет транспортировать горную массу по кратчайшим расстояниям, существенно сократив длину конвейерных линий по сравнению со стандартными конвейерами, и свести до минимума горно-капитальные работы, отказавшись от прокладки на карьерах специальных траншей и проходки стволов.

В зависимости от профиля борта карьера или технологической необходимости, КНК может располагаться на мачтовых опорах со значительными расстояниями

Высота подъема груза одним КНК определяется суммарной прочностью двух выбранных лент и достигает при использовании тканевых лент 150 м, резинотросовых - 350 м. Для снижения затрат на ленты, стоимость которых достигает 50-60 % общей стоимости конвейера, при подъеме груза из глубоких карьеров на большую высоту выгоднее применять вместо одного длинного конвейера с резинотросовыми лентами два и более коротких конвейера (конвейерных модуля), оборудованных более дешевыми тканевыми лентами с высотой подъема груза порядка 100 м. При этом в связи с уменьшением тяговых усилий потребуются менее сложные инженерные сооружения на бортах карьера (приводные станции и др.). Суммарная длина прижимной и грузонесущей лент конвейера становится меньше длины ленты стандартного конвейера уже при угле подъема свыше 40° и одинаковой высоте подъема.

## ЛЕКЦИЯ №6 Автомобильные карьерные подъемники

В последние годы усилия многих специалистов - горняков направлены на решение острейшей проблемы открытых горных работ, связанной с выдачей горной массы на поверхность из глубоких карьеров. При глубине карьера 300 м и более применение автотранспорта становится экономически нецелесообразным и экологически опасным. Использование конвейерных подъемников на борту карьера в принципе решает эту проблему. Однако сооружение таких подъемников требует больших капитальных затрат, и строительство его (вместе с дробильно-перегрузочными узлами) занимает несколько лет. Кроме того, практически не решена такая важная задача, как обеспечение нормального функционирования карьера в период переноса дробильно - перегрузочного узла подъемника на новые горизонты по мере углубки карьера.

Необходимо искать альтернативные пути решения этой проблемы, в частности, с использованием автомобильных подъемников или контактных груженых думпкаров. Актуальность решения проблемы подъема груженых автомобилей-самосвалов на борт карьера подтверждается также рядом публикаций на эту тему за последние годы. По одному из вариантов [6] подъемник выполнен в виде перемещаемых по наклонным рельсовым путям косяковых тележек, на одной из которых размещается подвижной состав (или автосамосвал), а другая выполняет роль противовеса. В качестве привода использована многоканатная подъемная машина со шкивами трения. По другому варианту [30] груженые и порожние автомобили - самосвалы подцепляются с помощью специальных сцепных устройств к бесконечному тяговому канату с приводом от шкива трения и перемещаются своим ходом по наклонным путям.

С целью упрощения и удешевления системы подъема, снижения материало- и энергоемкости, обеспечения возможности одновременного подъема и спуска автомобилей-самосвалов, ускорения ввода системы подъема в эксплуатацию предложен третий вариант [13], суть которого заключается в следующем.

Система подъема (рис.2.2*)* состоит из двух тележек на колесном ходу 1*,*2 с возможностью размещения на них соответственно груженого 3 и порожнего *4* автомобилей-самосвалов. При этом самосвалы могут размещаться как в продольном, так и в поперечном направлениях относительно тележек. Тележки установлены на наклонных рельсовых путях 5, 6 под углом $\beta$ к горизонту.

В прорезях горизонтально ориентированного настила 7 каждой тележки размещены на двух параллельных осях 9, *10,* перпендикулярных продольной оси *8* самосвала, и с зазором друг к другу колеса с эластичными покрытиями *11, 12* с возможностью опирания на них приводных 13 или неприводных *14* колес автомобиля-самосвала 3 или *4.* Оси 9, *10* выполнены разрезными *15,* установлены в подшипниках 16 рам тележек *1, 2* и кинематически,

посредством валов *17* и 18 с коническими парами *19, 20* и цилиндрическими зубчатыми парами *21, 22,* связаны с приводными блоками *23, 24,* огибаемыми канатом 25 и установленными с возможностью вращения на одной неподвижной оси *26.* При этом вал *17* кинематически связывает ось 9 с нечетными приводными блоками 23, а вал *18* — ось 10 с четными приводными блоками 24; сами валы размещены с противоположных сторон от осей 9 и *10* с колесами 11 и 12. Канат 25 замкнут на оборотных блоках 27, *28,* 29, установленных на раме 30, закрепленной на борту 31 карьера. Там же закреплены и свободные концы 32 и 33 каната 25.

Таким образом, обе тележки оказываются кинематически связанными между собой через размещенный на борту карьера центральный блок 28 системой из двукратных полиспастов. Кратность полиспастов выбирается в зависимости от грузоподъемности перемещаемых автомобилей-самосвалов. Как показали результаты исследований, оптимальной является система подъема с четырехкратными полиспастами. При этом приводные блоки *23, 24* могут быть одно- и многожелобчатыми (например, двухжелобчатыми); *34* — горизонт карьера, с которого осуществляется подъем груженых самосвалов; 35, 36— упоры для тележек в нижнем и верхнем положениях.

Система подъема - спуска автомобилей - самосвалов действует следующим образом. На тележку 1, находящуюся в крайнем нижнем положении, въезжает груженый автомобиль - самосвал таким образом, что после остановки его ведущие
колеса 13 оказываются на колесах 11 и *12* тележки 1. После этого на тележку 2, находящуюся в крайнем верхнем

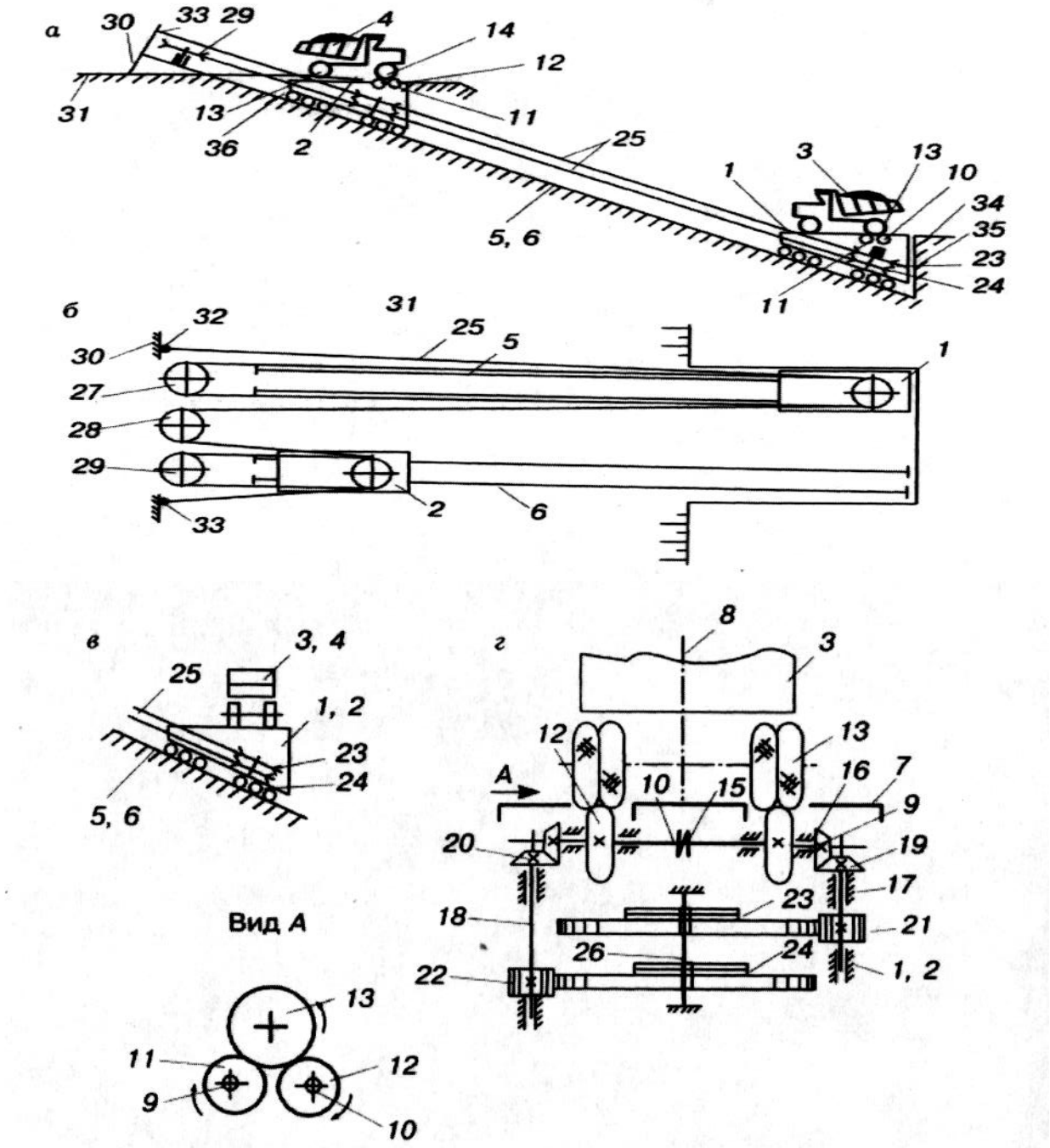



Рис.2.2. Система подъема автомобилей-самосвалов на борт карьера и их спуска в карьер:
а — вид сбоку, с продольным размещением самосвала на тележке;
б — план; в — вариант поперечного размещения самосвала на тележке;
г — кинематическая схема привода канатных блоков

положении, въезжает порожний самосвал. Его передние (несведущие) колеса *14* могут также размещаться на колесах 11, 12 тележки 2. Далее водитель самосвала 3 включает ведущие колеса.

При вращении ведущих колес 13 крутящий момент от них передается на колеса 11, 12, оси 9, *10,* конические зубчатые пары 19, 20, валы 17, 18, цилиндрические зубчатые пары 21, 22, которые жестко связаны с блоками 23 и *24*, поэтому последние начнут вращаться в противоположных направлениях, взаимодействуя с соответствующими ветвями каната 25.

При вращении блоков 23 и *24* и их взаимодействии с канатом 25 нижняя тележка 1 с груженым самосвалом начнет подниматься вверх по рельсовому пути 5, а верхняя тележка 2 с порожним самосвалом — спускаться вниз по рельсовому пути 6, пока обе тележки не достигнут своих крайних положений: тележка 1 — упора 36 на борту 31 карьера, а тележка 2 — упора 35 на соответствующем горизонте *34* карьера.

Далее цикл повторяется, но подъем груженого самосвала осуществляется уже на тележке 2, а спуск порожнего — на тележке 1. В этом случае при спуске порожнего самосвала при опирании его передних колес 14 на колеса 11, 12 тележки 1 или 2 от вращающихся блоков 23, *24* неведущие колеса *14* самосвала *4* также вращаются. Сигналы водителям груженого и порожнего самосвалов могут подаваться от установленных вверху и внизу светофоров с дублированием их, например, сиренами.

Таким образом, подъем автомобилей - самосвалов на борт карьера осуществляется без применения специальной подъемной машины посредством работы тяговых двигателей самих поднимаемых самосвалов. При этом спускаемые в карьер самосвалы вместе с тележкой выполняют функцию противовеса.

Система подъема с двумя автомобилями-самосвалами, одновременно размещаемыми на каждой тележке, выполняется аналогично описанной для подъема одиночных машин.

Тяговый расчет системы подъема имеет свои особенности (рис.2.3). Вначале определяется натяжение каната в набегающей ветви опускающейся тележки

$$S_1^{'} = W_1 \eta_б^{i_n - 1} \left(1 - \eta_б\right) \cdot \left(1 - \eta_б^{i_n}\right)^{-1}, \qquad (2.1)$$

где $W_1$ — сопротивление движению тележки с порожними самосвалами, кН;

$\eta_б$ — КПД отклоняющих блоков;

$i_n$ —кратность полиспастной подвески тележки.

Натяжение ветвей каната поднимающейся (с груженым самосвалом) тележки может быть найдено из уравнения равновесия системы

$$W_2 = S_1\left(1 + \ell^{\mu\alpha_1}\right) + \left(S_1\eta_б\ell^{\mu\alpha_1} - W_K^{'}\eta_б - W_K\right) \cdot \left(1 + \ell^{\mu\alpha_2}\right), \qquad (2.2)$$

где $W_2$–сопротивление движению тележки с груженым самосвалом, кН;

$S_1$ -натяжение каната в сбегающей ветви поднимающейся тележки; кН;

$\mu$ - коэффициент сцепления каната с приводным шкивом;

$\alpha_1, \alpha_2$ - эффективные углы обхвата канатом первого и второго приводных шкивов, соответствующие углам относительного скольжения, радиан;

$W_k^{'}, W_k$ - сопротивления движению ветви каната соответственно вниз и вверх при нахождении тележки в нижнем положении, кН.

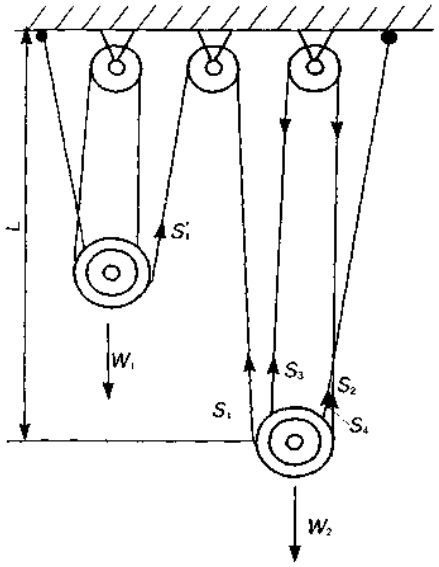



Рис.2.3.Расчетная схема системы подъема

Условие равновесия (2.2) следует рассматривать при различных сочетаниях параметров $\alpha_1$ и $\alpha_2$, задаваясь величиной $\alpha_1$ и определяя соответствующее значение $\alpha_2$.

Натяжение каната в первой $S_1$, во второй $S_2$, третьей $S_3$ и четвертой $S_4$ ветвях системы подвески поднимающейся тележки соответственно будет равно

$$S_1 = S_1^{'}\eta_б - W_k; \qquad S_2 = S_1 \cdot \ell^{\mu\alpha_1}$$

$$S_3 = \left(S_2 - W_k^{'}\right)\eta_б - W_k; \; S_4 = S_3 \cdot \ell^{\mu\alpha_2}. \quad (2.3)$$

Тяговые усилия на первом и втором шкивах:

$$W_{n(\alpha_1)} = S_2 - S_1 + \omega_ш^{'}\left(S_2 + S_1\right);$$

$$W_{n(\alpha_2)} = S_4 - S_3 + \omega_ш^{''}\left(S_4 + S_3\right), \qquad (2.4)$$

где $\omega_ш^{'}, \omega_ш^{''}$ — коэффициенты сопротивления вращению первого и второго шкивов.

Результаты расчетов по формулам (2.2), (2.3) и (2.4) удобно свести в таблицу значений параметров $S_1, S_2, S_3, S_4, W_{n(\alpha_1)}, W_{n(\alpha_2)}$ при различных $\alpha_1 (\pi, 1{,}5\pi, 2\pi, ...)$.

За счет перераспределения натяжений в ветвях полиспастной подвески тележки возможен вариант с любым сочетанием углов обхвата канатом первого и второго шкивов.

По максимальному натяжению каната для выбранного варианта подбираются тип и диаметр каната, а по нему — диаметры шкивов и блоков в соответствии с заданным или принятым режимом работы подъемной установки.

Скорости передвижения тележек и соответствующие им передаточные отношения в системе привода шкивов трения определяются из баланса мощностей в системе подъема

$$2n_c N_{ДВ}\eta_{пм} = V_T\,(3W_{n(\alpha_1)} + W_{n(\alpha_2)}) \qquad (2.5)$$

где $n_c$ - число одновременно поднимаемых (опускаемых) самосвалов;

$N_{ДВ}$ -мощность одного двигателя самосвала, кВт;

$\eta_{пм}$ -КПД передаточного механизма привода тележки;

$V_T$ -скорость движения тележки, м/ñ.

По найденному значению $V_T$ выбирается режим работы двигателей самосвалов (окружная скорость колес).

Расчеты показывают, что, например, при высоте подъема 450 м и угле наклона подъемника 40° при одновременном подъеме (спуске) двух самосвалов БелАЗ-7512 грузоподъемностью 120т скорость движения тележки может быть принята равной 0,55 м/с, что обеспечивает провозную способность подъемника (его длина $L$ = 660 м) не менее 600—700 т/ч, или около 4,1 млн т/год при продолжительности работы в сутки 19 ч и 340 рабочих днях в году.

При производительности свыше 4,0 млн.т в год можно оборудовать два параллельных подъемника, что в большинстве случаев все равно будет дешевле варианта с подъемной машиной.

По мнению авторитетных специалистов создание автомобильных подъемников, в принципе, возможно. Такое техническое решение позволит сократить парк автосамосвалов, снизить затраты на транспорт и улучшить экономическую эффективность эксплуатации глубоких карьеров.

Но для окончательного принятия решений необходима более детальная проработка в большей степени не механической части проекта, а вопросов устойчивости железобетонного ложа автоподъемника, влияния на его состояние сейсмических воздействий при ведении взрывных работ, подземных вод, колебаний температур и других факторов.

## ЛЕКЦИЯ №7. Карьерный контейнерный подъемник

При современных системах и технических средствах технологического транспорта и достигнутых в настоящее время глубинах карьеров транспортные затраты составляют 60-65 % в общих затратах на добычу руды. Как показывают расчеты, при дальнейшем углублении карьеров затраты на транспорт будут в 3-4 раза превышать сумму по другим статьям расходов и их доля достигнет 75-80 %. При этом основная доля транспортных затрат приходится на подъемный цикл. Полезная работа по подъему горной массы из карьера прямо пропорциональна его глубине, но опережающий темп роста транспортных затрат обусловлен особенностями транспорта, применяемого на подъемном цикле. В самом деле, в зависимости от вида транспорта протяженность транспортных коммуникаций при одинаковой глубине карьера может отличаться более чем в 15 раз. Отсюда разница в капитальных, эксплуатационных и других затратах. Ослабить тенденцию роста затрат можно путем применения более экономичных видов транспорта. Однако кардинальное изменение ситуации возможно лишь через нетрадиционные транспортные технологии и технические средства.

В последние годы рядом разработчиков предложены схемы автомобильных подъемников. [6, 13, 30]. Они сокращают протяженность транспортных коммуникаций, исключают перегрузки, сортировки или дробление материала в карьере и соответственно снижают себестоимость транспортирования горной массы. Однако, эти системы обладают существенным недостатком: их производительность падает при увеличении глубины карьера, а следовательно, сохраняется причина опережающего роста транспортных затрат.

В институте НИИКМА предложен принципиально новый контейнерный подъемник [24]. Он предназначен для выдачи из карьера груженых контейнеров (автосамосвалов, думпкаров или их съемных кузовов) и одновременного спуска в карьер порожних. Кинематическая схема подъемника выполнена таким образом, чтс в нем находится не один, а несколько груженых и порожних контейнеров, что позволяет сохранять постоянной техническую производительность подъемника при углублении карьера и тем самым устранить одну из основных причин опережающего роста транспортных затрат.

На рис. 2.4 показана принципиальная схема указанного подъемника. Две кинематически связанные параллельные и примыкающие друг к другу рамы 1 и 2 смонтированы на борту карьера или в подземной выработке и связаны между собой, например, через тяги 3, соединенные с двуплечим рычагом *4.* Рычаг закреплен при помощи шарнира 5 к основанию. Рамы *1* и *2* разделены на отсеки перегородками 6. В отсеках на перегородках 6 размещаются груженые 7 и порожние *8* контейнеры. Каждый отсек имеет механизм для перемещения контейнеров в отсеки соседней рамы. Рычаг *4* снабжен приводом 9. При использовании в качестве контейнеров кузовов автосамосвалов или думпкаров подъемник снабжается устройствами для их съема и установки на базу транспортного средства. Для обеспечения ритмичности работы подъемника его

загрузочная и разгрузочная части могут оборудоваться накопителями контейнеров.

На рис. 2..5 приведена технологическая схема работы подъ-емника. В исходном положении (см. рис. 2.5, а) в нижний отсек

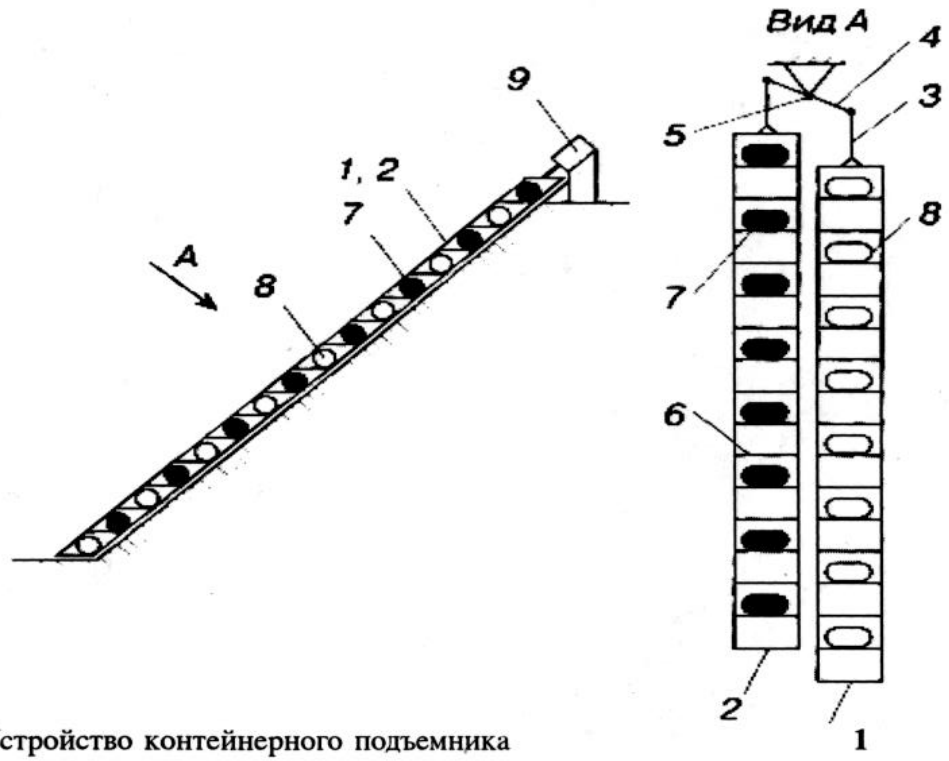



Рис. 2.4. Устройство контейнерного подъемника

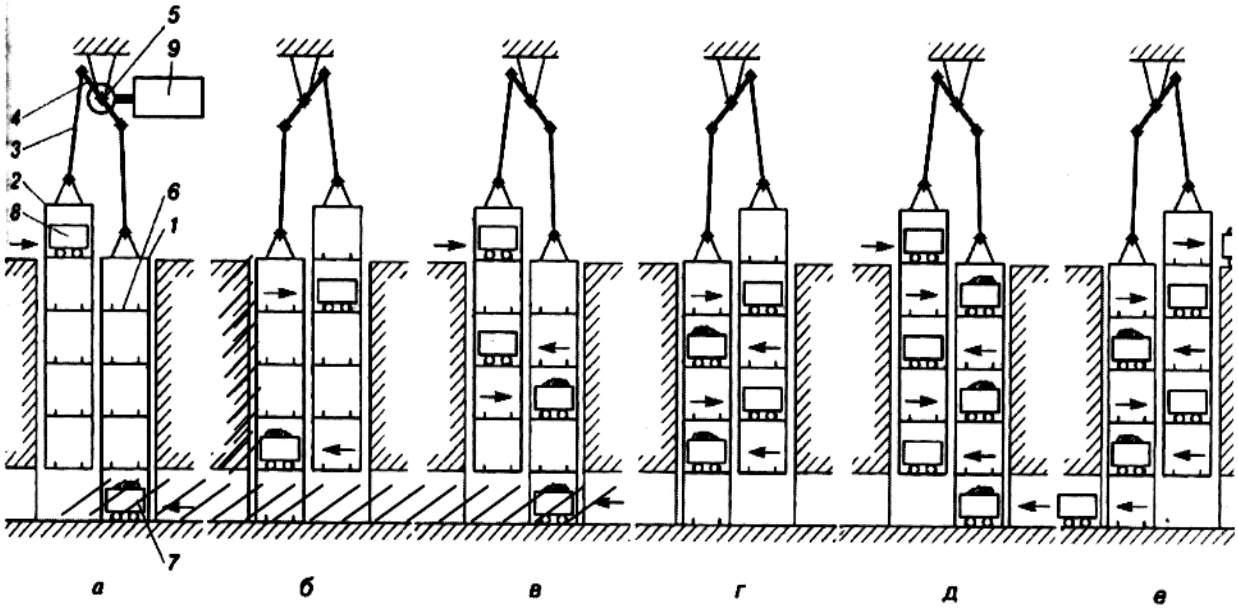



Рис. 2. 5. Принципиальная технологическая схема работы контейнерного подъемника

рамы 1 поступает груженый контейнер 7, а в верхний отсек рамы *2* — порожний контейнер *8.* Приводом 9 подъемник переводится в положение, показанное на

рис. 2.5, *б* , и останавливается для обмена контейнерами между рамами / и *2*. При этом груженый контейнер *7* перемещается во второй снизу отсек рамы *2,* а порожний контейнер *8* — во второй сверху отсек рамы. После этого рамы *1* и *2* переводятся в исходное положение (см. рис. 2.5 в), и подъемник снова останавливается для обмена контейнерами между рамами, загрузки очередных груженого контейнера в раму *1* и порожнего в раму *2*. Далее подъемник переводится последовательно в положения. показанные на рис. 2.5 г, *д,* и при остановках осуществляются очередные обмены контейнерами между рамами. После перемещения механизма в положение, показанное на рис. 2,5, *е,* осуществляется выгрузка из отсека груженого контейнера на поверхности и порожнего контейнера в карьере. Это положение (см. рис. 2.5 е) фиксирует выход подъемника на номинальный режим работы.

В институте НИИКМА изготовлены макеты такого подъемника трех типов: одного вертикального и двух наклонных. Выполнены предварительные кинематические и технологические исследования. Расчеты показали, что при установке подъемника под углом 45° в карьере глубиной 300 м и при использовании в качестве контейнеров думпкаров грузоподъемностью 180 т его годовая производительность составит 14 млн т. Мощность привода подъемника при этом не превысит 5 МВт. Характеристики подъемника улучшатся, если использовать модернизированные автосамосвалы или думпкары с легкосъемными кузовами. Создание таких транспортных средств потребует дополнительных затрат, однако при этом съемные кузова позволят существенно сократить цикл оборота транспорта, а следовательно, парк подвижного состава и себестоимость перевозок. Для транспортных средств со съемными кузовами не требуются индивидуальные системы опрокидывания кузова. Механизмами для разгрузки кузовов достаточно оснастить поверхностный комплекс подъемника, например, приемный бункер крупного дробления. Он должен быть также оборудован устройствами для снятия груженых и установки порожних кузовов, аналогичными тем, которые используются на самом подъемнике. Исключение механизма опрокидывания кузова повысит надежность и устойчивость транспортных средств, позволит увеличить их грузоподъемность.

Основные достоинства указанной комбинированной системы технологического транспорта:

- способность работать под углом наклона вплоть до 90°, что существенно сокращает длину подъема горной массы;
- подъем груженых и возврат порожних контейнеров происходит одновременно;
- продолжительность цикла оборота контейнеров практически не зависит от глубины карьера;
- энергозатраты на перемещение тары и элементов самого подъемника сведены к минимуму за счет статической уравновешенности и равнопрочности по длине механической системы подъемника;
- подъемник обеспечивает возможность загрузки и выгрузки контейнеров с любого горизонта карьера;

• коэффициент тары предлагаемой системы, парк подвижного состава, площадки для его маневрирования и время разгрузки материала могут быть меньше, чем при традиционных системах и видах транспорта;

• появляется возможность упрощения конструкции подвижного состава и улучшения его технических характеристик.

По мнению разработчиков, указанная система транспортировки позволит повысить экономическую эффективность карьерного транспорта глубоких карьеров.

## Использование сил гравитации для транспортирования груза из нагорных карьеров

Значительные перепады вскрышных и добычных горизонтов нагорных карьеров над долинами, особенно сопочного типа, позволяют применять устройства, действующие на основе гравитационных сил, для перемещения горной массы: рудоскаты, модульные устройства для опускания груженых автосамосвалов, а также специальные автосамосвалы, использу-ющие энергию вращающихся масс.

Использование гравитации - техническая необходимость совершенствования транспортных средств с целью снижения удельного расхода топлива и экологического загрязнения окружающей среды на глубинных и нагорных карьерах. При этом за счет уменьшения транспортных берм уменьшается объем выемки вскрышных пород.

Таблица 2.2

Параметры карьеров (разрезов), применяющих автомобильный транспорт

| № | Карьеры (разрезы) | Размеры, м | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Длина | | Ширина | | Глубина | |
| | | От | до | от | до | от | до |
| 1 | Черной металлургии | 2100 | 6300 | 1000 | 2200 | 150 | 3500 |
| 2 | Цветной металлургии | 400 | 3100 | 310 | 1500 | 70 | 800 |
| 3 | Угольные разрезы | 900 | 15000 | 500 | 3500 | 100 | 230 |

Геометрия карьеров (табл. 2.2) глубиной и высотой (нагорные карьеры) в несколько сотен метров позволяет использовать силу тяжести для транспортирования горной массы или транспортных сосудов без энергетических затрат (или при их минимальных затратах) на значительные расстояния.

Ниже приводится одна из возможных схем (рис.2.6) транспортирования грузов в карьере с использованием гравитационных сил. На схеме транспортирования грузов, включающей пути с перемещающимися по ним тележками, связанными между собой гибким тяговым органом, трасса соответствует профилю борта карьера (см. рисунок). Пути на каждой площадке

уступа оборудованы двумя вертикальными стенками с рельсами, расположенными по обе стороны от тележки, а тележка имеет дополнительные колеса, взаимодействующие с рельсами вертикальных стенок. Для натяжения тягового органа рельсы, установленные на площадке уступа, и параллельные им рельсы на вертикальной стенке имеют уклон в сторону выработанного пространства, величина которого больше значения коэффициента сопротивления движению тележки по рельсам. Кроме того, пологие участки рельсов имеют уклон в сторону выработанного пространства, определяемый по формуле

$$i > k = P/G$$

где k - коэффициент сопротивления движению
тележки по рельсам;
P – сила сопротивления движению тележки
по горизонтальному пути;
G - масса тележки.

Этому уклону соответствует угол $\alpha$ . Соблюдение условия $i > k$ обеспечивает необходимое натяжение каната.

Устройство для транспортирования грузов работает следующим образом. Автосамосвалы устанавливают на тележки одновременно: например, на нижнюю тележку – порожний автосамосвал, на верхнюю — груженый. Затем, при вращении приводного барабана, нижняя тележка тяговым органом перемещается по площадке уступа, верхняя - в сторону выработанного пространства под действием собственного веса. При этом нижние колеса тележки катятся по нижним рельсам,

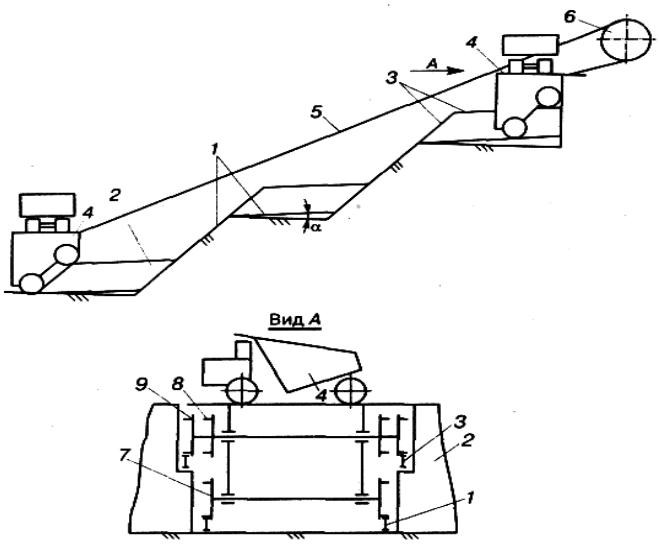



Рис.2.6. Схема устройства для транспортирования грузов:
1, 3 - рельсовые пути соответственно нижние и боковые;
2 — вертикальная стенка; 4 — тележки;
5 - гибкий (тяговый) орган; 6 - приводной барабан;
7, 8, 9 - колеса соответственно нижние, верхние и дополнительные.

а дополнительные - по боковым рельсам, что обеспечивает горизонтальное положение платформы тележки. Далее тележки перемещаются по откосам

уступа: нижняя - вверх, а верхняя - вниз. Приводной барабан в этом случае работает в генераторном режиме и рекуперирует энергию в сеть.

При перемещении тележки по откосу на расстояние, равное расстоянию между осями нижних и верхних колес, дополнительные колеса выходят из контакта с боковыми рельсами, и тележка движется по нижним рельсам.

Такое техническое решение позволяет до минимума сократить затраты на подготовку трассы, исключить горные работы, связанные с выполаживанием борта карьера под трассу для путей, обеспечить спуск автосамосвалов в карьер по кратчайшему пути, сократить эксплуатационные расходы на обслуживание автосамосвалов, снизить объем вскрышных работ за счет уменьшения ширины проезжей части автодорог, увеличить производительность автосамосвалов и в конечном счете уменьшить себестоимость транспортирования примерно на

10–15 %.

Такая схема в принципе применима и для случая подъема груза вверх, тогда порожний автосамосвал будет спускаться вниз под действием собственного веса.

## Конвейеры большой протяженности

В книгу рекордов Гиннеса среди прочих достижений человеческой цивилизации занесены и самые крупные инженерные сооружения, в том числе и три крупные транспортные системы. Первое и второе места в этом списке занимают самые протяженные на сегодняшний день однопролетные (одноставные) канатно-ленточные конвейеры длиной, соответственно, 30 км и 20 км, которые эксплуатируются с 1984 года на территории «Worsley Alumina Pty Ltd» (Западная Австралия) [1]. Третья позиция в этом списке принадлежит самому длинному в мире изгибающемуся конвейеру протяженностью 18 км, эксплуатирующемуся с 1987 г. на предприятии, разрабатывающем в районе Мертвого моря месторождение калийных руд (г. Содом, Израиль).

Мировым лидером по производству конвейеров большой протяженности является подразделение «Транспортировка насыпных материалов» компании «METSO MINERALS » (Англия).

Вплоть до середины XX века любой конвейер длиной более 1 км считался высшим техническим достижением, и еще в 1953 году канатно-ленточный транспортер «установил» рекордное значение протяженности одного пролета - более 10 км. Канатно-ленточный конвейер, введенный в эксплуатацию в 1971 году в Юнионтауне (штат Кентукки, США) протяженностью 14.6 км, относился к самой длинной системе.

Это достижение оставалось высшим до 1984 г., когда были введены в эксплуатацию конвейеры «Worsley Alumina».

Характеристики некоторых из самых протяженных в мире канатно-ленточных систем конвейерного транспорта представлены в табл. 2.3.

Конвейеры АО «Worsley Alumina», введенные в эксплуатацию более 20 лет назад, до сих пор остаются непревзойденными по своим параметрам. Несмотря на интенсивные разработки систем и технологические новинки в

области производства конвейеров традиционной конструкции (когда тяговое усилие передается несущей ленте), самой длинной одноставной конструкцией остается система протяженностью около 16 км, т.е. почти на половину меньше, чем самый длинный канатно-ленточный конвейер.

Однако однопролетные конструкции являются лишь частью комплекса, состоящего из нескольких конвейеров, объединенных вместе и образующих систему очень большой протяженности для транспортировки насыпных материалов.

Большим расстоянием транспортирования насыпных грузов можно считать расстояние от 10 км вплоть до 100 км. Максимальное, т.е. предельное для конкретного типа материала, расстояние устанавливается на основе сравнительных экономических расчетов альтернативных вариантов средств транспортировки. В этом диапазоне расстояний доставки насыпных материалов альтернативными вариантами выступают: автомобильный грузовой транспорт; трубопроводный транс-порт; железнодорожный транспорт; подвесные воздушно-канатные дороги.

Существуют многочисленные критерии, используемые при выборе оптимального варианта транспортирования из числа нескольких альтернативных. В большинстве случаев выбор

Таблица 2.3

**Основные технические характеристики некоторых крупнейших в мире ленточных конвейеров**

| Местоположение | Год ввода | Длина, м | Производительность, т /час | Материал | Скорость, м / с | Установленная мощность, кВт | Отличительные особенности |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Шотландия | 1951 | 720 | 130 | Рядовой уголь | 1,14 | 75 | Первый серийный ленточный конвейер |
| Англия | 1961 | 4207 | 870 | Рядовой уголь | 2,29 | 750 | Подземный |
| США | 1971 | 14598 | 1360 | Дробленый уголь | 4,19 | 1865 | Поверхностный |
| США | 1978 | 9913 | 2000 | Медная руда | 4,19 | 1865 | Поверхностный |
| Англия | 1981 | 9200 | 2700 | Рядовой уголь | 7,50 | 8750 | Наклонный конвейер, рассчитанный на 14200 м |
| Замбия | 1981 | 11385 | 850 | Медная руда | 3,50 | 1200 | Большой изгиб в горизонтальной плоскости |
| Австралия | 1981 | 10400 | 2500 | Уголь | 4,00 | 2500 | Поверхностный |
| Австралия | 1983 | 30441 | 2300 | Боксит | 6,00 | 8000 | Самый протяженный конвейер в мире |

Продолжение табл. 2.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Австралия | 1983 | 20712 | 2300 | Боксит | 6,00 | 5200 | Второй по протяженности конвейер в мире |
| Ямайка | 1984 | 14192 | 1428 | Боксит | 4,00 | 1865 | Поверхностный |
| Индия | 1985 | 14550 | 1800 | Боксит | 4,70 | 2000 | Поверхностный |
| Израиль | 1987 | 18113 | 800 | Поташ | 4,60 | 4000 | Самый длинный в мире изгибающийся конвейер |
| Канада | 1987 | 6000 | 2200 | Рядовой уголь | 6,00 | 6000 | Крутонаклонный |
| Ямайка | 1991 | 7866 | 1000 | Боксит | 3,25 | 750 | Поверхностный нисходящий с поворотами |
| Венесуэла | 1992 | 4232 | 1600 | Боксит | 4,00 | 2500 | Большой регенеративный конвейер |
| США | 1992 | 6415 | 700 | Дробленый уголь | 3,25 | 1350 | Очень сложный рельеф местности |
| США | 1992 | 10745 | 1360 | Рядовой уголь | 4,19 | 1865 | Перемещение конвейера Апатах |
| Филлипины | 1996 | 5775 | 1000 | Известняк | 3,50 | 600 | Изгиб с радиусом 400 м |
| Канада | 1997 | 10390 | 1070 | Рядовой уголь | 4,80 | 1365 | Нисходящий с изгибами радиусом 430 м |

транспортной системы осуществляется на основе учета следующих факторов:

- стоимость самой системы;
- стоимость монтажа системы;
- стоимость эксплуатации системы.

Первые два фактора объединяют общую величину капиталовложений, а третий - стоимость эксплуатации и техобслуживания. Сумма всех затрат с учетом амортизации за время эксплуатации объекта дает полную или общую стоимость. Как свидетельствует практика, для транспортировки сыпучих материалов на большие расстояния наименьшей общей стоимостью обладают, в большинстве случаев, канатно-ленточные конвейеры.

Все альтернативные варианты транспорта характеризуются набором достоинств и недостатков (табл.2.4 ). Автомобильный - мобилен и универсален, пригоден для небольших расстояний транспортировки и сроков эксплуатации. Однако он требует высоких эксплуатационных затрат. По трубопроводам можно осуществлять транспортировку на довольно большие расстояния. Этот вид транспорта относится к сравнительно безопасному для окружающей среды, но требующему высоких капитальных затрат при чрезвычайно низкой эксплуатационной эффективности, обусловленной высокими эксплуатационными расходами и большим потреблением энергии. По железным дорогам можно осуществлять транспортировку на дальние расстояния. Но ему также характерны высокие капитальные затраты и весьма ограниченные возможности преодолевать уклоны и подъемы, что в конечном итоге приводит в высоким эксплуатационным затратам на перевозку. По подвесным воздушно-канатным дорогам можно осуществлять транспортировку на дальние расстояния и по резко пересеченной местности, но его транспортные сосуды имеют малую вместимость и грузоподъемность.

Конвейерный транспорт, в свою очередь, отличается наименьшими эксплуатационными затратами, но требует существенно больших начальных капиталовложений.

Таблица 2.4

Преимущества и недостатки различных систем транспортирования насыпных грузов

| Тип системы | Преимущества | Недостатки |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Автомобильный транспорт | 1.Мобильность и универсальность;<br>2.Применимость для коротких маршрутов;<br>3.Низкий годовой тоннаж;<br>4.Пригодность для быстро разрабатываемых карьеров;<br>5.Простота перебазирования | 1.Высокие производственные расходы<br>2. Высокие трудозатраты<br>3.Высокие затраты на обслужива-ние дорожной сети<br>4.Потеря преимущества в капитальных затратах на больших расстояниях<br>5.Занвисимость от, колебаний цен на топливо |
| Трубопроводный транспорт | 1.Возможность транспортирования на большие расстояния;<br>2. Безвредность для окружающей среды | 1.Высокие капитальные затраты<br>2.Очень высокие энергозатраты<br>3.Обезвоживание материала<br>4.Необходимость возврата воды |
| Железнодорожный транспорт | 1.Неограниченная дальность транспортирования;<br>2.Универсальность применения; | 1.Высокие капитальные затраты<br>2.Высокие производственные расходы<br>3.Серьёзные ограничения по наклону (выбору маршрута) |

Продолжение табл. 2.4

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| Подвесные канатные дороги | 1.Возможность транспортирования на большие расстояния;<br>2. Возможность крутых подъемов;<br>3. Малый объем подготовительных земляных работ и работ по возведению несущих конструкций | 1. Ограничение по производительности транспортирования (<1 000 т/час)<br>2. Большие затраты по организации погрузочно-разгрузочных узлов<br>3. Высокие трудозатраты<br>4. Ограниченность по изгибам траектории транспортирования |
| Традиционные ленточные конвейеры | 1.Возможность транспортирования на большие расстояния;<br>2.Высокая производительность транспортирования (свыше 5000 т/час);<br>3. Широкая сеть поддержки изготовителей;<br>4. Низкие производственные затраты;<br>5. Простота наращивания | 1. Высокие капитальные затраты<br>2. Ограниченная прочность ленты<br>3. Несколько приводов<br>4. Риск разрыва ленты<br>5. Высокая потребляемая мощность<br>6. Недостаточная гибкость для организации поворотов и изменения маршрута<br>7. Комплектация конвейера «набирается» от различных поставщиков |

Продолжение табл. 2.4

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| Канатные-ленточные конвейеры | 1. Наименьшая общая себе- стоимость;<br>2. Надежные изгибы радиусом до 400 м;<br>3. Наименьшая установленная мощность;<br>4. Уклоны до 18°;<br>5. Малый объем подготовительных земляных работ и работ по возведению несущих конструкций;<br>6. Гибкость в прокладке маршрута;<br>7. Реверсивность в зависимости от расположения натяжной станции;<br>8. Возможность загрузки на обратном маршруте;<br>9. Легкость наращивания;<br>10. Минимум точек перегрузки;<br>11. Безвредность для окружающей среды;<br>12. Наличие региональной поддержки компании Svedala в 55 странах | 1. Один источник<br>2. Высокие капитальные затраты<br>3. Непросто перемещаются и недостаточно быстро наращиваются<br>4. Отличающаяся кривая освоения, необходимость обучения |

Способность канатно-ленточного конвейера покрывать большие расстояния одним пролетом и, в большинстве случаев, с одним приводом определена уникальным конструктивным исполнением: тяговое усилие для движения ленты прикладывается к стальным канатам, а не к ленте как у конвейеров традиционного исполнения.

Стоимость погрузочно - разгрузочных станций канатно-ленточного конвейера обычно выше, чем для обычных конвейеров, из-за необходимости разделения ленты и каната в этих точках и обеспечения для каждого элемента отдельной системы натяжения. Это имеет существенное значение для малых длин транспортирования и простых схем, при которых канатно-ленточные конвейеры могут оказаться менее эффективными, чем традиционные ленточные. Тем не менее, по мере увеличения длины и степени сложности схемы прокладки трассы, где требуется стальной трос, стоимость погрузочных и разгрузочных станций становится несущественной частью полной стоимости конвейера. Для канатного конвейера удельная цена ленты одинакова и постоянна как при длине в 1 км, так и в 20 км.

При транспортировании на большие, и тем более на очень большие, расстояния канатно-ленточный конвейер обычно требует самых низких капитальных затрат.

Устранение промежуточных узлов перегрузки, неизбежных в конвейерах стандартного исполнения, оказывает значительное влияние не только на надежность системы, но также и на стоимость эксплуатации и обслуживания. На рис.2.7 и 2.8 представлены графики влияния количества пролетов на производительность системы в целом и на степень технической готовности (надежности) системы. Предполагается, что каждый отдельный конвейер в технологической цепи транспортирования имеет коэффициент готовности 95%, а когда они работают в одной системе, то влияние становится

значительным.

На рис. 2.9 приведен график относительной зависимости мощности привода от длины конвейерного става для различных типов конвейеров.




Рис 2.7 Зависимость проектной технической производительности конвейерной системы от количества отдельных ставов (входящих в систему конвейеров)




Рис. 2.8. Зависимость степени технической готовности к работе конвейерной системы от количества отдельных ставов

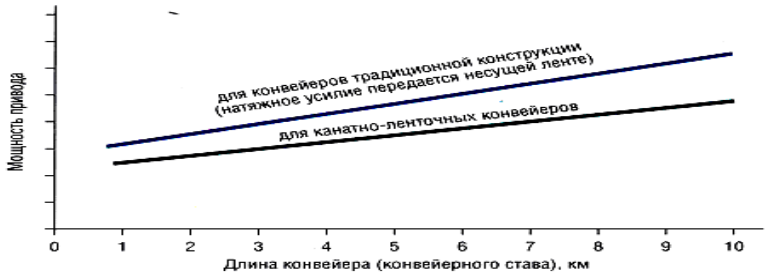



Рис. 2.9. Зависимость мощности привода конвейерной системы от ее длины

## ЛЕКЦИЯ №8 Роторные экскаваторы фирмы KRUPP

Фирма KRUPP Fórdertechnik (Германия) является мировым лидером по производству роторных экскаваторов. Она выпускает свою продукцию более 70 лет. Компактные роторные экскаваторы этой фирмы позволяют разрабатывать породы с прочностью на сжатие 10 МП$a$, а в отдельных случаях – до 20 МПа.

Благодаря оригинальной конструкции цельнометалли-ческого рабочего колеса и укороченной рукояти, воспринима-ющей повышенные усилия копания, ковши загружаются с высокой степенью наполнения.

Основные преимущества применения роторных экскава-торов:

- отсутствие буровзрывных работ;
- кусковатость экскавируемого материала оптимальна для транспортирования конвейерными лентами;
- использование конвейеров, как наиболее экономичного вида транспорта;
- отсутствие затрат на дробление пород.

В настоящее время фирмой KRUPP изготавливаются компактные роторные экскаваторы в стандартном исполнении, что позволяет обеспечить достаточную простоту технического обслуживания и, при необходимости, ремонта за счет использования в их конструкции стандартных элементов машин серийного производства. Для тяжелых условий эксплуатации на карьерах или крупных строительных площадках применение указанных стандартных узлов позволяет быстро произвести ремонт или техобслуживание.

Фирма KRUPP выпускает широкую гамму компактных роторных экскаваторов от S 100 до S 1600 производительностью от 450 до 6600м$^3$/ч.

Ниже рассматриваются четыре типа роторных экскаваторов фирмы KRUPP. Схема забоя экскаватора и основные технологические параметры его работы представлены на рис. 2.10. Значения технологических параметров для рассматрива-емых типоразмеров роторных экскаваторов фирмы KRUPP даны в табл.2.5.

Таблица 2.5

Значения технологических параметров экскаваторов фирмы KRUPP

| № | Размеры | S 100 | S 250 | S 400 | S 630 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Высота забоя, А (м) | 6 | 9 | 11 | 15 |
| 2 | Ширина заходки, В (м ) | 8 | 12 | 15 | 20 |
| 3 | Глубина стружки, С (м) | 2,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 |
| 4 | Угол откоса торца забоя, $\alpha_1$ ($^0$) | 60 | 60 | 60 | 60 |
| 5 | Угол откоса формируемого уступа, $\alpha_2$ (°) | 66 | 64 | 62 | 60 |

В табл. 2.6 представлены технические характеристики экскаваторов фирмы

KRUPP типоразмеров от S 100 до S 630.

Таблица 2.6

Технические характеристики роторных экскаваторов KRUPP

| № | Показатели | S 100 | S 250 | S 400 | S 630 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Вместимость ковша, л | 100 | 250 | 400 | 630 |
| 2 | Ширина ленты, м | 0,80 | 1,00 | 1,20 | 1,40 |
| 3 | Теоретическая производительность, $м^3/ч$ | 500 | 1250 | 2000 | 3000 |
| 4 | Эффективная производительность, $м^3/ч$ | 200 | 550 | 900 | 1400 |
| 5 | Рабочий вес экскаватора, т | 55 | 140 | 200 | 400 |
| 6 | Установленная электрическая мощность, кВт | 190 | 350 | 550 | 980 |
| 7 | Альтернативно: установленная мощность дизельного двигателя, кВт | 230 | 410 | 640 | 1130 |

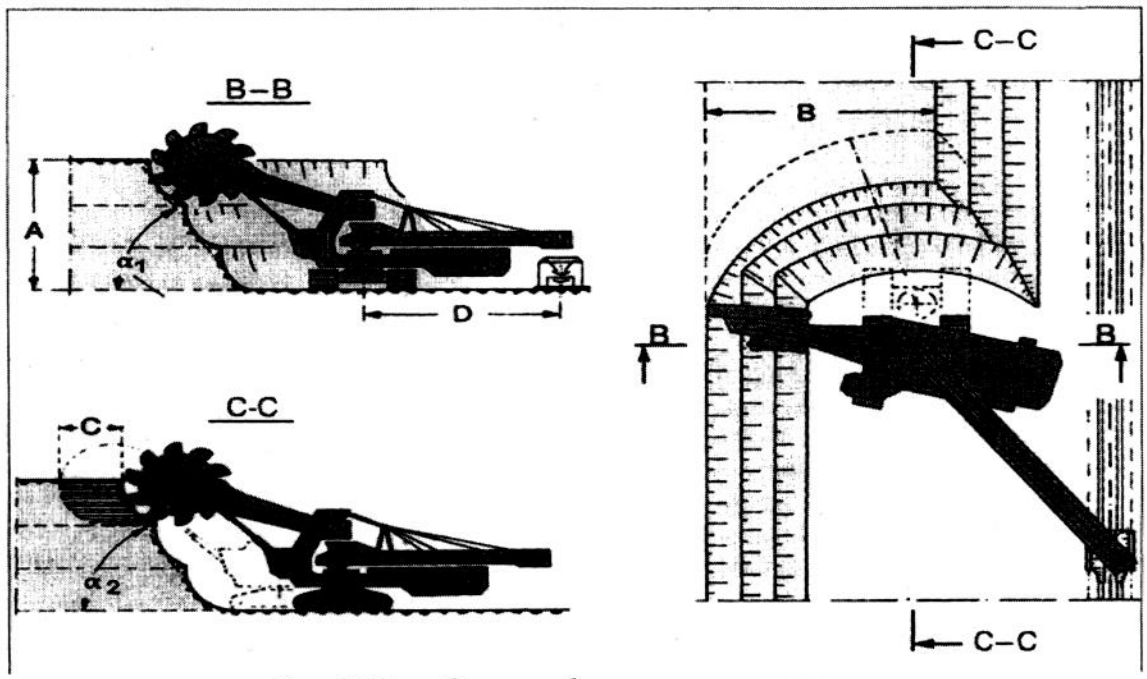



Рис. 2.10 Схемы забоя роторного экскаватора

Характерными конструктивными особенностями экскаваторов фирмы KRUPP являются: наличие автоматической центра-лизованной системы смазки; гидравлический привод ходовых тележек, поворотных и подъемных устройств; энергоснабжение как непосредственно от электросети, так и от дизельного двигателя. При снабжении электроэнергией для привода обоих ленточных конвейеров и ротора используются электродвигатели, а при энергоснабжении от дизельного двигателя привод всех элементов — гидравлический.

Экскаватор S 100 — это самый малогабаритный роторный экскаватор фирмы KRUPP весом 55 т (рис.2.11). .Его можно без демонтажа транс-

портировать на низкорамном прицепе. Поэтому он особенно удобен для применения на строительных площадках с ограниченным периодом эксплуатации. Также S 100 может быть использован на карьерах, например, для добычи мела. При этом обеспечивается эффективное мелкокусковое разрушение отбиваемого материала.

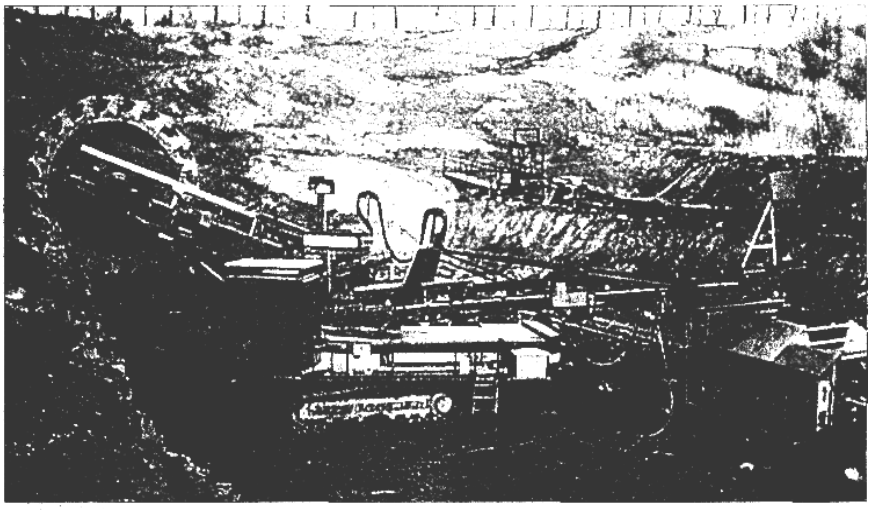


Рис.2.11. Роторный экскаватор S 100 при работе в глиняном карьере

Комплектная опорная тележка, поворотный редуктор и конечные ступени привода рабочего колеса — это хорошо показавшие себя серийные конструктивные узлы.

Экскаватор S 250 имеет рабочий вес около 140 тонн. Этот механизм сконструирован с учетом возможности его транспортирования к месту эксплуатации на низкорамном прицепе в виде нескольких монтажных узлов со сборкой на месте. На рис.2.12 показано рабочее колесо экскаватора S 250

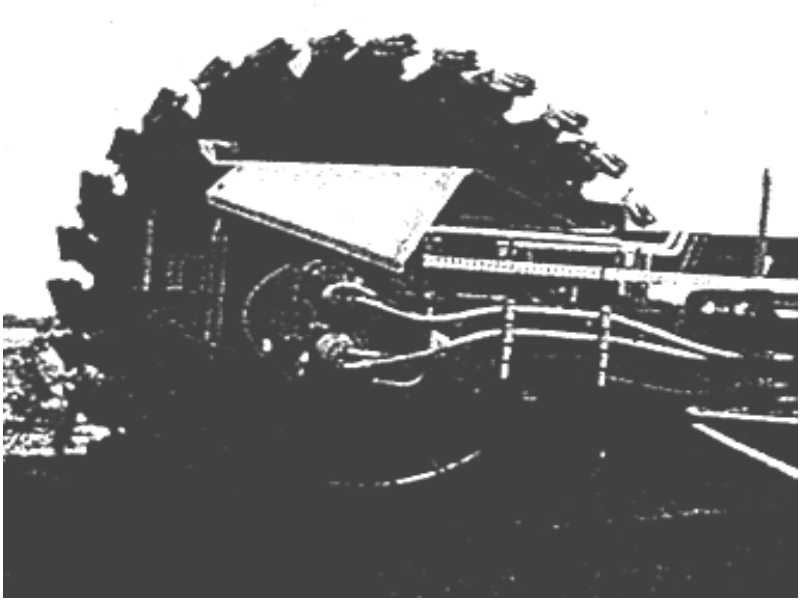


Рис. 2.12 Рабочее колесо экскаватора S 250

Экскаватор S 400 имеет рабочий вес около 200 тонн. При благоприятных транспортных условиях, т.е. при ширине проезжей части 5-6 м, его можно транспортировать к месту

эксплуатации на низкорамном прицепе в виде нескольких монтажных узлов и сравнительно быстро монтировать и демонтировать.

Экскаватор S 630 — самый крупный из стандартных компактных роторных экскаваторов. Его рабочий вес составляет около 400 т. Благодаря широкой агрегатируемости механизма на его монтаж требуется сравнительно немного времени.

Консоль противовеса роторных экскаваторов S 250, S 400 и S 630 выполнена таким образом, что как для гидросистемы и централизованной системы смазки, так и для электрооборудования и системы управления предусмотрено отдельное закрытое пространство.

На экскаваторах дополнительно устанавливается оборудова-ние, обеспечивающее согласование приводных двигателей и электрооборудования, компьютерное управление, предваритель-ный выбор глубины заходки, дистанционное управление, электрообогрев, лазерное управление для нивелирования поверхности, видеоконтроль перегрузки руды, подогрев желобов, специальную очистку конвейерной ленты. Кроме того на экскаваторе могут быть смонтированы ленточные весы, кондиционер, радиотелефонное переговорное устройство, бульдозерный нож для откаточной бермы на уровне гусениц, анализаторы с непрерывным режимом работы.

Конструктивная схема роторных экскаваторов фирмы KRUPP рядов S 100 — S 630 и их основные параметры представлены на рис 2.13.

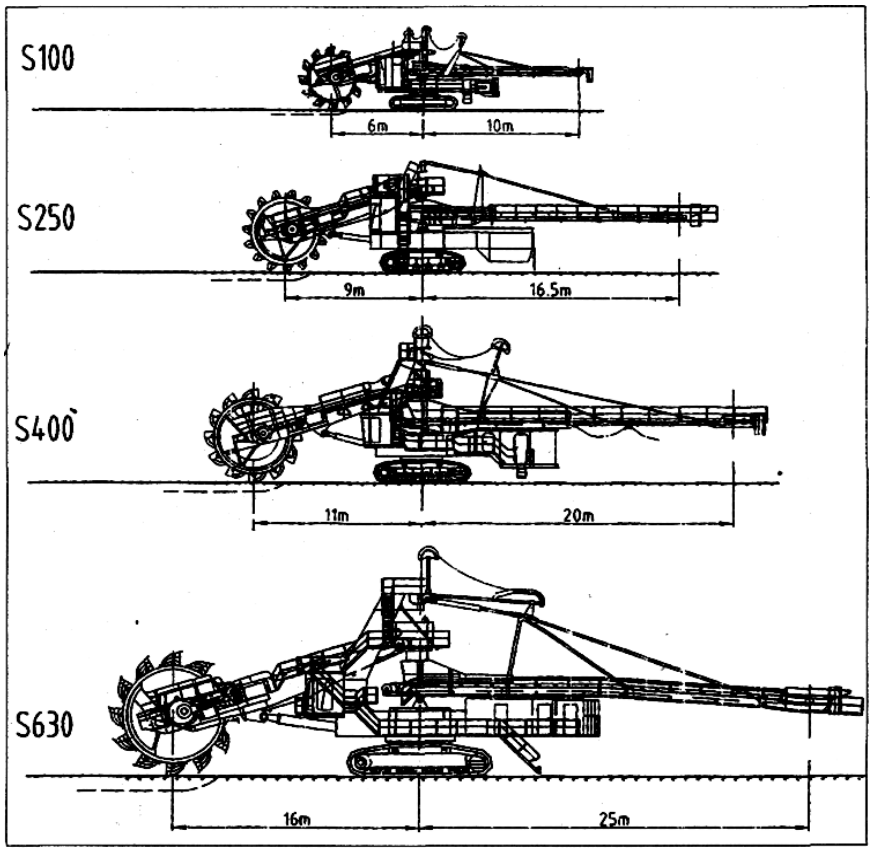



Рис. 2.13. Конструктивная схема и основные параметры экскаваторов S 100 – S 630

Возможности применения экскаваторов S 250, S 400 и S 630 на крупных строительных площадках и в карьерах весьма многообразны. Все детали ходового и поворотного механизмов экскаваторов S 250 и S 400 являются серийными с некоторыми небольшими модификациями. У экскаватора S 630 большая часть механических компонентов взята также из конструкции строительных машин серийного производства. К основным достоинствам стандартных компактных роторных экскаваторов фирмы KRUPP необходимо отнести экономичность при непрерывной выемке больших масс и мелкокусковую выемку связньгх и твердых грунтов.

Основными конструктивными параметрами роторного экскаватора, оказывающими влияние на эффективность процесса экскавации, являются геометрические параметры машины и ходового оборудования, а также кинематические параметры приводов и форма зубьев и ковшей.

Геометрические параметры экскаватора и ходового оборудования существенно влияют на размеры добычного блока и эффективность работы роторного экскаватора в блоке, а геометрические параметры и форма ковшей и зубьев - на усилие резания и энергозатраты на процесс копания.

К основным геометрическим параметрам экскаватора относятся диаметр и ширина рабочего колеса, ассиметрия ковшей, координаты точки подвеса и вылет стрелы, а также углы установки и смещение рабочего колеса на стреле (рис. 2.14). Для улучшения процесса разгрузки ковшей и для предотвращения контакта конструкции стрелы с откосом породы в блоке рабочее колесо роторного экскаватора может быть смещено относительно оси стрелы и повёрнуто как в вертикальной плоскости на угол крена, так и в горизонтальной - на угол скоса. К геометрическим параметрам формы ковшей и зубьев относятся количество ковшей, их объём и форма, форма режущих зубьев, их расположение и установка на ковше, а также износ режущих кромок (рис. 2.15).

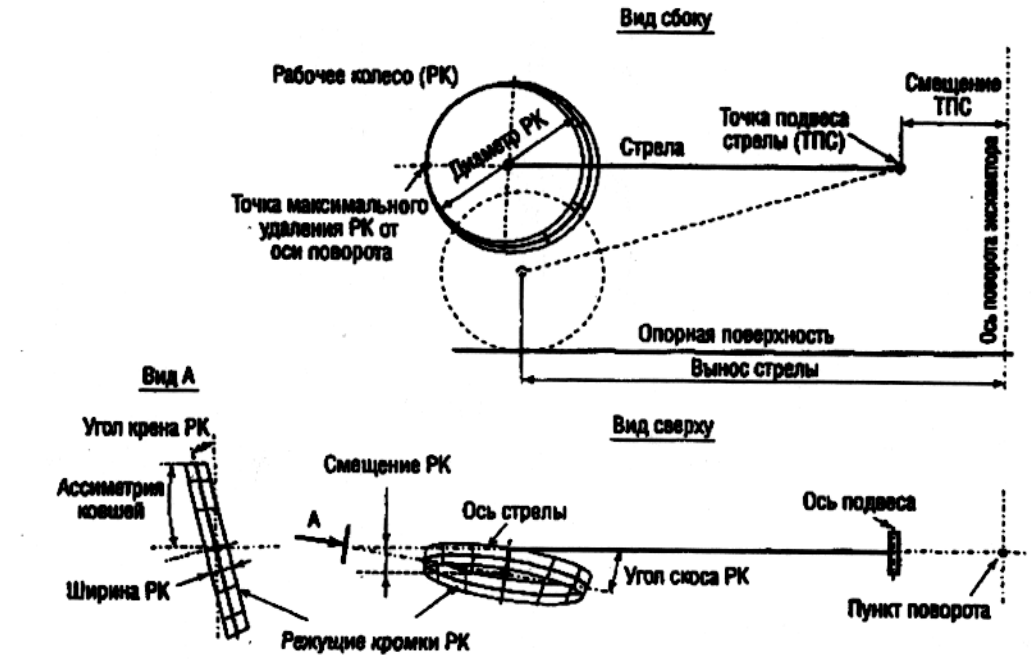



Рис.2.14 Основные геометрические параметры роторного экскаватора

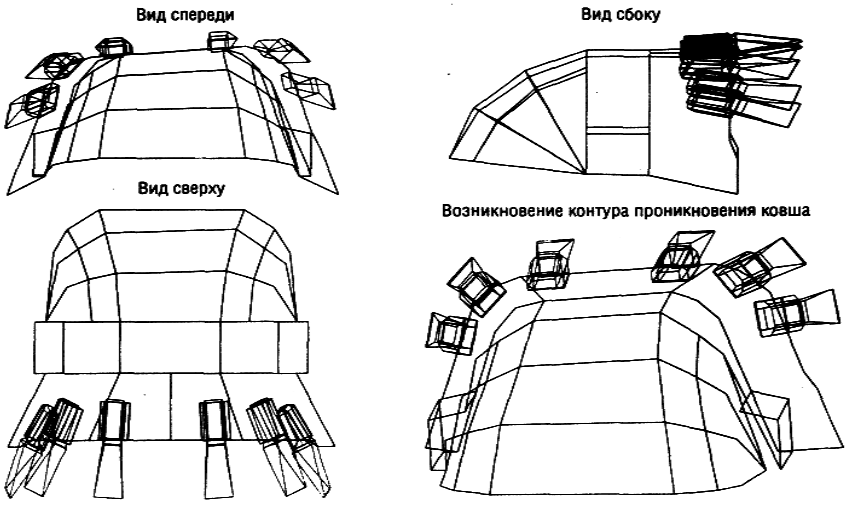



Рис.2.15. Упрощенная модель формы ковша роторного экскаватора

Выбор схемы разработки породы в блоке определяется в соответствии с конструктивными параметрами роторного экскаватора и физико-техническими характеристиками разрабатываемого грунта.

Разработка блока может проводиться горизонтальными террасами, вертикальными срезами (так называемый метод «Дроп Кат») или комбинированно. Разработка пород горизонтальными террасами наиболее распространена, а при селективной добыче полезных ископаемых, залегающих тонкими слоями, даже предпочтительна (рис. 2.16).

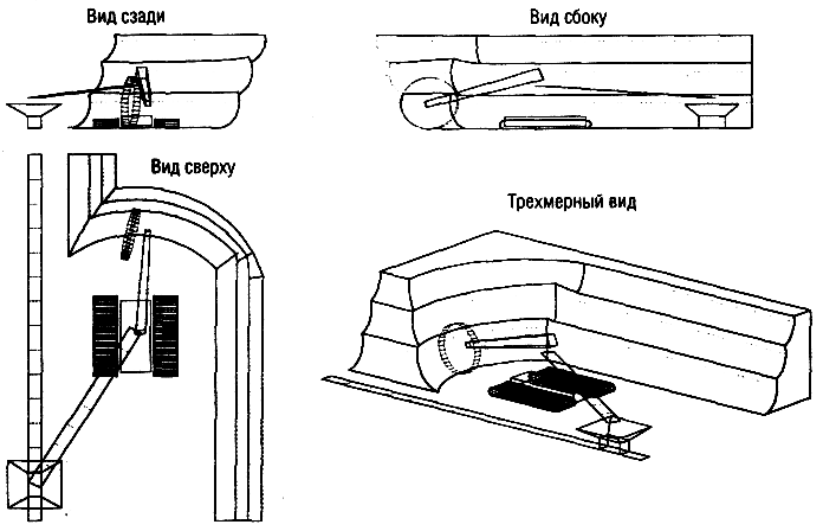



Рис.2.16. Геометрия блока разработки породы методом горизонтальных террас (стружек)

## ЛЕКЦИЯ №9. Новые конструкции долот для карьерных буровых станков

Одним из факторов, ограничивающих дальнейшее увеличение производительности карьерных буровых станков, является исчерпание возможностей как режущих, так и шарошечных долот. Возможности совершенствования этих долот при сохранении их традиционной конструктивной схемы весьма ограничены.

Одним из основных, принципиальных недостатков режущих буровых долот с жестко закрепленными на корпусе режущими элементами (пластинами твердого сплава или съемными резцами) является их постоянная геометрия при бурении пород с различными свойствами, что неизбежно влечет за собой снижение скорости бурения и повышенный износ.

При бурении пород средней крепости, особенно трещиноватых или с твердыми включениями, известные конструкции режущих долот часто выходят из строя из-за динамического характера процесса разрушения. При этом возникают вибрации бурового инструмента и станка.

Кроме того, не только при шнековой, но и при пневматической и шнекопневматической очистке скважин от продуктов разрушения довольно трудно обеспечит достаточно интенсивное охлаждение режущих элементов долота, постоянно находящихся в контакте с разрушаемой ими породой забоя скважины.

Для устранения этих недостатков на кафедре горных машин и комплексов КузГТУ разработаны принципиально новые конструкции режущих буровых долот с подвижными породоразрушающими элементами.

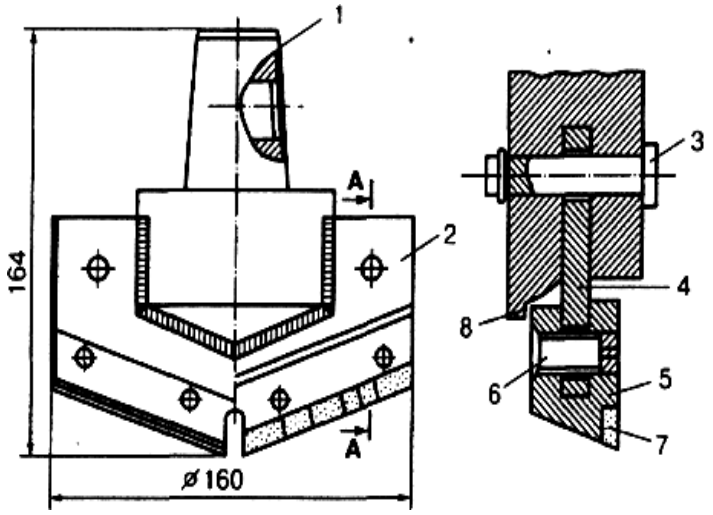



Рис. 2.17 Режущее буровое долото с амортизатором в виде рессорной пружины

Так, параметры вибрации можно существенно снизить, если использовать амортизаторы, встроенные в долото (рис.2.17). Оно состоит из хвостовика 1, приваренного к лопасти 2, в которой при помощи валиков 3 установлены

рессорные пружины 4. На свободном конце пружин винтами 6 закреплены резцы 5, армированные пластинками 7 твердого сплава ВК-8В. Подвижность резцов обеспечивается наличием пружин 4.

В процессе бурения режущие кромки резцов разрушают породу на забое скважины. Возникающие при этом ударные нагрузки сглаживаются за счет упругой деформации рессорной пружины, ход которой ограничивается выступом 8 на задней стенке лопасти.

Долото позволяет не только увеличить механическую скорость бурения на 20 - 25%, но и снижает на 10 -15% величину пиковых нагрузок. При этом интенсивность износа режущей кромки в 2,5 - 3 раза меньше. Конструкция долота допускает производить замену резцов непосредственно на рабочем месте.

НИИОГРом и КузГТУ были разработаны режущие буровые долота, оснащавшиеся съемными кольцевыми твердосплавными пластинками [8]. Эти пластинки фиксировались на корпусе долота болтами и являлись режущими породоразрушающими элементами. Они имели форму конусных шайб, периферийные окружности которых были режущими кромками.

По мере затупления режущих кромок пластины - резцы поворачивались. При этом в контакт с забоем вступал незатупленный участок режущей кромки. После затупления всей режущей кромки пластина заменялась новой. Такая конструкция режущих элементов существенно сокращала время на их замену.

Однако расход твердого сплава в этом случае был довольно велик, так как пластинки - резцы после затупления их режущих кромок для дальнейшего использования были не пригодны и подлежали утилизации.

Было установлено, что наиболее рациональный способ оснащения съемными породоразрушающими элементами режущих буровых долот - установка на них типовых породных резцов РК-8Б и РБ-224 с укороченными цилиндрическими державками. При этом наибольший эффект их использования достигался при обеспечении подвижности этих резцов в направлении продольной оси. Такая подвижность достигалась, если державки резцов, устанавливаемые в глухих отверстиях-гнездах корпусов, опирались на резиновые амортизаторы в виде шайб или втулок небольшой высоты. В удлиненные проточки на цилиндрических державках резцов входят валики, ограничивающие ход резцов в осевом направлении.

Значительно более сложную конструкцию имеет самонастраивающееся режущее долото с поворачивающимися режущими дисками (рис. 2.18) [9].

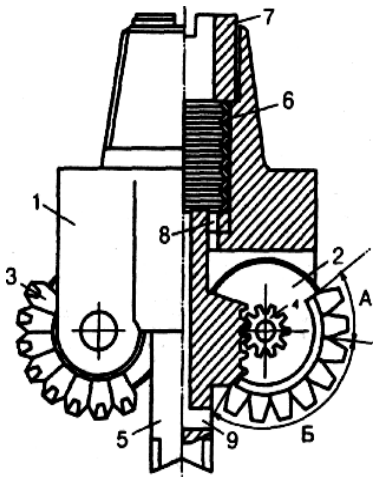



Рис. 2.18. Буровое долото с поворачивающимися режущими дисками

На корпусе *1* этого долота установлены на осях диски 2 с резцами 3, армированными твердым сплавом. На дисках 2 закреплены шестерни 4, сцепленные с рейками, выполненными на забурнике 5, выбуривающем опережающую скважину. Забурник связан с корпусом 1 посредством шлицевого соединения и опирается своим хвостовиком на тарельчатые пружины 6, сжимаемые при помощи регулировочной гайки 7. Через продувочные каналы 8 и 9, выполненные в хвостовике корпуса и забурнике, подводится сжатый воздух для очистки забоя скважины.

В секторе А дисков 2 установлены резцы 3 с геометрией и армировкой, рассчитанной на бурение относительно крепких пород. При бурении слабых пород забурник 5, выдвинут из корпуса / и выбуривает опережающую скважину, а резцы 3 сектора Б разрушают основную часть забоя скважины.

При бурении крепких пород осевое усилие на забурник увеличивается, и он, сжимая тарельчатые пружины, смещается вверх. Это вызовет поворот дисков 2, в результате которого в контакт с забоем вступят резцы сектора А, рассчитанные на работу по крепким породам. С уменьшением крепости буримой породы забурник сместится вниз, вновь развернет диски и введет в работу резцы сектора Б. При бурении пород средней крепости поворот дисков произойдет лишь на небольшой угол, и износостойкие резцы сектора А будут разрушать периферийную часть забоя, а резцы сектора Б - центральную его часть, ослабленную опережающей скважиной.

Если бурение ведется по чередующимся по крепости породам, то резцы секторов А и Б будут работать попеременно, что неизбежно улучшит их охлаждение, а следовательно, и износостойкость. При этом замена резцов осуществляется автоматически, а настройка долота осуществляется изменением степени сжатия тарельчатых пружин при помощи гайки 7.

Принципиально новой техникой, основанной на новых принципах и не имеющей мировых аналогов, являются комбинированные режуще-шарошечные долота, разработанные КузГТУ и ИрГГУ.

Режуще-шарошечные долота (РШД) имеют как режущие, так и

шарошечные породоразрушающие органы (рис. 2.19].

При этом в большинстве известных конструкций лапы 1 с шарошками 2 неподвижно закреплены на корпусе 3 долота, а режущие лопасти 4, расположенные между шарошками, опираются на упругий элемент 5 в виде стальных пружин (тарельчатых или спиральных), резинового амортизатора или воздушной подушки.

При бурении слабых пород режущий орган (расположенный ниже шарошек) под действием осевого усилия, передаваемого через пружину, внедряется в породу и долото работает.

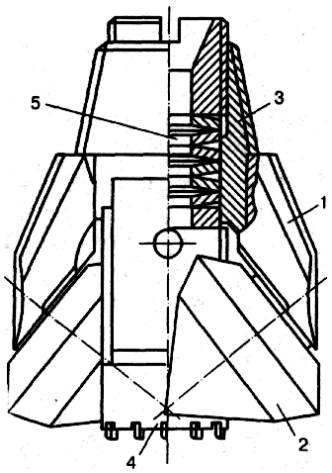



Рис.2.19. Режуще-шарошечное долото

как режущее. На крепких породах увеличившееся осевое усилие сжимает пружину, и в контакт с забоем вступают зубья шарошек.

В известных конструкциях шарошечных долот шарошки вращаются вокруг жестко зафиксированных осей (цапф) и не могут перемещаться, что исключает их перенастройку при изменении крепости буримых пород. Исключить этот недостаток и существенно повысить эффективность бурения различных по крепости пород позволяет шарошечное долото, разработанное на той же кафедре горных машин и комплексов КузГТУ (рис. 2.20).

На корпусе 1 долота установлены лапы 2 с дисковыми шарошками 3. С корпусом при помощи подвижного соединения типа «ласточкин хвост» (сеч. А-А) сопряжены подвижные лапы 4 с зубчатыми шарошками 5.

Между корпусом и подвижными лапами установлены тарельчатые пружины 6. При бурении слабых пород лапы 4 под действием пружины смещаются вниз и вперед по направлению вращения долота (рис. 2.20, $\delta$) относительно оси 1-1 долота на величину е = 5 - 12 мм. Поскольку вершины конусов

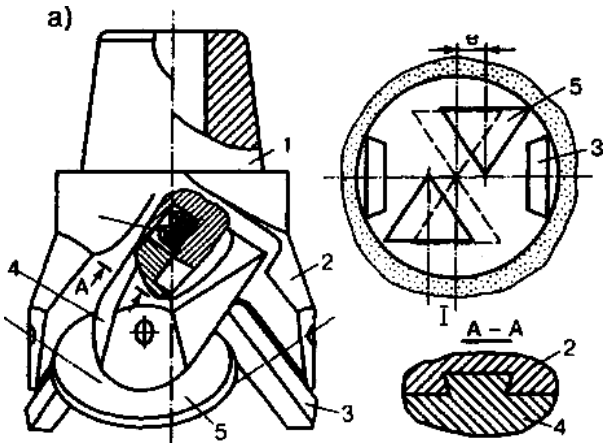



Рис. 2.20. Самонастраивающееся шарошечное долото

шарошек при этом не совпадают с осью скважины, то шарошки будут перекатываться по забою с проскальзыванием, что способствует эффективному разрушению слабых пород.

С увеличением крепости породы возрастет сопротивление перекатыванию шарошек, и они, преодолевая сопротивление пружин, будут перемещаться вверх и к центру скважины (в положение, указанное пунктиром на рис. 2.20, $\delta$) , что исключит их проскальзывание и обеспечит эффективное разрушение пород повышенной крепости.

Применение такого самонастраивающегося шарошечного долота позволит увеличить скорость бурения и эффективно бурить как слабые, так и более крепкие породы без замены.

Таким образом, повышения стойкости породоразруша-ющих элементов буровых долот, увеличения скорости бурения и снижения энергоемкости процесса разрушения пород на забое скважины можно в ряде случаев достичь, делая породоразрушающие органы долот подвижными. При этом подвижность резцов различных типов и шарошек в долотах обеспечивается за счет использования стальных рессорных, тарельчатых или спиральных пружин и резиновых амортизаторов.

Результаты испытаний опытных образцов описанных выше долот показали их работоспособность и существенные преимущества по сравнению с серийно изготавливаемыми в настоящее время долотами.

# ЛЕКЦИЯ №10. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ РАЗРАБОТОК

## Конвейерные и щинозащитные цепи

## Износостойкие конвейерные цепи

Существенное повышение ресурса конвейерных цепей только путем изменения технологии и уже апробированных температурных режимов тепловой обработки материалов для их изготовления невозможно без увеличения диаметра прута (калибра цепи). Вместе с тем, совершенствование методов термообработки может быть вполне оправданным, если она используется, например, для улучшения качества поверхности закруглений звеньев с целью уменьшения абразивного износа. Однако с повышением прочности (увеличением разрушающей нагрузки) стандартных материалов, используемых для изготовления цепей, снижается их пластичность, цепи становятся более хрупкими при ударных нагрузках. Это является существенным препятствием при создании новых материалов, предназначенных для производства цепей.

Как известно, основными параметрами конвейерных цепей, применяемых в горно-добывающей отрасли, являются прочность или разрушающая нагрузка, а также пластичность или удлинение при разрыве.

Германская фирма J.D. Theile GmbH & Co. KG (J.D.T.) выпускает цепи различного назначения, которые успешно применяются на многих шахтах мира. В настоящее время специалистами фирмы разработана новая технология производства конвейерных цепей повышенной прочности и износостойкости из нового особопрочного материала НО (нем. Hochoptimisiert - высокооптимизированный), отлича-ющийся по химическому составу от из-вестных сплавов.

Разработанный на базе высококачественных сталей новый материал НО позволил повысить прочность цепей (рис.3.1) и, тем самым, увеличить разрушающую нагрузку и их ресурс. Одновременно материал НО имеет настолько высокую пластичность, что уменьшение температуры его термообработки практически не влияет на прочность цепей.

Это позволяет их производителю учитывать специфику применения цепей при выборе варианта тепловой обработки.

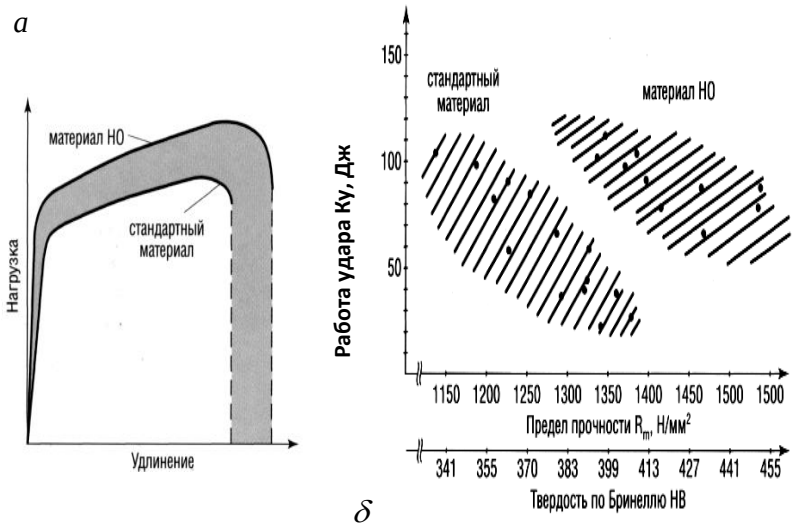



Рис.3.1 Диаграмма «нагрузка-удлиние» (а) и области механических характеристик ( $\delta$ )

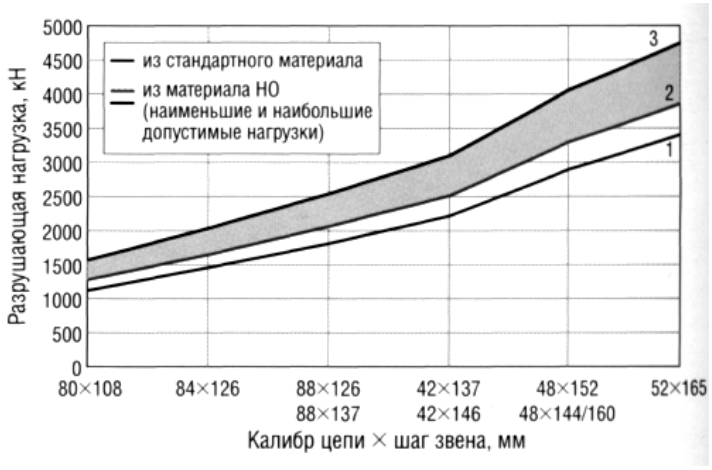



Рис.3.2.Зависимость разрушающих нагрузок для различных типов целей

На рис.3.2 представлена зависимость разрушающей нагрузки конвейерных цепей, изготовленных из материала НО и стандартного материала, от их типоразмеров. Применение материала НО позволяет не только получить более высокие значения основных параметров цепей, но и, как следствие, придать им при соответствующей тепловой обработке специальные свойства в зависимости от условий их применения. На практике это может, например, означать, что для цепи, которая при эксплуатации будет подвергаться пиковым нагрузкам ярко выраженного динамического характера, более подойдут свойства, обозначение линией 2, в то время как для транспортирования грузов с повышенной абразивностью целесообразнее применять цепь, имеющую свойства, показанные линией 3.

Очень часто для повышения прочности конвейерных цепей предлагается

использовать специальные методы термообработки. Примером этого могут служить различные варианты процесса отпуска при улучшении качества закруглений звеньев. Фактическое различие в прочности цепей, выполненных из стандартного и особопрочного материала НО, видно из зависимостей, представленных на рис. 3.3.

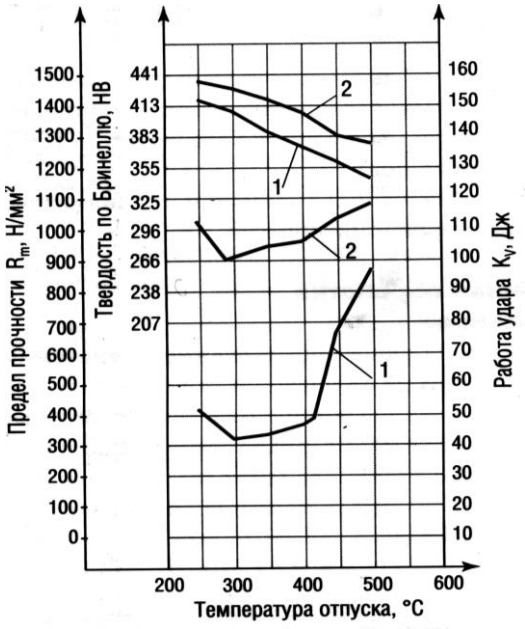



Рис 3.3. Зависимость изменения механических характеристик цепей ǿ 34,5 мм из материалов «1,6758» (1) и НО (2) при закаливании $900^0$ С и их отпуске в воде

Как видно на рис. 3.3, для запатентованного J.D.T. материала НО характерно более высокое значение прочности, а для стандартного более резкое снижение пластичности при температуре отпуска ниже 450°С. Цепи из материала НО, прошедшие термообработку с использованием тех же температур, имеют вдвое большие значения пластичности. При этом разница ее значений для закругления и полки крайне мала.

Сравнительные испытания центрально расположенных на конвейере цепей типоразмером 30Х108 мм из стандартного материала и материала НО были проведены на одной из немецких шахт в режиме одновременной работы. При этом, стандартные цепи были заменены дважды, а из материала НО - один раз; ресурс и разрушающая нагрузка у цепей из материала НО - больше, а удлинение - значительно меньше (рис. 3.4).

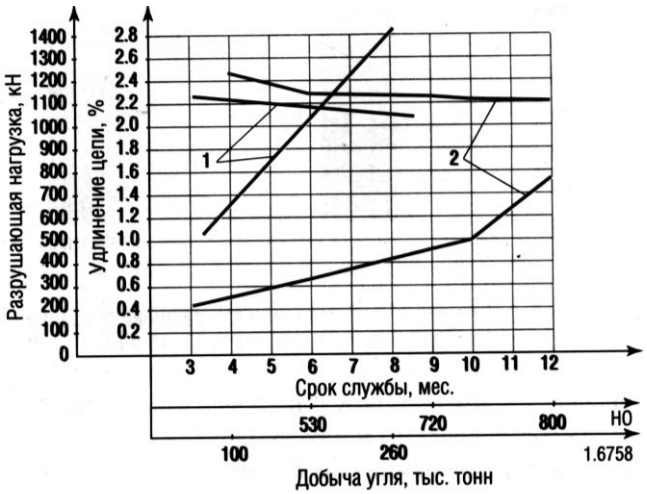



Рис.3.4.Зависимость изменения разрушающей нагрузки и удлинения стандартной цепи (1) и цепи из материала НО (2) на конвейере с центрально расположенными цепями

Стандартные цепи с повышенными прочностными характеристиками быстрее выходят из строя под воздействием коррозии, если для увеличения их прочности используются различные методы тепловой обработки, отрицательно влияющие на пластичность материала.

J.D.T. предоставил образен из материала НО (предел прочности $R_m$ — 1350 .Н/мм; твердость по Бринеллю НВ = 399) одному из независимых институтов Германии для проведения испытаний на устойчивость против коррозии в сравнении со стандартным материалом. соответствующим нормам DIN 171.15 ($R_m$ = 1250 Н/мм, НВ = 370).Оба материала были проверены на их разрывные свойства в результате коррозии.

На рис. 3.5 приведены результаты испытаний в нормальной атмосфере (воздух) и в коррозионной среде (соленая вода с разницей потенциалов 310 мВ). Относительное сужение при разрыве Z находится в прямой зависимости от пластичности материала.

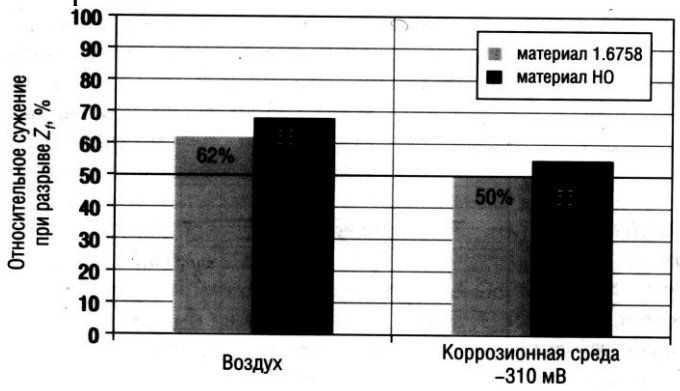



Рис.3.5.Результаты испытаний на растяжение при разрыве образцов из материалов 1,6758 по нормам DIN 17115 и НО

Так как материал НО хорошо поддается ковке, появилась возможность изготавливать из него также и замки и, таким образом, создавать соединения

и зацепления с одинаковыми механическими и химическими свойствами и увеличить срок службы звеньев, замков и звёздочек.

Увеличение ресурса цепи можно достичь также путем улучшения геометрии звена. Примером этого является комби-нированная цепь J.D.T. 42 х 146 мм (рис 3.6) состоящая из кованого вертикального и сварного горизонтального звеньев. Использование такой конструкции вертикального звена позволяет усилить самую слабую область - переход «полка - закругление». При этом могут быть улучшены и контактные свойства полки, что приводит к снижению давления на поверхность, уменьшению износа и сокращению вытяжки в процессе отпуска.

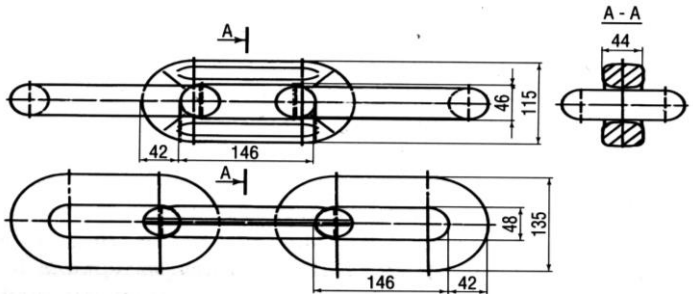



Рис. 3.6. Комбинированная цепь J.D.T. 42 X 146 мм

Преимущества комбинированных цепей:

- лучшее соприкосновение с элементами звездочки;
- при одинаковых размерах улучшенные показа-тели контакта звеньев и звездочки;
- низкая нагрузка на поверхности контакта звеньев;
- уменьшение износа звеньев;
- оптимальные условия сочленения;
- возможность с использованием ковки выбирать оптимальные размеры критических контактных зон.

Сварное горизонтальное звено имеет оптимальную форму с уменьшенными нагрузками в закруглениях, что позволяет наилучшим образом передавать усилия от звездочки.

Кованое вертикальное звено имеет меньшую высоту и увеличенный ресурс. При его использовании уменьшается растяжение цепи при набегании на звездочку, а также снижаются нагрузки на цепь.

Комбинированные цепи J.D.T. могут изготавливаться различных типоразмеров и материалов.

Таким образом, повышение ресурса конвейерных цепей не обязательно должно быть связано с увеличением размеров цепи Благодаря созданию нового особо прочного материала НО появилась возможность производить долговечные цепи. использование которых приводит к значительному снижению стоимости работ по добыче полезного ископаемого, позволяет за счет снижения числа отказов повысить производительность конвейера и снизить энергоемкость транспортирования. Цели из нового материала НО

имеют значительно больший ресурс, в то время как их цена не намного выше цены стандартных цепей.

Улучшение геометрии звена цепи и применение горячего оцинкования, как средства антикоррозийной защиты, также способствуют увеличению долговечности конвейерных цепей.

Поэтому при изготовлении цепей, производимых фирмой J.D.T. , одновременно применена антикоррозийная защита с помощью горячего оцинкования и улучшена геометрическая форма звеньев.

***

Двухцепной конвейер шахтного самоходного вагона 5ВС 15 М производства АО «Рудгормаш» с пластинчатой цепью заменен на конвейер с монолитным решетаком и трехрядной корабельной цепью с шахматным расположением скребков (рис. 3.7) для любой крепости и кусковатости пород, что исключило порывы цепи, увеличило его производительность [2]

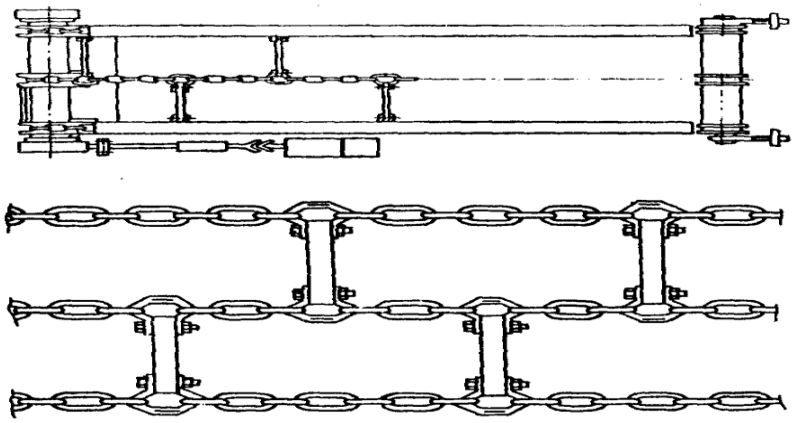


Рис. 3.7 Трехрядная корабельная цепь с шахматным расположением скребков

### 3.1.2.Новые шинозашитные цепи

### а. Цепь фирмы RUD

В последние годы на Норильском горно-метал-лургическом комбинате и других горно - добывающих предприятиях применяются шинозащитные цепи фирмы RUD. Ниже рассматривается фактический материал по применению шинозащитных цепей на колесных погрузочно - доставочных машинах (ПДМ), эксплуатирующихся на Норильском ГМК.

***Условия работы техники.*** Добыча полиметаллических медно-никелевых руд в шахтах флагмана российской цветной металлургии отличается сложными горнотехническими условиями.

На доставке горной массы при очистной выемке и проходке горных выработок используются колесные ПДМ. Условия работы пневматических шин характеризуются относительной влажностью воздуха 75— 100%, постоянной обводненностью выработок, температурой воздуха до + $35^0$С,

кислотной агрессивностью шахтных вод, постоянным при-сутствием в шахтном воздухе тонкодисперсной пыли, которая обладает электропроводностью и снижает устойчивость металла к коррозии.

Руда и вмещающие породы средней абразивности, коэффициент крепости по Протодьяконову 15—18. Объемный вес отбитой руды составляет 2.9 т/м $^3$, а породы — 1.95 т/м $^3$. Максимальный размер куска — 500 мм.

***Применяемые машины.*** В общей сложности на подземных рудниках Норильска работает около 160 единиц погрузочно-доставочных машин.

По грузоподъемности машины разделяются на три класса:

- до 4 тонн, размер колес 14.00 — 24L4
- до 7 тонн, размер колес 18.00 — 25L4
- до 12 тонн, размер колес 26.5 — 25L4.

Скорость движения ПДМ варьируется от 10 — 15 до 20 — 25 км/час. Плечо доставки составляет от 50-70 до 180-220 метров, а продольные уклоны трасс колеблются от 5 до 20%.

***Технические результаты работы шин без шинозащитных цепей.*** В рабочем цикле движения ПДМ с заполненным ковшом нагрузки на передние шины достигают значений 4,.5, 8 и 15 тонн.

ПДМ оснащены шинами производства Днепрошина и Bridgestone. Это шины диагональной конструкции, свободно выдерживающие указанные выше рабочие нагрузки. Применение диагональных шин обусловлено их относительно невысокой ценой по сравнению с радиальными шинами того же размера и назначения. Конструктивные особенности радиальных шин, имеющих стальные полосы в качестве элемента конструкции, делают их дороже и прочнее, но остаются невостребованными при работе с шинозащитными цепями. Именно цепи обеспечивают защиту от пробоев, ускоренного истирания, расслоений от перегрева.

Сроки ходимости шин без цепей по всем трем размерам не превышают в среднем 450 — 600 мото-часов, что составляет около одного машино-месяца. Преимущественной причиной выхода шин из строя является их нормальный износ, реже — порезы протектора и боковин на острых кромках обломков из просыпей и вывалов.

Восстановимые повреждения, случающиеся до истечения срока нормального износа, оперативно устраняются. Затраты на восстановление составляют около 10% первоначальной стоимости шин. Во время ремонтов случаются длительные простои машин, которые могут быть сведены к минимуму только за счёт хранения на складе достаточного количества запасных шин.

***Технические результаты работы с шинозащитными цепями.*** На Норильском ГМК применяются шинозащитные цепи фирмы RUD следующих конструкций:

на шинах «14.00» используются цепи типа MB — 11 Special, имеющие плоскую гладкую форму рабочего звена и четырехзвенную конфигурацию

сетки цепи (рис. 3.8, а). Размеры рабочих звеньев (Д х Ш х В) — 63 х 36 х 21 мм, толщина соединительного кольца составляет 11 мм. Цепью защищено около 73% площади поверхности протектора и боковин шины;

на шинах «18.00» и «26.5» используются цепи типа R 69 Special с рабочими звеньями в виде колец и четырехзвенной конфигурацией сетки цепи. Диаметр рабочего звена — 56 мм,
толщина соединительного кольца — 13 мм (рис.3.8,б). Цепь закрывает около 86% площади протектора и боковин.

Средние сроки ходимости составляют 4500 мото-часов или 10 машино-месяцев для шин «14.00» и 3500 мото-часов или 9 машино-месяцев (примерно 400 мото-часов за один машино- месяц ) для шин «18.00» и «26.5».
Сроки ходимости шин под цепями увеличиваются в 12 — 15 раз. Шина перестает быть элементом ходовой части машины
и служит лишь основой для стальной защитной «кольчуги»,

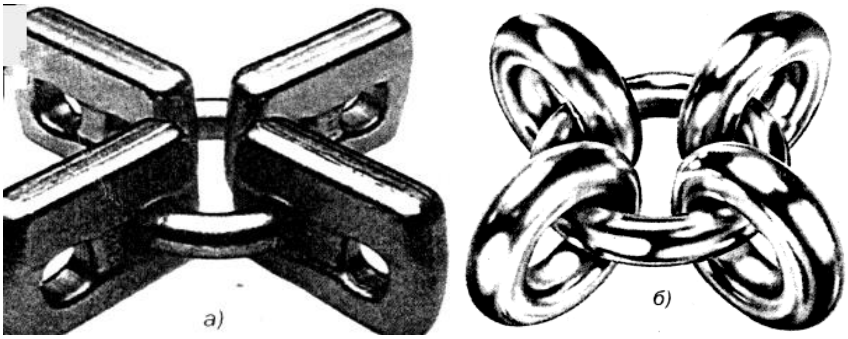



Рис.3.8. Конструкции четырехзанных пластинчатой (а)
и кольцевой (б) цепей

которая воспринимает изнашивающее воздействие породы, ПДМ также приобретает новые качества, совмещая маневренность колесной машины, с одной стороны, и проходимость и защищённость гусеничного транспортного средства с другой.

Техническое обслуживание цепей заключается в периодическом подтягивании «провисающей» сетки. Потреб-ность в подтягивании возникает после истечения первой четверти срока службы цепи, т.е. после первых 1000-1200 мото-часов. Периодичность подтяжки — не чаще чем 1 раз в 3 — 4 смены, время на подтяжку цепей на одной машине не превышает 0,5 часа. Ремонт цепей сводится к замене рабочих колец, располагающихся в области центральной оси окружности колеса. Замена звеньев производится без демонтажа цепи, прямо на колесе.

Кроме очевидного удобства, безаварийности и повышения эффективности производства, применение цепей непосредственно способствует росту объемов добычи, поскольку цепи позволяют применять ПДМ на крупнообломочном высокоабразивном материале без риска повреждений шин. Без шинозащитных цепей это требует дополнительных затрат на подготовку трасс движения, включая необходимость приобретать специальную технику для этих целей.

Машина с цепями обладает более высокой приемистостью, что обеспечивает полное наполнение ковша уже с первого заезда. При этом не требуются повторные переключения, экономится горючее. При движении машина с цепями обладает повышенной устойчивостью на продольных и поперечных уклонах, что повышает удобство управления машиной и, в конечном итоге, положительно сказывается на сменной производительности. Снижаются затраты на работы по нивелированию уклонов.

Несложный экономический анализ позволяет оценить эффективность применения шинозащитных цепей.

Экономическая эффективность оценивается сопоста-влением следующих величин:

А) суммы фактических затрат на приобретение X штук шин плюс затраты на X штук цепей.

Б) суммы расчетных затрат на приобретение N x X штук шин, где N — отношение срока ходимости шины с цепью к сроку ходимости шины без цепи.

В самом первом приближении значение N можно приравнять к соотношению между механической прочностью на истирание стали к прочности каучука.

Выражение $Б - А$ показывает величину абсолютной экономии средств, а выражение $\frac{Б - А}{А}$ характеризует величину эффективности затрат в процентах.

Приведем отвлеченный пример:

*1. Шины работают с цепями.* Потребуется на 3 машины: 12 шин стоимостью по 6500 USD. Итого 78000 USD.

12 цепей стоимостью по 11400 USD. Итого 136800 USD. Сумма фактических затрат на шины и цепи составит 214800 USD.

*2. Шины работают без цепей.* Шина без цепи служит 900 мото-часов, шина под цепью служит 3500 мото-часов.

Тогда N = 3500/900 = 3.88.

Сумма расчетных затрат Б = 3,88 x 12 шин x 6500 USD = 302640 USD.

Разность Б – А = 87840 USD. Это — абсолютная экономия.

Отношение Б - А/А = 87840/ 214800 = 0.408 или 41%.

Применение этого стандартного алгоритма расчета эффективности на фактических цифрах Норильского ГМК суммарно за два года позволяет сделать следующие выводы: 1.По двум меньшим размерам шин относительная экономия составила:

«14.00» — 46.4% ; «18.00» — 42.5%.

2. Для шин размера «28,5», импортного производства:

А = 4.8 — 5.5 млн.долл.США;

Б = 6.4 — 7.3 млн. долл.США.

Абсолютная экономия по максимальным цифрам составила 1.8 млн. долл.США, относительная экономия — 32.7%.

3. Усредненное по трем размерам шин значение (без учета количества шин по каждому размеру) дает величину средней по предприятию относительной

экономии 40.5%.

Следует отметить, что расчет сделан без учета влияния таких факторов, как:

• отсутствие затрат на ремонт шин;
• применение недорогих диагональных шин вместо радиаль- ных;
• применение шин с протектором L 2 или L 3 вместо L 4 или L 5;
• экономия горючего;
• снижение затрат на содержание трасс движения;
• общий рост производительности горных работ.

Учет этих факторов выводит расчет конечной экономии на уровень 43-45%.

Таким образом, многолетняя практика Норильского ГМК подтверждает, что шинозащитные цепи фирмы RUD реально помогают устранить проблемы износа шин и снизить производственные затраты, связанные с эксплуатацией колесной погрузочно-доставочной техники.

## б. Цепь фирмы PEWAG

Фирма PEWAG выпускает кольцевые цепи RINGSTAR, предназначенные в качестве мощного и экономичного средства защиты шин на крупнотоннажной колесной погрузочной и бульдозерной технике.

Кольцевым цепям все чаще и чаще отдается предпочтение перед плоскозвенными цепями, поскольку кольцевые цепи позволяют получить высокий экономический эффект.

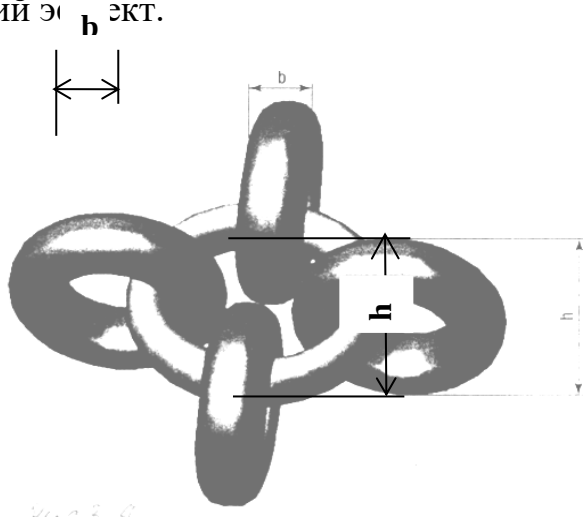



Рис.3.9.Фрагмент элемента цепи четырехзвенной
Конфигурации.
Ширина: b = 21 мм; высота: h = 67 мм

Главная особенность кольцевой конструкции (рис.3.9) заключается в том, что рабочее звено, выполненное в виде кольца, изнашивается гораздо медленнее аналогичного по весу рабочего звена, выполненного в виде пластины. При движении машины рабочие кольцевые звенья, находящиеся в

данный момент в «пятне сцепления», вращаются вокруг оси соединительного кольцевого звена, подобно роликам в подшипнике. Трение скольжения здесь заменено на трение качения, что энергетически гораздо выгоднее: чем меньше трение - тем меньше износ.

Иначе говоря, если взять два одинаковых по весу, но разных по форме звена, одно из которых - плоское, второе - кольцевое, то второе будет служить до полного износа на 30-40% дольше первого.

Помимо повышенной долговечности, цепь кольцевой конструкции имеет множество других весьма важных в техническом отношении преимуществ, главными из которых являются:

- гораздо более плотная сетка цепи, или, что то же самое, гораздо меньшие просветы между звеньями. Минимальный просвет сетки составляет всего 4.4 см, это означает, что фрагменты породы диаметром 4 см не смогут повредить шину;
- увеличенное на 40-50% (по сравнению с плоскозвенными цепями) количество элементов, приходящееся на 1 $м^2$ сетки. Это означает, что нагрузка от веса машины лучше рассредоточена между точками контакта звеньев и грунта, удельная нагрузка на 1 контакт снижена, износ происходит медленнее, срок службы цепи растет;
- кольцевая цепь обладает лучшими показателями по противоскольжению, поскольку имеет большее количество точек контакта с грунтом. Это качество приобретает особое значение для подземных машин, когда приходится преодолевать крутые уклоны, и почва горной выработки сложена вязким слоем «закладочных пород»;
- несмотря на относительно малые просветы между звеньями, кольцевая цепь имеет более высокую способность к самоочистке от глинистого мелкозема, забивающего сетку цепи;
- соединительные кольца изнашиваются равномерно по всей внутренней поверхности, благодаря тому, что при движении машины рабочие звенья не только вращаются вокруг осей соединительных звеньев, но и смещаются вдоль этих осей. Это приводит к отсутствию зон постоянного контакта, где плоские рабочие звенья «пропиливают» в соединительных кольцах углубления, приводящие к разрушению цепи;
- при наездах на препятствия (крупные глыбы, куски скальных пород), сравнимые по размерам с 0,1-0,4 диаметра колеса, кольцевая цепь проявляет эффект, который максимально близко можно описать словом «эластичность», это проявляется в своего рода «обволакивании» препятствия цепью (а следовательно - и шиной). Это снижает воздействие на шину, нивелируя «пиковую» локальную нагрузку на элементы конструкции шины, сберегая шину;
- если посмотреть на кольцевую цепь со стороны шины, то здесь также можно увидеть преимущество: перекатывающиеся по протектору кольцевые звенья не оказывают на протектор столь сильного воздействия, как это происходит с углами плоских рабочих звеньев. Это весьма благоприятно сказывается на шине, продлевая ее ресурс. Кроме того, становится вполне

допустимым и реальным устанавливать под цепь шины с низким протектором L2 (E2) вместо L5 (E5), что влечет дополнительную экономию эксплуатационных затрат.

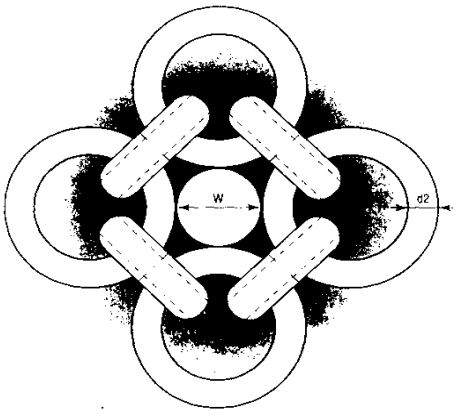



Рис.3.10. Шинозащитная цепь тип RINGSTAR GRT 16 четырехзвенная конфигурация:
- диаметр соединительного кольца:
d2 = 14 x 18 мм;
- просвет сетки: W = 44 мм.

Кольцевые цепи RINGSTAR (рис. 3.10) производства *PEWAG,* несмотря на внешнюю простоту, являются продуктом высочайших технологий, применяемых на очень немногих европейских предприятиях.

В табл.3.1 приведены основные технические показатели новой цепи.

Таблица 3.1

| Основные технические показатели цепи | |
|---|---|
| Просвет сетки минимальный, мм | 44 |
| Количество рабочих звеньев на 1 м$^2$ сетки, шт | 252 |
| Масса износа, приходящаяся на 1 м$^2$ сетки, кг | 52.92 |
| Вес 1 рабочего звена, кг | 0.36 |
| Масса износа 1 рабочего звена, кг | 0.21 |
| Отношение «масса износа/вес звена» | 59% |
| Толщина поверхностного упрочненного слоя, мм | 1.9 |
| Твердость стали в упрочненном слое, ед. Виккерса | 800 |
| Размеры соединительного кольца, мм: | |
| - наружный диаметр кольца | 54 |
| - диаметры тела кольца (в поперечн. сечен - эллипс) | 14x18 |
| Площадь поперечного сечения тела кольца, мм$^2$ | 167 |
| Материал звеньев | Сталь легиров |

| | |
|---|---|
| | анная<br>Mn-Cr-<br>Ni |

Площадь сечения соединительного кольца составляет 167 мм$^2$. Интересно то, что уменьшение этой площади на каждые 10% влечет за собой снижение срока службы цепи на 20-30% .

Другой пример: отношение массы износа к весу «целого» звена. Фактически это основной прямой показатель долговеч-ности и экономичности цепи. Каждые 2-3% уменьшения этого показателя «укорачивают» срок службы цепи на 10-15% .

Все приведенные в таблице «качественные» показатели выгодно отличают цепь RINGSTAR от аналогичных по конструкции цепей других производителей.

Эти параметры могут быть использованы для сравнения аналогов и по параметру «цена» - «качество». Цены у PEWAG заметно ниже, причем в той же мере, в какой выше технические показатели.

Хорошим примером высокой эффективности применения шинозащиты может служить корпорация «КАЗАХМЫС». Кольцевые цепи RINGSTAR прошли серьезную проверку на прочность и долговечность в медных шахтах Джезказгана. Цепи испытывались на колесных погрузчиках CATERPILLAR 980 F, на шинах размера 26.5-25 L2+ производства GOODYEAR. За период испытаний «декабрь 2000 г. - сентябрь 2001 г.» срок службы цепей в среднем составил 5460 мото-часов. Шины, не защищенные цепями, редко «доживали» до 1000-1200 мото-часов.

## 3.2. Высокопроизводительная горная техника для угольных шахт

Топливно-энергетический комплекс государств мира в подавляющем большинстве случае основывается на собственных ресурсах. США добывают ежегодно 900 млн. т угля, внутреннее потребление вставляет 800 млн. т. Твердое топливо составляет более двух третей в потреблении первичной энергии в таких странах, как Дания, Австралия, Польша, Чехия, Словакия, Китай и др. Анализ тенденции мировой энергетики показывает, что роль угля в топливно-энергетическом комплексе будет непрерывно повышаться.

Главный энергоноситель на Украине - уголь, его доля составляет 90% всех запасов энергоресурсов этого государства.

В 2000 г. добыча угля на Украине составила 70 млн. 472 тыс..т, при этом добыча из комплексно – механизированных забоев достигла 61.млн 351 тыс. т, что более чем на 2 млн т выше, чем в 1999 г. Среднесуточная нагрузка на КМЗ составила в 2000 г. 658 т, против 586 т в 1999г.

Выход в ближайшие 8-10 лет на объем добычи угля в 100 млн. т, который необходим для развития энергетики и других отраслей экономики Украины, возможен только при создании и внедрении высокопроизводительной и

надежной горной техники с производительностью 5-10 тыс.т в сутки и ресурсом, в 2-3 раза превышающим ресурс применяемого шахтами оборудования.

Перспективные шахты Украины уже оснащаются высокопроизводительными комплексами МКД 90 (рис.3.11).

Среднесуточная добыч а) на каждый КМЗ из всех 33 действующих комплексно- механизированных забоев составила 1359 т (в 2 раза выше, чем в среднем по отрасли), а на одной лаве на шахте «Краснолиманская» в 1999г. средняя нагрузка составила 3000 т/сут, максимальная- 5530 т/сут.

В 2000 г. стабильно высокие показатели достигнуты комплексами МКД 90 на шахтах им. А.Ф. Засядько,
"Краснолиманская", "Красноармейская - Западная" и им. Бажанова ГХК "Макеевуголь", им. В.В. Вахрушева ГХК "Ровенькиантрацит", им. Стаханова ГХК «Красноармейск-уголь»: средняя нагрузка составила 2000 т/сут при максимальной суточной до 5000 - 6000 т и сменной 900 т, что свидетельствует о высоких резервах эксплуатационной произ-

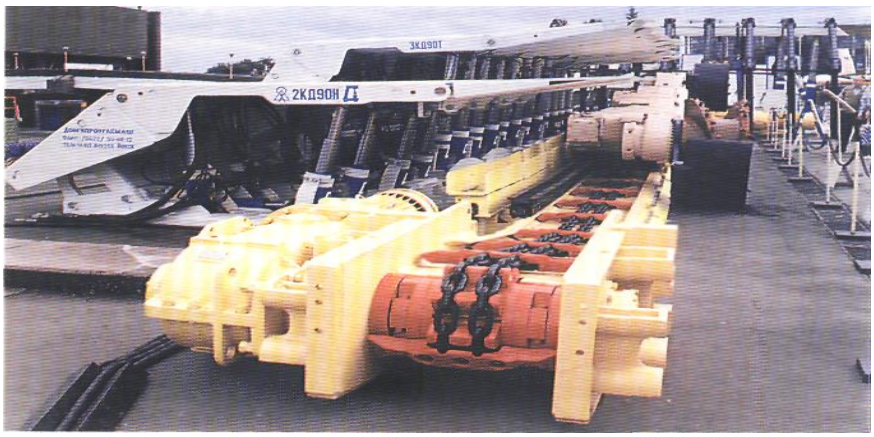


Рис.3.11. Механизированный комплекс МКД 90

водительности этой техники.

По данным отраслевой статистики, эксплуатация пяти комплексов МКД 90 с соответствующей проходческой техникой и транспортными средствами дает годовой прирост добычи угля 1-1,5 млн т , что равносильно вводу новой шахты.

Угольная промышленность Украины в 2000 г. благодаря комплексам МКД 90 получила прирост плановой добычи в 7 млн.т. Только ежегодный ввод в эксплуатацию 15-20 комплексов типа МКД 90 позволит наращивать объем добычи угля на 4-5 млн.т. Поэтому перспектива за 3-4 года решить вопросы добычи необходимого для Украины угля является вполне реальной

Для условий шахт Украины институт «Донгипроуглемаш» (г.Донецк) разработал двухстоечную однорядную крепь КДД с высоким коэффициентом гидравлической раздвижности для применения на пластах с большими колебаниями мощности. Она обладает высокой несущей способностью, надежностью, повышенной ремонтопригодностью, удобна в обслуживании благодаря наличию двух проходов между навесным оборудованием конвейера и стойками. На шахте «Краснолиманская» в декабре 2000 г.

завершены приемочные испытания крепи 1КДД. .Длина лавы - 260 м, вынимаемая мощность пласта -1,2-1,35 м На 01.09.2001 поджигание лавы - 938,2 м. Добыто 539,272 тыс. т угля, максимальная суточная нагрузка 3300т.

Для расширения области применеми двухстоечных однорядных крепей Донгипроуглемашем разработана доку-ментация на экспериментальные секции крепи ДТ с несущей способностью 700-800 кН/м$^2$. Дружковский машинострои-тельный завод приступил к изготовлению секций ДТ для последующего их испытания в шахтных условиях.

рис.3.12) разработана институтом для отработки тонких и весьма тонких пластов мощностью 0,8-1,5м струговыми и комбайновыми комплексами. Она также имеет двойной проход между конвейером и стойками, эффективно работает в условиях неустойчивых кровель и слабых почв, имеет повышенную скорость крепления, оснащена механизмом




Рис.3.12.Механизированная двухстоечная щитовая крепь ДМ

подъема носка основания и короткими подвижными консоля-ми с компактным механизмом передачи усилия от гидростоек. Комплекс МДМ в составе крепи ДМ, комбайна УКДЗ (новая разработка Донгипроуглемаша) и конвейера СП301 с мая 2001г. эксплуатируется на шахте им. А.Ф. Засядько.

Комбайн УКДЗ, опытный образец которого изготовлен на Новокраматорском машиностроительном заводе и работает на шахте им А.Ф. Засядько, имеет самые современные конструкторские решения: сопротивляемость угля резанию до 400 кН/м, возможность работы в самых сложных условиях (включения породы, наплыва кровли, нарушения сплошности пласта), расчетная долговечность силовых элементов редукторной группы - 15 тыс.ч ( в 2 раза выше, чем у серийных комбайнов аналогичного назначения). Комбайн постоянно усовершенствуется.

В течение последних пяти лет практически во всех высоконагруженных лавах применяются скребковые конвейеры повышенной надежности и ресурса: СП 301/90У и СП 326 с тяговой цепью калибром 24 и 26 мм; СПЦ273 и СПЦ230 с тяговой цепью 26 и 30 мм, освоенные Харьковским заводом «Свет шахтера».

Донгипроуглемаш разработал и передал Новокра-маторскому машиностроительному заводу изготовление скребкового конвейера КСД 28 (рис.3.13) нового технического уровня для высоконагруженных лав длиной

350 м. Конвейер оснащен приводными блоками с планетарным и планетарно - цилиндроконическим редуктором и двумя двухскоростными электродвигателями мощностью 250 кВт (соотношение скоростей 1:3). Калибр тяговых центрально расположенных цепей - 30 мм, решетчный став на базе нового спецпрофиля Н255 мм, ресурс – до 3 млн. т угля. Это первый в Украине конвейер производительностью 1000 т/ч., способный обеспечить нагрузку на лаву 10 тыс. т/сут.




Рис 3.13. Скребковый конвейер КСД 28

На базе КСД 28 институт разработал типажный конвейер КСД 27 (мощность двухскоростных электродвигателей 200 кВт, калибр тяговых цепей 30 мм, расчетная производительность - 840 т/ч и выше, ресурс - 3 млн. т); конвейер КСД 26 (соответственно мощность - 160 кВт, калибр-24 мм, расчетная производитель-ность - 516 т/ч и более, ресурс - 1,5 млн.т). Завод «Донецкгормаш» уже изготовил опытный образец конвейера КСД 27, который будет испытываться в шахтных условиях, планируется изготовление опытного образца конвейера КСД 26.

Донгипроуглемашем за последние годы созданы проходческие комбайны нового технического уровня П 110 и П 220. С 1997 г. Новокраматорский машиностроительный завод
выпускает проходческие комбайны П 110 (рис.3.14) среднего класса, с 1999 г. - комбайны П 220 с повышенной энерговооруженностью и возможностью разрушать более крепкие породы. Комбайны обеспечивают темпы проходки 160 - 470 м/мес. при сечениях выработок 13 - 25 м$^2$ и крепости
присекаемых пород до 70 - 100 МПа и отличаются эксплуатационной надежностью: на ряде шахт ресурс их превышает гарантийный в 3,5 - 4 раза. В январе 2001 г. на
шахте "Добропольская" ГХК "Добропольеуголь" комбайном П 110 пройдено 560 м конвейерного штрека сечением в проходке 12,9 м$^2$.

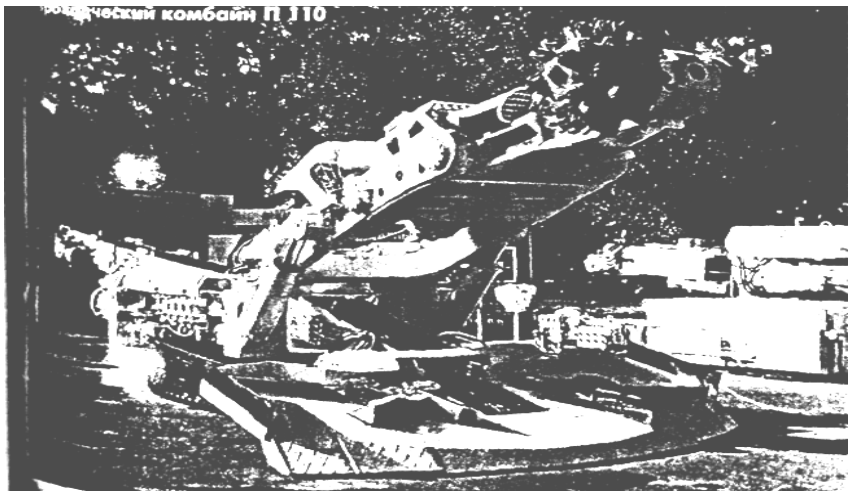


Рис.3.14. Проходческий комбайн П110.

При интенсификации добычи и скоростной проходке повышаются требования к вентиляции. Эффективное проветривание проходческих забоев длиной 2 и 2,5 км обеспечивают серийные вентиляторы местного проверивания ВМЭ2-8 и ВМЭ2-9 конструкции «Донгипроуглемаша».

Концентрация производства требует и существенного повышения нагрузок и эксплуатационной надежности средств доставки угля, в первую очередь ленточных конвейеров основного транспорта при интенсивных грузопотоках. Это может быть достигнуто только созданием нового, четвертого поколения конвейеров, объединенного в размерный ряд, построенный по наиболее совершенному принципу на основе современной материально- технической базы. С этой целью были разработаны перспективные направления и технические решения, соответствующие мировому уровню, которые зафиксированы в ГОСТ 28628-90 «Конвейеры шахтные ленточные. Общие технические условия».

В последние годы по этому стандарту созданы и освоены в серийном производстве на Краснолучском машзаводе и заводе «Донецкгормаш» наиболее массовые участковые конвейеры 1Л800, 1ЛТ 1000 , 1ЛТП 800 и 1Л 1000. Их внедрение позволяет не только заменить 75% эксплуатируемых конвейеров, но и резко повысить технический уровень шахтного конвейерного транспорта в целом.

## Шахтные электровозы с улучшенными эксплуатационными характеристиками

Основными разработчиками и поставщиками шахтных электровозов и электровозов для открытых горных разработок ранее были организации и предприятия Украины. Поэтому после распада СССР горные предприятия стали ощущать трудности с обновлением парка электровозов и обеспечением их запчастями. В связи с этим Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт электровозостроения (ВЭНИИ)

разработал несколько типов электровозов для горной промышленности, а Новочеркасский электровозостроительный завод (НЭВЗ) подготовил производство для их серийного выпуска.

Первые новочеркасские шахтные электровозы КН10 и АРПН14 созданы на базе электровозов К10 Александровского и АРП14 Дружковского машиностроительных заводов. Технические параметры шахтных электровозов КН 10 и АРПН14 приведены в табл.3.2.

Таблица 3.2

Технические характеристики шахтных электровозов

| Параметры | Единица измерения | Тип электровоза | |
|---|---|---|---|
| | | КН 10 | АРПН14 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Источник тока | | Контактная сеть | Аккумуляторная батарея 161ТНКШ550У5 |
| Номинальное напряжение | В | 250 | 185 |
| Энергоемкость батареи | кВт - ч | - | 120 |
| Скорость в часовом режиме | км/ч | 11,5 | 9,1 |
| Мощность в часовом режиме | кВт | 66 | 54 |
| Сила тяги в часовом режиме | кН | 23,5 | 21 |
| Скорость в длительном режиме | км/ч | 13,5 | 14,3 |
| Мощность в длительном режиме | кВт | 46 | 20,7 |
| Сила тяги в длительном режиме | кН | 12,2 | 5,4 |
| Конструкционная скорость | км/ч | 25 | 18 |
| Число тяговых двигателей | шт | 2 | 2 |
| Масса электровоза | т | 10 | 14 |
| Ширина колеи | мм | 600/900 | 900 |
| Габаритные размеры: | мм | | |
| - высота по крыше кабины | | 1650 | 1750 |
| - ширина по раме | | 1050/1350 | 1360 |
| - длина по буферам штыревых сцепок | | 4920 | 5860 |
| Жесткая база | мм | 1220 | 1635 |
| Клиренс при новых бандажах, не менее | мм | 100 | 70 |

Главное внимание при создании новых электровозов уде-лено повышению надежности и улучшению эксплуатационных характеристик.

Принципиальная схема контактного электровоза КН10 такая же, как и электровоза К10. Напряжение на тяговых двигателях регулируется путем их последовательного или параллельного включения, а также пусковым резистором. Для уменьшения толчков силы тяги в схеме электровоза КН10 предусмотрено 6 пусковых позиций при последовательном соединении тяговых двигателей вместо 5 у К10. С той же целью изменена разбивка ступеней пускового резистора при параллельном соединении двигателей,

На электровозе КН10 установлен новый, специально для этого электровоза созданный, тяговый двигатель НБ 33/20. Это двигатель постоянного тока, четырехполюсный, последова-тельного возбуждения с самовентиляцией. Мощность двигателя в часовом режиме 33 кВт. в длительном — 20 кВт. Принципиальное отличие его от аналогов — использование новых нагревостойких изоляционных материалов. Рабочие характеристики тягового двигателя НБ 33/20 приведены на рис. 3.15.

Улучшены тормозные характеристики электровоза за счет применения специальных стальных вставок в тормозные колодки и увеличения на 30 %, по сравнению с электровозом К10, мощности тормозных резисторов. Для этого резисторные

элементы КФ заменены на ЛФ. Такое техническое решение позволило при увеличении мощности снизить объем и массу

резисторных блоков примерно на 20 % и повысить их на-дежность.

Координация параметров обмоток трансформатора и дросселей стабилизатора позволяет электровозу работать при минимальном напряжении 160 В вместо 170.

Износостойкость зубчатых колес силового редуктора повышена в результате применения специальных режимов термоупрочнения, разработанных и проверенных при изготовлении и эксплуатации аналогичных узлов магистральных электровозов.

Создан новый контроллер машиниста КМ-7. Для

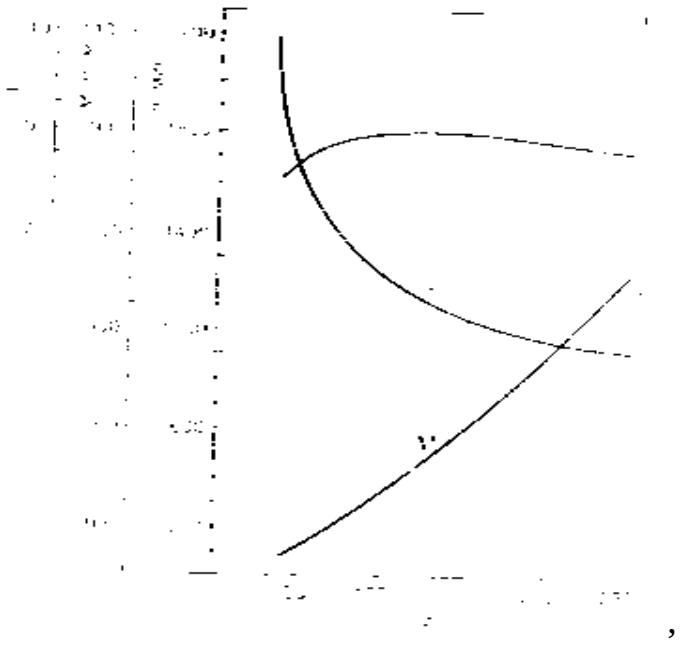


Рис.3.15. Рабочие характеристики тягового двигателя НБ-33/20

повышения его надежности сконструирован новый контактор-ный элемент КЭ-8 (рис. 3.16), рассчитанный на работу при нормальном напряжении 250 В и длительном токе 200 А. Контакторный элемент КЭ-8 взаимозаменяем с

контакторными элементами контроллера КС-303 электровоза К10. Взаимозаменяемы целиком и контроллеры КС-303 и КМ-7.

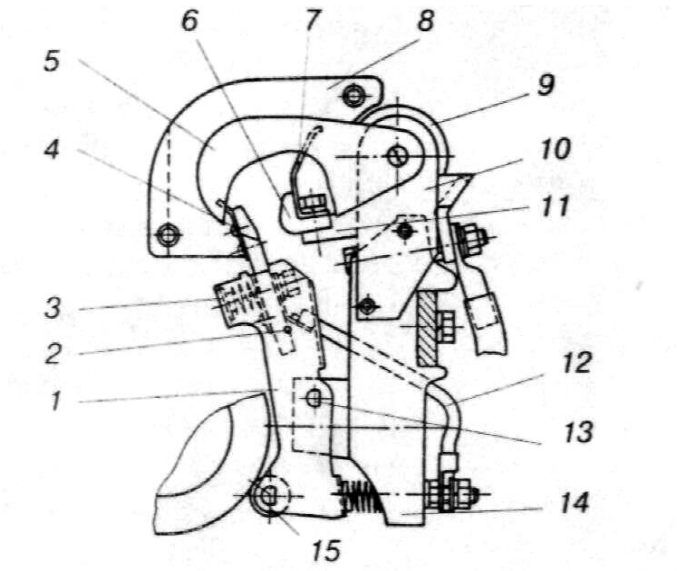



Рис. 3.16. Кулачковый контактор КЭ-8:

1 — рычаг;
2 — ось;
3 — пружина;
4 — подвижный контакт;
5 — полюс;
6 — неподвижный контакт;
7 — рог;
8 — дугогаситепьная камера;
9 — дугогасительная катушка;
10 — боковина;
11 — держатель;
12 — гибкое соединение;
13 — ось;
14 — изолятор;
15 — ролик

Для обеспечения высокой надежности электровозов разработан ряд специальных устройств и стендов для контроля качества узлов и комплектующего оборудования в процессе их изготовления.

Опытные электровозы КН 10-900 и КН 10-600 прошли испытания и эксплуатационную проверку на шахтах «Майская» и «Южная» АО «Ростовуголь». Испытания показали полное соответствие электровозов техническим условиям. Опытная эксплуатация подтвердила их более высокую надежность по сравнению с К10, особенно в части электрооборудования. В связи с этим эксплуатационные пробеги электровозов КН10 в 2.5-3,0 раза превышают пробеги электровозов других изготовителей в одинаковых условиях.

Кроме двух опытных образцов изготовлена партия из 5 электровозов. Их эксплуатируют шахты АО Ростовуголь» и АО «Гуковуголь».

Разработана также документация и изготовлен опытный электровоз АРПН14. Силовая схема, механическая часть и в значительной степени электрическое оборудование этого электровоза такие же, как и у АРП14.

Принципиальное новшество — использование тягового двигателя НБ-23,.5, созданного специально для электровоза АРПН14. Это четырехполюсный. взрывобезопасный двигатель с последовательным возбуждением и естественным охлаждением. Мощность в часовом режиме — 23,5 кВт, в длительном -9,4 кВт. Повышенная надежность двигателя обеспечивается современными видами изоляции и прогрессивными технологиями изготовления, аналогичными примененным при создании тяговых двигателей НБ-33/20 и тяговых двигателей магистральных электровозов. Рабочие характеристики тягового двигателя НБ-23,5 приведены на рис. 3.17

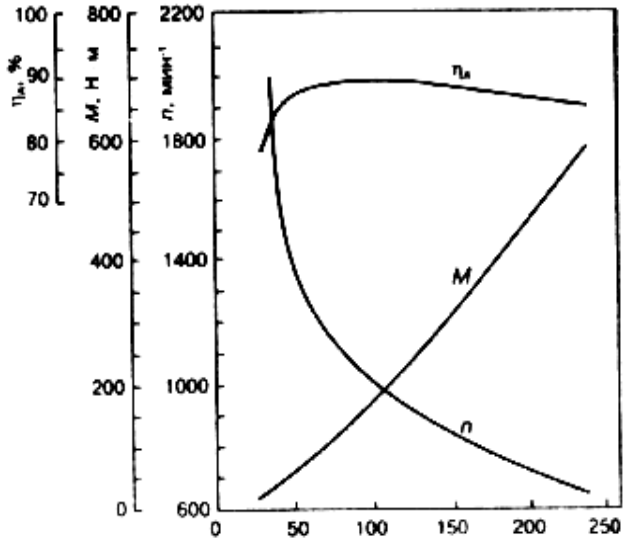



Рис. 3.17. Рабочие характеристики тягового двигателя НБ-23,5

### 3.4. Специальное оборудование рудничного транспорта

Для рудничного транспорта характерно разнообразие транспортных устройств, последовательно работающих в одном грузопотоке. Стыки однородных видов транспорта, например конвейеров, осуществляются сравнительно просто. Перегрузка с конвейера в вагонетки, из вагонеток в скипы, обмен вагонеток в клетях и др. связаны с маневровыми и погрузочно-разгрузочными работами, для механизации которых используют специальные машины и механизмы.

К специальным машинам и механизмам рудничного транспорта относится оборудование для разгрузки вагонеток, оборудование, служащее для передвижки и регулирования движения отдельных вагонеток или составов на конечных пунктах в местах загрузки и разгрузки вагонеток, в околоствольных дворах, на приемных площадках надшахтных зданий и на обменных пунктах.

К числу специальных разнообразных машин, механизмов и оборудования, применяемых для механизации указанных технологических процессов на

транспорте относятся: затворы, питатели, путевые стопоры и тормоза, опрокидыватели вагонеток, толкатели и маневровые лебедки, компенсаторы высоты, поперечные тележки.

Из указанного перечня оборудования ниже рассматриваются опрокидыватели для вагонеток, толкатели и компенсаторы высоты.

О п р о к и д ы в а т е л и служат для разгрузки вагонеток путем их наклона или поворота в положение, обеспечивающее высыпание груза.

Опрокидыватели классифицируют по следующим признакам:

1) по способу разгрузки вагонеток — круговые; боковые со штоковым рабочим органом; боковые с поворотной платформой; лобовые;

2) по назначению — для разгрузки одиночных вагонеток; для разгрузки нерасцепленных составов без пропуска электровоза; для разгрузки нерасщепленных составов с пропуском электровоза;

3) по характеру работы привода — с непрерывной работой двигателя; с включением и выключением двигателя при каждом цикле;

4) по роду привода — электрические; гидравлические; пневматические;

5) по числу одновременно разгружаемых вагонеток — для одной и нескольких вагонеток;

Наиболее распространенными являются круговые опрокидыватели, которые позволяют полностью автоматизировать процесс обмена и разгрузки вагонеток.

На рис. 3.18 показан унифицированный круговой опрокидыватель, предназначенный для опрокидывания вагонеток без расцепки и потому имеющий продольную ось вращения, совпадающую с осью вращающейся сцепки вагонетки. Корпус («барабан») опрокидывателя состоит из двух

котором устанавливается разгружаемая вагонетка. Кольца

опираются на две пары роликов, из которых одна пара (при-

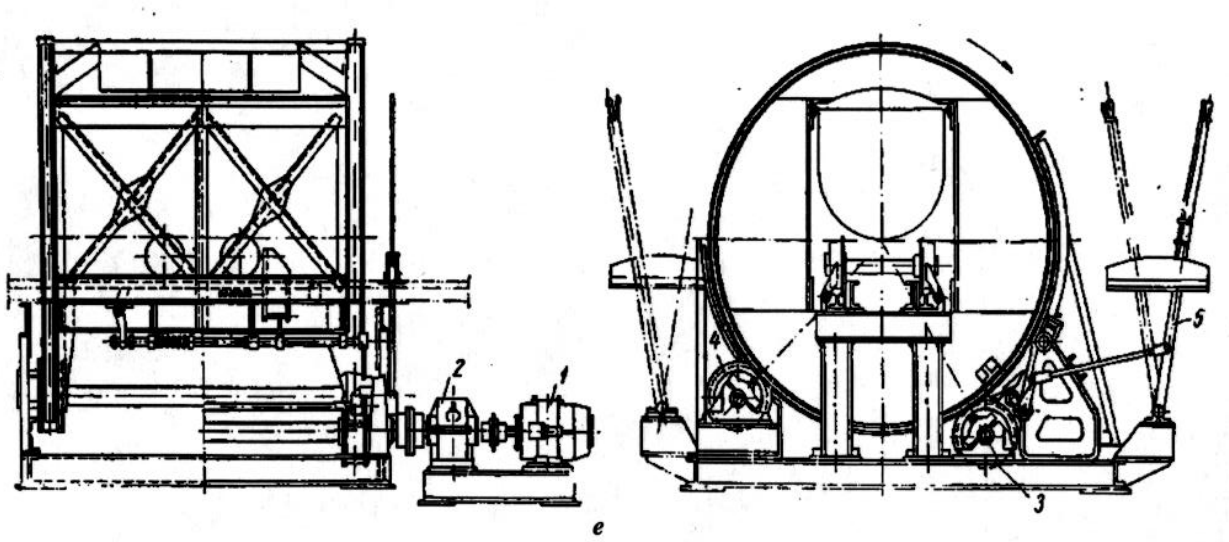



Рис. 3.18. Круговой опрокидыватель для нерасцепленных вагонеток:
1— электродвигатель; 2— редуктор; 3 — приводные ролики; 4 — опорные ролики; 5 — рукоятка управления

водная) после пуска электродвигателя вращается постоянно и трением о кольца приводит во вращение корпус, а другая— является поддерживающей. В конце полного оборота корпус слегка приподнимается с приводных роликов и застопоривается «фиксатором», так что приводные ролики вращаются вхолостую. При этом автоматически раскрывается смонтированный в опрокидывателе путевой стопор и при помощи толкателя (или самокатом) порожняя вагонетка заменяется груженой.

Последующий пуск опрокидывателя производится при помощи рукоятки выключением фиксатора, благодаря чему кольца снова входят в соприкосновение с приводными роликами, и барабан начинает вращаться.

В некоторых конструкциях опрокидывателей управление башмаком производится дистанционно с помощью электрогидравлического или пневматического привода.

В механическом комплексе «толкатель-опрокидыватель», толкатель и опрокидыватель электрически сблокированы так, что автоматически срабатывают поочередно. Имеются также схемы полностью автоматизированных комплексов, в которых толкатель и опрокидыватель сблокированы с загрузочным устройством для скипов.

Для работы в автоматизированном комплексе опрокидыватели должны быть оборудованы датчиками, фиксирующими в опрокидывателе: открытое положение стопоров, правильное положение вагонетки, исходное положение барабана опрокидывателя, а также отключение привода фиксирующего механизма барабана.

Опрокидыватели для вагонеток изготовляются на производительность до четырех опрокидываний в минуту.

Т о л к а т е л я м и называют маневровые устройства, предназначенные для принудительного передвижения отдельных вагоне или целых составов в

подземных выработках или на поверхности шахт. Толкатели составляют большую и разнообразную группу механизмов.

Толкатели классифицируют по следующим признакам:

по назначению — для обмена одиночных вагонеток в клетях и опрокидывателях; для проталкивания одиночных вагонеток и составов; проталкивания нерасцепленных составов через опрокидыватель в околоствольном дворе и вытягивания вагонеток из клети;

по способу захвата вагонеток — за подвагонный упор (или за ось вагонетки); за кузов; за буфер;

по расположению относительно вагонеток — нижнего и верхнего действия;

по типу привода — с электрическим, пневматическим, гидравлическим приводом;

по роду тягового органа — цепные; канатные; поршневые; с толкающей тележкой;

по типу кулаков — с одинарными; с двойными;

по установке — стационарные; передвижные.

В качестве примера на рис. 3.19 показан стационарный цепной толкатель с вертикально замкнутой цепью, предназначенный для проталкивания нерасцепленных составов через опрокидыватель в околоствольных дворах. Шарнирно укрепленные на цепи кулаки, движущиеся в направляющих, захватывают вагонетки за специальный подвагонный упор или за ось. Чтобы состав можно было реверсировать, устанавливают по два кулака — один против другого.

К о м п е н с а т о р ы в ы с о т ы предназначены для подъема отдельных вагонеток, движущихся в самокатной системе, на «потерянную» в этом движении высоту. Компенсатор (рис.3.20) состоит из привода 4, располагаемого в верхней головной части; тяговой цепи 3 с кулаками, захватывающими вагонетки за специально приваренные упоры или за оси; натяжной станции 1, располагаемой в нижней (хвостовой) части; рамы 5.

На наклонном участке компенсатора на раме попарно установлены ловители 2, предназначенные для удержания (улавливания) сорвавшихся вагонеток и предотвращения обратного хода цепи нагруженного компенсатора. Для остановки вагонеток, движущихся самокатом, у нижней звездочки предусмотрено стопорное устройство.

В нижней и верхней частях рельсовый путь и направляющие для цепей профилируются по переходным кривым.

Для управления компенсаторами служит аппаратура автоматического управления, которая обеспечивает: дозировку вагонеток; автоматическое, дистанционное и местное включение и отключение механизмов; блокировку работы компенсатора с механизмами участка накопления; аварийное дистанционное и местное отключение всех механизмов; световую сигнализацию о том, в каком режиме управления в данное время работает компенсатор и об аварийном отключении механизмов.

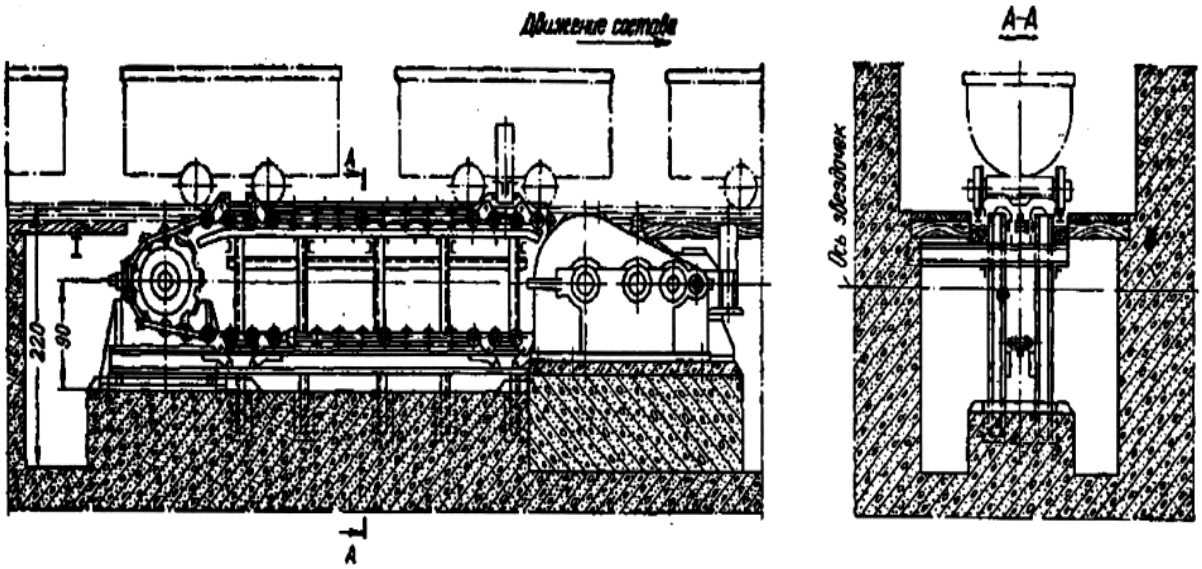



Рис. 3.19. Стационарный цепной толкатель

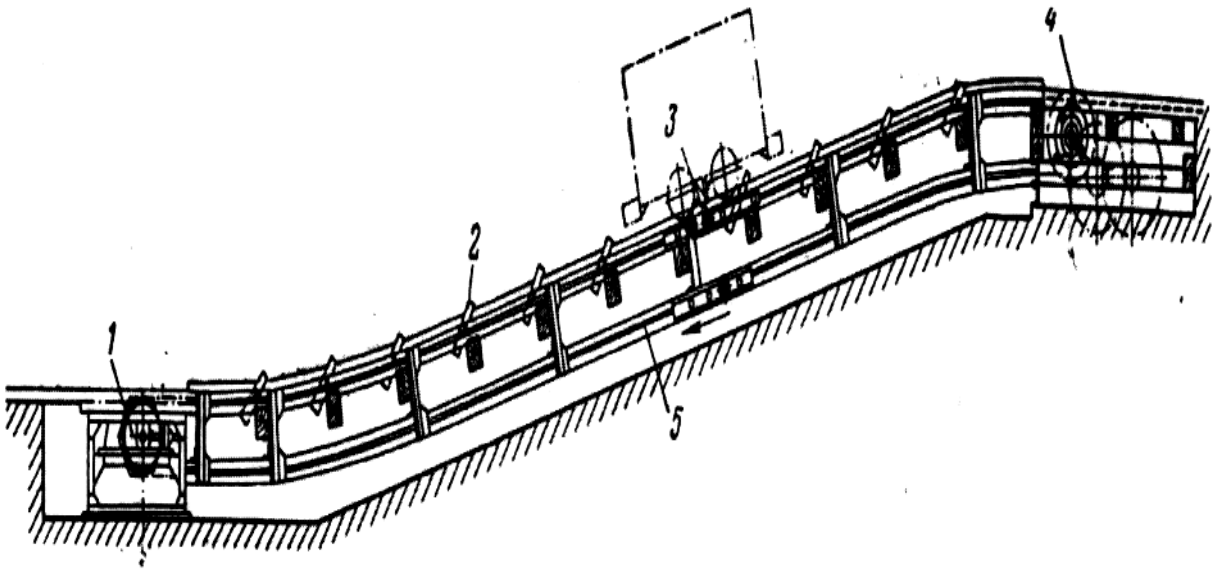



Рис. 3.20. Компенсатор высоты

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Клорикьян С.Х. и др.Машины и оборудование для шахт и рудников: Справочник.- М.:// Горная . – 2002. – 471с.
2. Машины и оборудование для угольных шахт. Справочник. Под ред. Клорикьяна С.Х. и Хорина В.Н. - М: Недра,1974.325 с..
3. Расчет шахтного конвейерного транспорта. Методическая разработка // Л.Ш.Шаходжаев. Ташкент: ТашПИ, 1986.-52 с.
4. Шахмейстер Л.Г., Солод Г.И. Подземные конвейерные установки. - М.: Недра,1976.- 432с.
5. Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г. Расчет ленточных конвейеров для шахт и карьеров-М: Машино- строение,
6. Баду Г.Б. Новая шинозащитная цепь фирмы PEWAG // Горная промышленность. – 2001.- № 6.
7. Евневич А.В. Горные транспортные машины М. Госгортехиздат, 1963.
8. Использование наклонных подъемников для транспорти-рования крупнокусковой горной массы на глубоких карьерах Заполярья / Ю.В. Демидов, Н.К. Трубецкой и др. // Горный журнал. - 1998. - № 7.
9. Картавый А.Н. Перспективы применения крутонаклонных конвейеров с прижимной лентой при ЦПТ // Горный журнал. - 2003. - № 6.
10. Катанов Б.А. Съемные породоразрушающие элементы режущих буровых долот // Горные машины и автоматика. - 2002. - №3. – с .12-15.
11. Катанов Б.А. Самонастраивающиеся буровые долота // Горные машины и автоматика.- 2001.- № 4. - с. 12 - 14.
12. Катанов Б.А. Буровые долота с подвижными породоразрушающими элементами // Уголь – 2003. - № 10.
13. Компактные роторные экскаваторы фирмы KRUPP// Горная промышленность. - 1999. - № 1.
14. Конвейерные резинотканевые ленты STOMIL BELCHATOW S.A. // Горная промышленность. – 2001. - № 4.
15. Кулешов А.А., Тарасов Ю.Д. Автомобильный карьерный подъемник с автономным приводом // Горный журнал. - 2001. - № 1.
16. Лаптев А.Г. Интенсификация и концентрация производства – ключ к повышению объемов добычи угля // Уголь. – 2002. - № 2.
17. Лебедев М.И, Ямалутдинов Р.Г., Григорьев Ю.И. Глюкауф на русском языке, 1998. Спецвыпуск (4), с. 53 - 54.
18. Лебедев М.И., Григорьев Ю.И., Сафонов И.А. Новые типы резинотканевых конвейерных лент ОАО «РТИ-КАУЧУК» для добывающих и перерабатывающих предприятий горной промышленности. // Горная промышленность. - 1999. - № 6.

19. Листопад Г.Г. Наклонные подъёмники карьерного автотранспорта // Горная промышленность. - 2001. - № 2.
20. Макеев А.Ю. Гравитационный транспорт на карьерах // Горный журнал. – 2004. - № 2.
21. Пат. Р.Ф № 2136567.Конвейерная лента. Баташова А.С., Звонецкий Ю.В., Лебедев М.И., Малахов В.И., Ямалутдинов Р.Г. Б.И. № 25 от 10.09.99.

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ**

**Кафедра «Горная электромеханика»**

**Методические указания**
к практическим занятиям студентов по курсу «Специальные конструкции горных машин и устройств»

Навоий-2023 г.

Составитель профессор Абдуазизов Н.А.

Методические указания к практическим занятиям по курсу «Специальные конструкции горных машин и устройств» обсуждены и одобрены на заседании «Горная электромеханика». «28» августа 2023 г. (протокол № 1).

Зав.кафедрой Атакулов Л.Н.

Методические указания к практическим занятиям по курсу «Специальные конструкции горных машин и устройств» утверждены учебно-методическим советом Горного факультета «____» _____ 2023 г. (протокол № ).

**Темы**

рекомендуемые при проведении практических занятий по курсу «Специальные конструкции горных машин и устройств» и методические указания по ним.

**Предисловие**

Ниже приводятся с разбивкой на каждое практическое занятие темы, которые рекомендуются изучить на данном занятие. На каждое занятие проводятся страницы из учебного пособия «Специальные конструкции машин и оборудования горного производства» [1], а также [2],[3] и[4] .

**Практические занятия**

**З а н я т и е № 1**

**Усовершенствованные методы стыковки конвейерных лент**

[1] , стр.13 – 21.

[2].

С т ы к о в к а р е з и н о т к а н е в ы х л е н т .

S T O M I L B E L C H A T O V разработал технологию стыковки резинотканевых лент, обеспечивающую прочное соединение отрезков ленты в месте стыка (рис.1.). Для стыковки ленты должны применяться вулканизацион-ные прессы с минимальным средним давлением на стыке в 1.2 МПа. В качестве материалов для проведения процесса стыковки (которые могут быть поставлены совместно с конвейерными лентами) используются: резина обкладочная, резина прослойная, раствор для очистки соединяемых поверхностей элементов стыка (толуон 80%, четырехлорэти-лен 10%, экстракционный бензин 10%), а также хлопчатобумажное полотно для разделения поверхностей стыка и нагревательных плит вулканизатора.

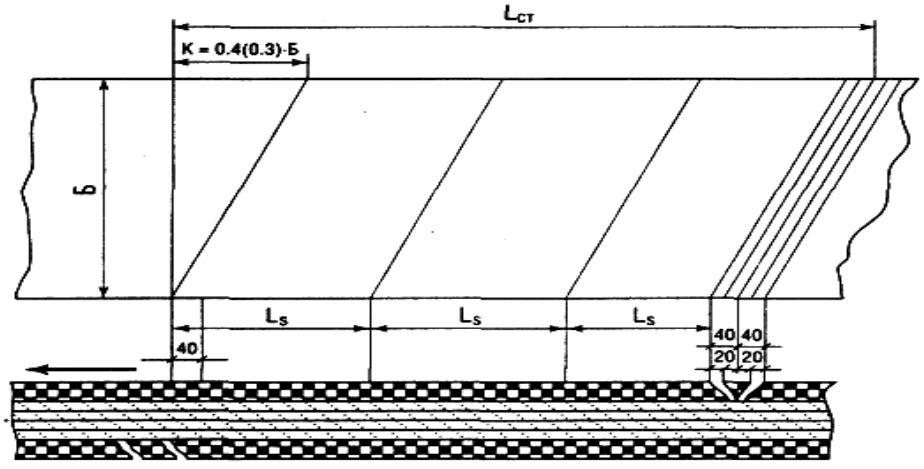



Рис.1. Схема стыковки резинотканевых лент.

Длину стыка для резинотканевых лент при горячем и холодном способах вулканизации можно определить по формуле:

$$L_{cm} = K + (Z-1)\cdot L_s . \qquad (1)$$

Конвейерную ленту после стыковки можно эксплуатировать после охлаждения места стыка до температуры окружающей среды, но не ранее, чем через 2 часа после окончания вулканизации.

С т ы к о в к а д в у х п р о к л а д о ч н ы х л е н т з а в о д а «РТИ – КАУЧУК» не представляет больших сложностей – они легко и быстро соединяются с помощью механических соединителей (неразъемных или разъемных шарнирных), а также методом горячей или холодной вулканизации с укладкой промежуточной тканевой (арамид) или резиновой прокладки.

Горячая вулканизация осуществляется серийными вулканизационными прессами, обеспечивающими равномерное давление порядка 0.8 - 1.0 МПа по рабочей поверхности стыка и температуру вулканизации $145 \pm 5^{o}$C.

С т ы к о в к а р е з и н о т р о с о в ы х л е н т

Разработанная S T O M I L B E L C H A T O V технология стыковки резинотросовых лент (СТ ) обеспечивает прочное соединение отрезков ленты в месте стыка и предполагает их соединение только методов горячей вулканизации.

В зависимости от типа ленты и ее ширины соединение конвейерных лент со стальными тросами может быть одно-, двух- трех- и четырехступенчатое. Конструкция стыков представлена на рис.2. а параметры стыковки в табл .1.

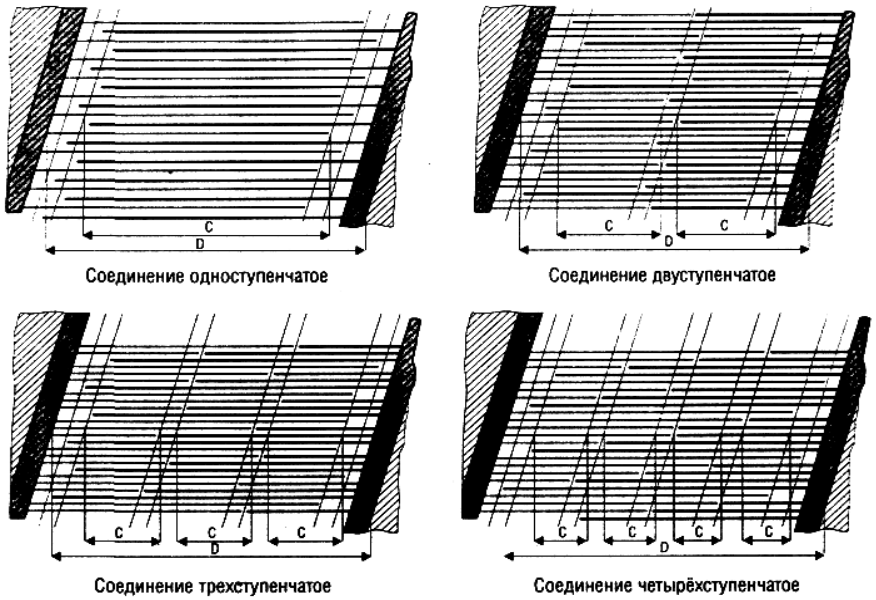



Рис.2.Соединение резиновых лент со стальными тросами

Таблица 1.

Параметры стыковки

| Тип ленты | СТ 800 | СТ 2000 | СТ 3500 | СТ 5000 |
|---|---|---|---|---|
| Количество ступеней | 1 | 2 | 3 | 4 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Длина стыка (D), мм | 600 | 1150 | 2350 | 4050 |
| Длина ступени (С),мм | 300 | 400 | 650 | 900 |

## З а н я т и е № 2

## Теория специального типа привода ленточного конвейера с прижимным роликом и её анализ.

[1],стр.25-29.

Для увеличения прижатия ленты к приводному барабану, а следовательно, и увеличения силы трения между ними служат прижимные ролики, прижимаемые пружинами (рис.3).

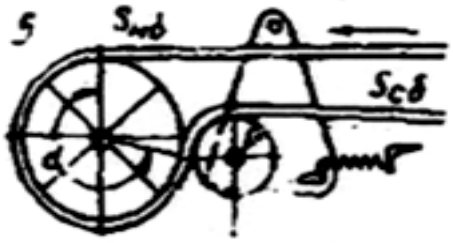



Рис.3. Схема привода ленточного конвейера с прижимным роликом.

Сила Р,. прижимающая ролик к приводному барабану, равна разности давления пружин и отжимающей силы натяжения ленты. При этом прижимной ролик является одновременно отклоняющим и сила Р действует в точке сбегания ленты с барабана.

Для уменьшения удельного давления на ленте в месте прижатия ролика его всегда покрывают толстым слоем особо эластичной технической резины.

Давление ролика с сосредоточенной силой Р создает силу трения между лентой и барабаном $P\mu$. Поэтому для схемы 5 при тяговой силе, равной полной силе трения

$$S_{нб} = \left(S_{сб} + P\mu\right)\cdot \ell^{\mu\alpha}; \qquad (2)$$

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб} = \left(S_{сб} + P\mu\right)\cdot \ell^{\mu\alpha} - S_{сб} = S_{сб}\left(\ell^{\mu\alpha} - 1\right) + P\mu\cdot \ell^{\mu\alpha} \qquad (3)$$

или:

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб} = S_{нб} - \frac{S_{нб} - P\mu\cdot \ell^{\mu\alpha}}{\ell^{\mu\alpha}} = S_{нб} - \frac{S_{нб}}{\ell^{\mu\alpha}} + P\mu = S_{нб}\left(1 - \frac{1}{\ell^{\mu\alpha}}\right) + P\mu = S_{нб}\left(\frac{\ell^{\mu\alpha} - 1}{\ell^{\mu\alpha}}\right) + P\mu. \qquad (4)$$

Из уравнения (4) находим $S_{нб}$:

$$S_{нб} = \frac{W_0 - P\mu}{\frac{e^{\mu\alpha}-1}{e^{\mu\alpha}}} = \frac{(W_0 - P\mu)\cdot e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha}-1} = W_0 \cdot \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha}-1} - P\mu \cdot \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha}-1} \cdot \qquad (5)$$

В целях сравнения приведем соответствующие параметры для обычного привода ленточного конвейера:

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб} = S_{сб}(e^{\mu\alpha} - 1) = S_{нб}\frac{e^{\mu\alpha}-1}{e^{\mu\alpha}}, \qquad (6)$$

откуда

$$S_{нб} = W_0 \cdot \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha}-1}. \qquad (7)$$

Если сравнить выражения (4) и (5) с выражениями (6) и (7) для обычного привода, то оказывается, что при наличии прижимного ролика при том же $S_{нб}$ тяговое усилие $W_0$ получается на величину $P\mu$ больше, а при том же тяговом усилии $S_{нб}$ на величину $P\mu \cdot \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha}-1}$ меньше, чем при отсутствии прижимного ролика.

## З а н я т и е № 3

## Изучение схемы системы подъема автомобильного карьерного подъемника

[1] стр.47-52.

Суть системы подъема заключается в следующем.Система подъема (рис.4*)* состоит из двух тележек на колесном ходу 1,2 с возможностью размещения на них соответственно груженого 3 и порожнего *4* автомобилей-самосвалов. При этом самосвалы могут размещаться как в продольном, так и в поперечном направлениях относительно тележек. Тележки установлены на наклонных рельсовых путях
5, 6 под углом $\beta$ к горизонту.

В прорезях горизонтально ориентированного настила 7 каждой тележки размещены на двух параллельных осях 9, *10,* перпендикулярных продольной оси *8* самосвала, и с зазором друг к другу колеса с эластичными покрытиями *11, 12* с возможностью опирания на них приводных 13 или неприводных *14* колес автомобиля-самосвала 3 или *4.* Оси 9, *10* выполнены разрезными *15,* установлены в подшипниках 16 рам тележек *1, 2* и кинематически, посредством валов *17* и 18 с коническими парами *19, 20* и цилиндрическими зубчатыми парами *21, 22,* связаны с приводными блоками *23, 24,* огибаемыми канатом 25 и установленными с возможностью вращения на одной неподвижной оси *26.* При этом вал *17* кинематически связывает ось 9 с нечетными приводными блоками 23, а вал *18* — ось 10 с четными

приводными блоками 24; сами валы размещены с противоположных сторон от осей 9 и *10* с колесами 11 и 12. Канат 25 замкнут на оборотных блоках 27, *28,* 29, установленных на раме 30, закрепленной на борту 31 карьера. Там же закреплены и свободные концы 32 и 33 каната 25.

Таким образом, обе тележки оказываются кинематически связанными между собой через размещенный на борту карьера центральный блок 28 системой из двукратных полиспастов. Кратность полиспастов выбирается в зависимости от грузоподъемности перемещаемых автомобилей-самосвалов. Как показали результаты исследований, оптимальной является система подъема с четырехкратными полиспастами. При этом приводные блоки *23, 24* могут быть одно- и многожелобчатыми (например, двухжелобчатыми); *34* — горизонт карьера, с которого осуществляется подъем груженых самосвалов; 35, 36— упоры для тележек в нижнем и верхнем положениях.

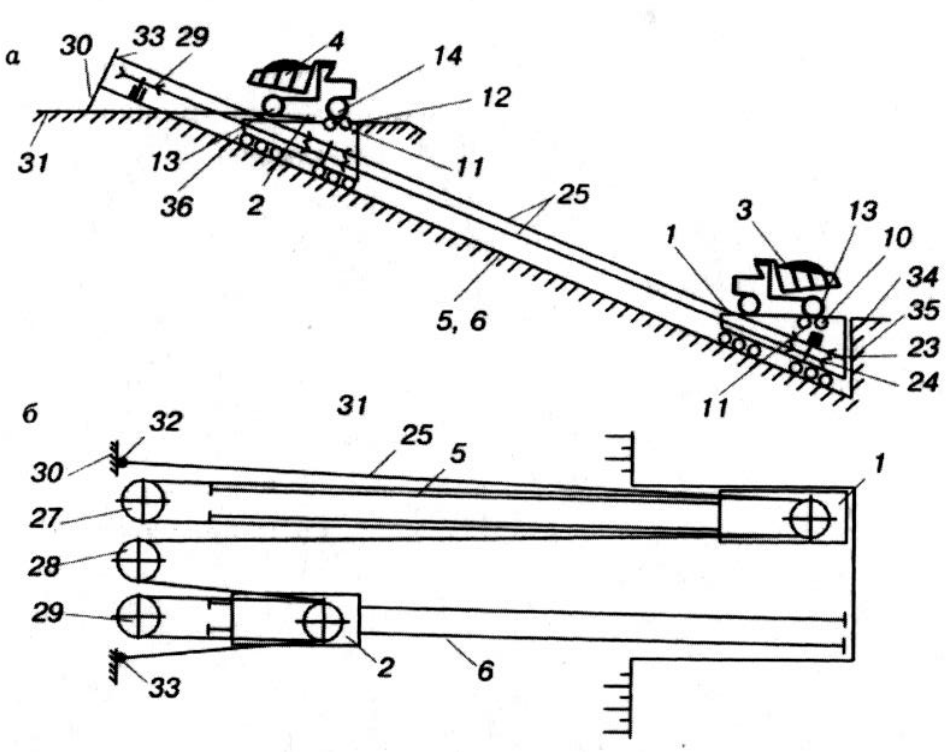



Рис.4. Система подъема автомобилей-самосвалов на борт карьера и их спуска в карьер:
а – вид сбоку , с продольным размещением самосвала на тележке;

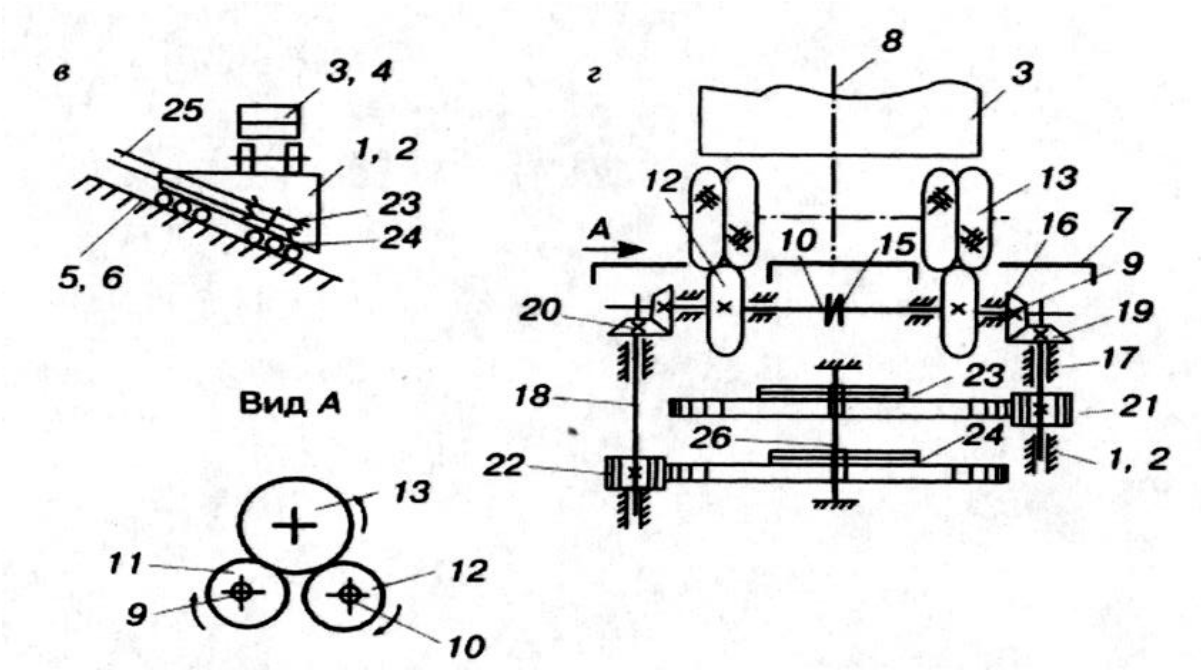



Рис.4. б – план ; в – вариант поперечного размещения самосвала на тележке ; г – кинематическая схема привода канатных блоков;

## З а н я т и е № 4

### Изучение основных элементов и технологической схемы работы карьерного контейнерного подъемника

[1] ,стр. 56-61.
[5].

В институте НИИКМА предложен принципиально новый контейнерный подъемник [5]. Он предназначен для выдачи из карьера груженых контейнеров (автосамосвалов, думпкаров или их съемных кузовов) и одновременного спуска в карьер порожних. Кинематическая схема подъемника выполнена таким образом, чтс в нем находится не один, а несколько груженых и порожних контейнеров, что позволяет сохранять постоянной техническую производительность подъемника при углублении карьера и тем самым устранить одну из основных причин опережающего роста транспортных затрат.

На рис. 5 показана принципиальная схема указанного подъемника. Две кинематически связанные параллельные и примыкающие друг к другу рамы 1 и 2 смонтированы на борту карьера или в подземной выработке и связаны между собой, например, через тяги 3, соединенные с двуплечим рычагом *4.* Рычаг закреплен при помощи шарнира 5 к основанию. Рамы *1* и *2* разделены на отсеки перегородками 6. В отсеках на перегородках 6 размещаются груженые 7 и порожние *8* контейнеры. Каждый отсек имеет механизм для перемещения контейнеров в отсеки соседней рамы. Рычаг *4* снабжен приводом 9. При

использовании в качестве контейнеров кузовов автосамосвалов или думпкаров подъемник снабжается устройствами для их съема и установки на базу транспортного средства. Для обеспечения ритмичности работы подъемника его загрузочная и разгрузочная части могут оборудоваться накопителями контейнеров.

На рис. 6 приведена технологическая схема работы подъ-емника. В исходном положении (см. рис. 6, а*)* в нижний отсек

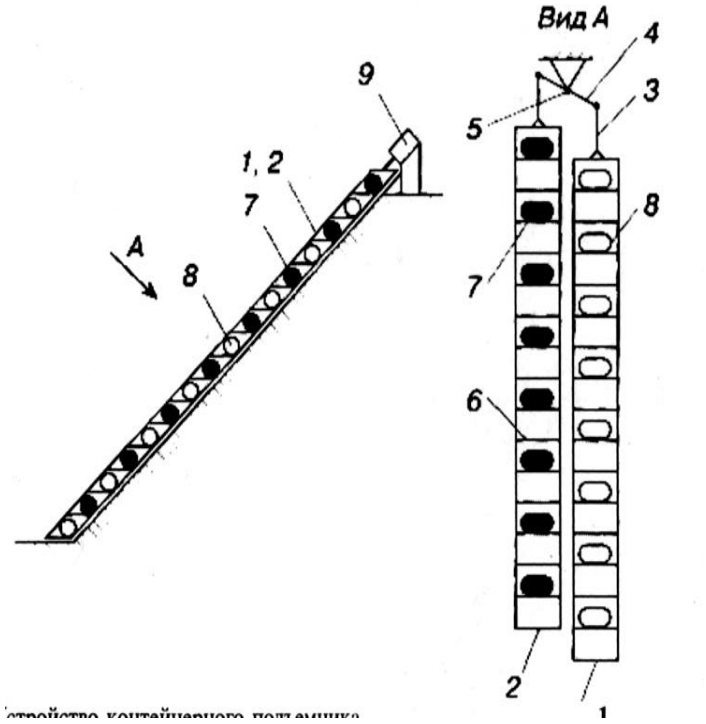
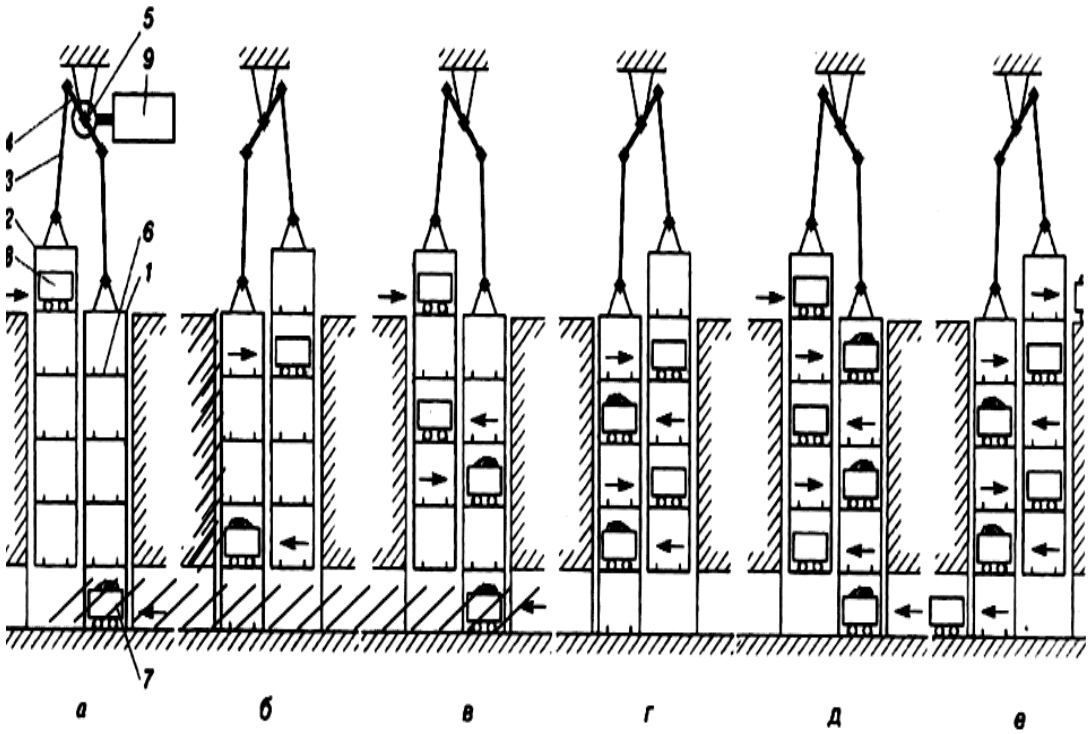



Рис. 5 Устройства контейнерного подъемника .




Принципиальная технологическая схема работы контейнерного подъемника.

рамы 1 поступает груженый контейнер 7, а в верхний отсек рамы *2* — порожний контейнер *8.* Приводом 9 подъемник переводится в положение, показанное на рис. 6,$\delta$, и останавливается для обмена контейнерами между рамами / и *2.* При этом груженый контейнер *7* перемещается во второй снизу отсек рамы *2,* а порожний контейнер *8* — во второй сверху отсек рамы. После этого рамы *1* и *2* переводятся в исходное положение (см. рис. 6 в), и подъемник снова останавливается для обмена контейнерами между рамами, загрузки очередных груженого контейнера в раму *1* и порожнего в раму *2.* Далее подъемник переводится последовательно в положения. показанные на рис.6 г, д, и при остановках осуществляются очередные обмены контейнерами между рамами. После перемещения механизма в положение, показанное на рис. 6, е, осуществляется выгрузка из отсека груженого контейнера на поверхности и порожнего контейнера в карьере. Это положение (см. рис. 6 е) фиксирует выход подъемника на номинальный режим работы.

## З а н я т и е № 5

## Использование сил гравитации для транспортирования груза из нагорных карьеров (изучение и анализ механического оборудования)

[1] , стр.62-65 [18]

[4]

Ниже приводится одна из возможных схем (рис.7) транспортирования грузов в карьере с использованием гравитационных сил. На схеме транспортирования грузов, включающей пути с перемещающимися по ним тележками, связанными между собой гибким тяговым органом, трасса соответствует профилю борта карьера (см. рисунок). Пути на каждой площадке уступа оборудованы двумя вертикальными стенками с рельсами, расположенными по обе стороны от тележки, а тележка имеет дополнительные колеса, взаимодействующие с рельсами вертикальных стенок. Для натяжения тягового органа рельсы, установленные на площадке уступа, и параллельные им рельсы на вертикальной стенке имеют уклон в сторону выработанного пространства, величина которого больше значения коэффициента сопротивления движению тележки по рельсам. Кроме того, пологие участки рельсов имеют уклон в сторону выработанного пространства, определяемый по формуле

$$i > k = P/G$$

где k - коэффициент сопротивления движению тележки по рельсам;

P – сила сопротивления движению тележки по горизонтальному пути;

G - масса тележки.

Этому уклону соответствует угол $\alpha$ . Соблюдение условия $i > k$ обеспечивает необходимое натяжение каната.

Устройство для транспортирования грузов работает следующим образом. Автосамосвалы устанавливают на тележки одновременно: например, на нижнюю тележку – порожний автосамосвал, на верхнюю — груженый. Затем, при вращении приводного барабана, нижняя тележка тяговым органом перемещается по площадке уступа, верхняя - в сторону выработанного пространства под действием собственного веса. При этом нижние колеса тележки катятся по нижним рельсам, а дополнительные - по боковым рельсам, что обеспечивает горизонтальное положение платформы тележки. Далее тележки перемещаются по откосам уступа: нижняя - вверх, а верхняя - вниз. Приводной барабан в этом случае работает в генераторном режиме и рекуперирует энергию в сеть.

При перемещении тележки по откосу на расстояние, равное расстоянию между осями нижних и верхних колес, дополнительные колеса выходят из контакта с боковыми рельсами, и тележка движется по нижним рельсам.

Такое техническое решение позволяет до минимума сократить затраты на подготовку трассы, исключить горные работы, связанные с выполаживанием борта карьера под трассу для путей, обеспечить спуск автосамосвалов в карьер по кратчайшему пути, сократить эксплуатационные расходы на обслуживание автосамосвалов , снизить объем вскрышных работ за

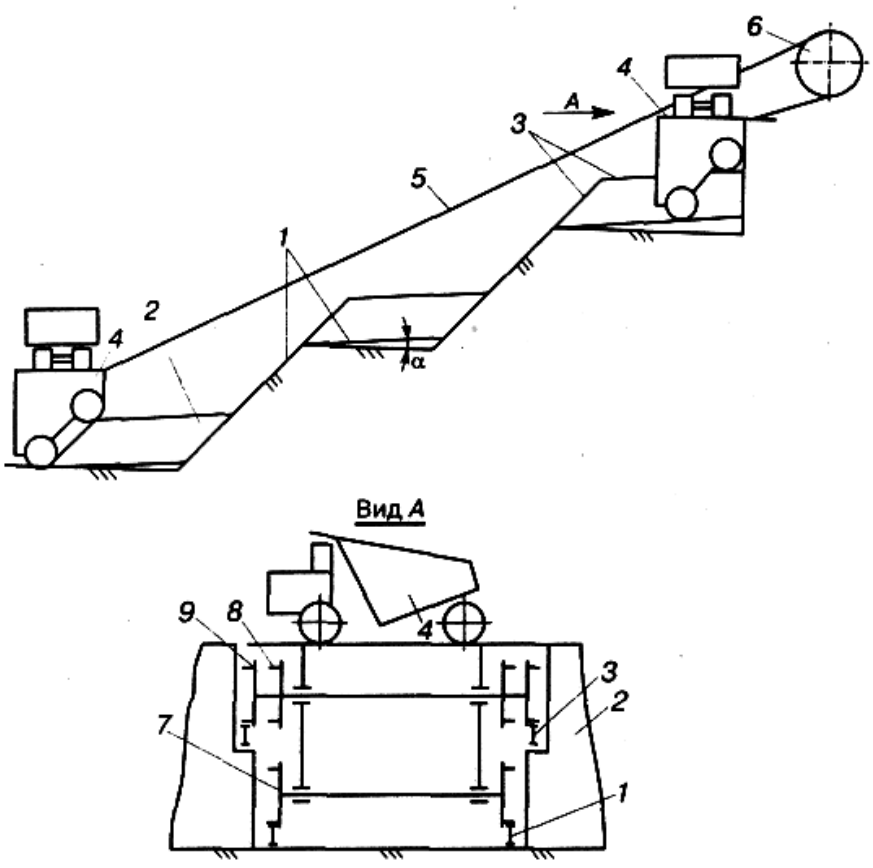



Рис.7. Схема устройства для транспортирования грузов:
1, 3 - рельсовые пути соответственно нижние и боковые; 2 — вертикальная

стенка; 4 — тележки; 5 - гибкий (тяговый) орган; 6 - приводной барабан; 7, 8, 9 - колеса соответственно нижние, верхние и дополнительные.

счет уменьшения ширины проезжей части автодорог, увеличить производительность автосамосвалов и в конечном счете уменьшить себестоимость транспортирования примерно на 10–15 %.

Такая схема в принципе применима и для случая подъема груза вверх, тогда порожний автосамосвал будет спускаться вниз под действием собственного веса.

## З а н я т и е № 6

## Изучение и анализ основных технических характеристик некоторых крупнейших в мире ленточных конвейеров .

[1] ,стр. 65-72.

Мировым лидером по производству конвейеров большой протяженности является подразделение «Транспортировка насыпных материалов» компании «METSO MINERALS » (Англия).

Вплоть до середины XX века любой конвейер длиной более 1 км считался высшим техническим достижением, и еще в 1953 году канатно-ленточный транспортер «установил» рекордное значение протяженности одного пролета - более 10 км. Канатно-ленточный конвейер, введенный в эксплуатацию в 1971 году в Юнионтауне (штат Кентукки, США) протяженностью 14.6 км, относился к самой длинной системе.

Это достижение оставалось высшим до 1984 г., когда были введены в эксплуатацию конвейеры «Worsley Alumina».

Характеристики некоторых из самых протяженных в мире канатно-ленточных систем конвейерного транспорта представлены в табл. 2.

Конвейеры АО «Worsley Alumina», введенные в эксплуатацию более 20 лет назад, до сих пор остаются непревзойденными по своим параметрам. Несмотря на интенсивные разработки систем и технологические новинки в области производства конвейеров традиционной конструкции (когда тяговое усилие передается несущей ленте), самой длинной одноставной конструкцией остается система протяженностью около 16 км, т.е. почти на половину меньше, чем самый длинный канатно-ленточный конвейер.

Однако однопролетные конструкции являются лишь частью комплекса, состоящего из нескольких конвейеров, объединенных вместе и образующих систему очень большой протяженности для транспортировки насыпных материалов.

Большим расстоянием транспортирова-ния насыпных грузов можно считать расстояние от 10 км вплоть до 100 км

Таблица – 2 .

Основные технические характеристики некоторых крупнейших в мире ленточных конвейеров

| Местоположение | Год ввода | Длина, м | Производительность, т /час | Материал | Скорость, м / с | Установленная мощность, кВт | Отличительные особенности |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Шотландия | 1951 | 720 | 130 | Рядовой уголь | 1,14 | 75 | Первый серийный ленточный конвейер |
| Англия | 1961 | 4207 | 870 | Рядовой уголь | 2,29 | 750 | Подземный |
| США | 1971 | 14598 | 1360 | Дробленый уголь | 4,19 | 1865 | Поверхностный |
| США | 1978 | 9913 | 2000 | Медная руда | 4,19 | 1865 | Поверхностный |
| Англия | 1981 | 9200 | 2700 | Рядовой уголь | 7,50 | 8750 | Наклонный конвейер, рассчитанный на 14200 м |
| Замбия | 1981 | 11385 | 850 | Медная руда | 3,50 | 1200 | Большой изгиб в горизонтальной плоскости |
| Австралия | 1981 | 10400 | 2500 | Уголь | 4,00 | 2500 | Поверхностный |
| Австралия | 1983 | 30441 | 2300 | Боксит | 6,00 | 8000 | Самый протяженный конвейер в мире |
| Австралия | 1983 | 20712 | 2300 | Боксит | 6,00 | 5200 | Второй по протяженности конвейер в мире |
| Ямайка | 1984 | 14192 | 1428 | Боксит | 4,00 | 1865 | Поверхностный |
| Индия | 1985 | 14550 | 1800 | Боксит | 4,70 | 2000 | Поверхностный |
| Израиль | 1987 | 18113 | 800 | Поташ | 4,60 | 4000 | Самый длинный в мире изгибающийся конвейер |
| Канада | 1987 | 6000 | 2200 | Рядовой уголь | 6,00 | 6000 | Крутонаклонный |
| Ямайка | 1991 | 7866 | 1000 | Боксит | 3,25 | 750 | Поверхностный нисходящий с поворотами |
| Венесуэла | 1992 | 4232 | 1600 | Боксит | 4,00 | 2500 | Большой регенеративный конвейер |
| США | 1992 | 6415 | 700 | Дробленый уголь | 3,25 | 1350 | Очень сложный рельеф местности |
| США | 1992 | 10745 | 1360 | Рядовой уголь | 4,19 | 1865 | Перемещение конвейера Апатах |
| Филлипины | 1996 | 5775 | 1000 | Известняк | 3,50 | 600 | Изгиб с радиусом 400 м |
| Канада | 1997 | 10390 | 1070 | Рядовой уголь | 4,80 | 1365 | Нисходящий с изгибами радиусом 430 м |

**З а н я т и е № 7**

**Изучение устройства и оборудования , входящие в состав роторного комплекса разреза «Ангренский» .**

[1], стр. 75-85.

Примером применения роторного комплекса в горнодобывающей промышленности Узбекистана является разрез «Ангренский» ОА «Узбекуголь». Здесь смонтирован и работает роторный комплекс фирмы Thyssen Krupp Fordertechnik. Система состоит из роторного экскаватора , самоходного конвейерного перегружателя, комбинированной самоходной загрузочной и кабельной тележки (рис. 8,а),конвейерной установки , передвижного телескопического конвейера и отвалообразователя (рис.8,б) . Система конвейерных установок состоит из передвижных и стационарных установок .

Роторный экскаватор черпает материал, грузит его на конвейерный перегружатель,который через приемный бункер передает материал на конвейер. Перегружатель компенсирует изменение расстояния и высоты между экскаватором и конвейерной установкой.

Транспортирования система в качестве протяженной конвейерной линии между фронтом добычных работ и местом укладки в отвал пород вскрыши, транспортирует горную массу к передвижному телескопическому конвейеру, который через петлевое устройства перегружает материал на соединительный отвалообразователя . Оттуда породы

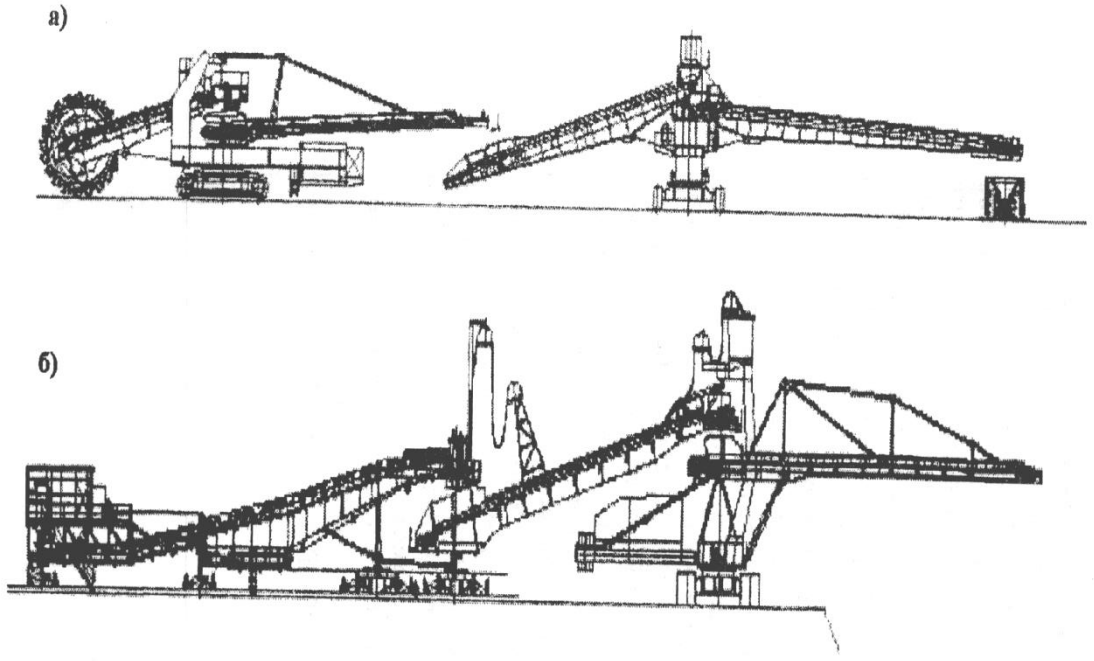



Рис. 8. Оборудования роторного комплекса разреза «Ангренский».

вскрыши по стреле отвалообразователя отсыпаются в отработанную часть карьера.

Основными конструктивными параметрами роторнрго экскаватора, оказывающими влияние на эффективность процесса экскавации, являются геометрические параметры машины и ходового оборудования, а также кинематические параметры приводов и форма зубьев и ковшей.

Геометрические параметры экскаватора и ходового оборудования существенно влияют на размеры добычного блока и эффективность работы роторного экскаватора в блоке, а геометрические параметры и форма ковшей и зубьев- на усилие резания и энергозатраты на процесс копания .

К основным геометрическим параметрам экскаватора относятся диаметр и ширина рабочего колеса, асимметрия ковшей, координаты точки подвеса и вылет стрелы, а также углы установки и смещение рабочего колеса на стреле (рис. 9). Для улучшения процесса разгрузки ковшей и для предотвращения контакта конструкции стрелы с откосом породы в блоке рабочее колесо роторного экскаватора может быть смещено относительно оси стрелы повёрнуто как в вертикальной плоскости на угол крена , так и в горизонтальной на угол скоса.

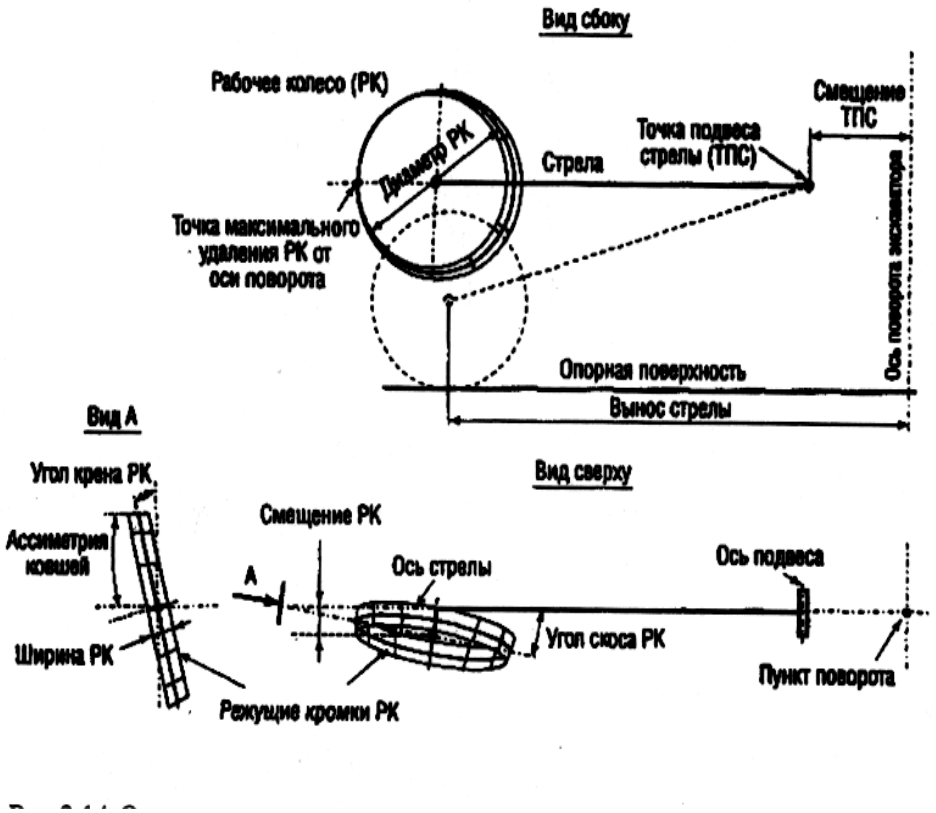



Рис.9 – Основные геометрические параметры роторного экскаватора .

## З а н я т и е № 8

## Изучение и анализ новых конструкций долот для карьерных буровых станков.

[1], стр. 85-92.

В КузГТУ разработаны принципиально новые конструкции режущих буровых долот с подвижными породоразрушающими элементами.

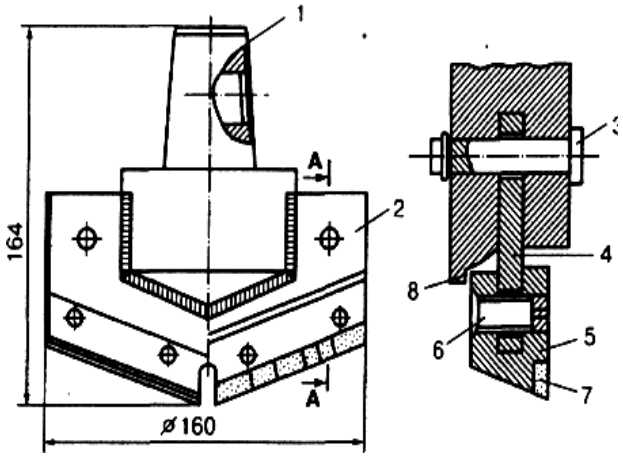



Рис. 10. Режущее буровое долото с амортизатором в виде рессорной пружины

Так, параметры вибрации можно существенно снизить, если использовать амортизаторы, встроенные в долото (рис.10). Оно состоит из хвостовика 1, приваренного к лопасти 2, в которой при помощи валиков 3 установлены рессорные пружины 4. На свободном конце пружин винтами 6 закреплены резцы 5, армированные пластинками 7 твердого сплава ВК-8В. Подвижность резцов обеспечивается наличием пружин 4.

В процессе бурения режущие кромки резцов разрушают породу на забое скважины. Возникающие при этом ударные нагрузки сглаживаются за счет упругой деформации рессорной пружины, ход которой ограничивается выступом 8 на задней стенке лопасти.

Долото позволяет не только увеличить механическую скорость бурения на 20 - 25%, но и снижает на 10 -15% величину пиковых нагрузок. При этом интенсивность износа режущей кромки в 2,5 - 3 раза меньше. Конструкция долота допускает производить замену резцов непосредственно на рабочем месте.

Значительно более сложную конструкцию имеет самонастраивающееся режущее долото с поворачивающимися режущими дисками (рис. 11) [9].

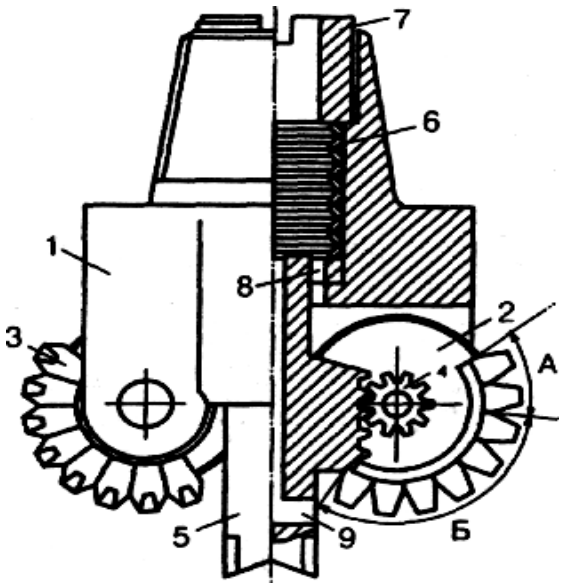



Рис. 11. Буровое долото с поворачивающимися режущими дисками

На корпусе *1* этого долота установлены на осях диски 2 с резцами 3, армированными твердым сплавом. На дисках 2 закреплены шестерни 4, сцепленные с рейками, выполненными на забурнике 5, выбуривающем опережающую скважину. Забурник связан с корпусом 1 посредством шлицевого соединения и опирается своим хвостовиком на тарельчатые пружины 6, сжимаемые при помощи регулировочной гайки 7. Через продувочные каналы 8 и 9, выполненные в хвостовике корпуса и забурнике, подводится сжатый воздух для очистки забоя скважины.

В секторе А дисков 2 установлены резцы 3 с геометрией и армировкой, рассчитанной на бурение относительно крепких пород. При бурении слабых пород забурник 5, выдвинут из корпуса / и выбуривает опережающую скважину, а резцы 3 сектора Б разрушают основную часть забоя скважины.

При бурении крепких пород осевое усилие на забурник увеличивается, и он, сжимая тарельчатые пружины, смещается вверх. Это вызовет поворот дисков 2, в результате которого в контакт с забоем вступят резцы сектора А, рассчитанные на работу по крепким породам. С уменьшением крепости буримой породы забурник сместится вниз, вновь развернет диски и введет в работу резцы сектора Б. При бурении пород средней крепости поворот дисков произойдет лишь на небольшой угол, и износостойкие резцы сектора А будут разрушать периферийную часть забоя, а резцы сектора Б - центральную его часть, ослабленную опережающей скважиной.

Если бурение ведется по чередующимся по крепости породам, то резцы секторов А и Б будут работать попеременно, что неизбежно улучшит их охлаждение, а следовательно, и износостойкость. При этом замена резцов осуществляется автоматически, а настройка долота осуществляется изменением степени сжатия тарельчатых пружин при помощи гайки 7.

## З а н я т и е № 9

## Изучение и анализ режуще-шарошечного и самонастраивающегося шарошечного долот.

[1], стр. 85-92.

Принципиально новой техникой, основанной на новых принципах и не имеющей мировых аналогов, являются комбинированные режуще-шарошечные долота, разработанные КузГТУ и ИрГГУ.

Режуще-шарошечные долота (РШД) имеют как режущие, так и шарошечные породоразрушающие органы (рис. 12).

При этом в большинстве известных конструкций лапы 1 с шарошками 2 неподвижно закреплены на корпусе 3 долота, а режущие лопасти 4, расположенные между шарошками, опираются на упругий элемент 5 в виде стальных пружин (тарельчатых или спиральных), резинового амортизатора или воздушной подушки.

При бурении слабых пород режущий орган (расположенный ниже шарошек) под действием осевого усилия, передаваемого через пружину, внедряется в породу и долото работает, как режущее.

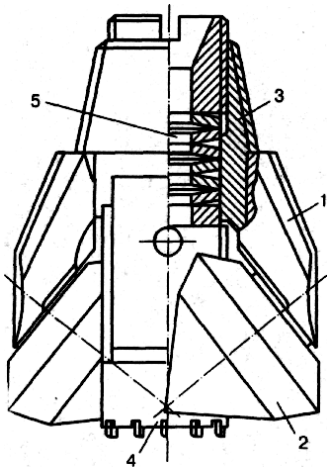



Рис.12. Режуще-шарошечное долото

На крепких породах увеличившееся осевое усилие сжимает пружину, и в контакт с забоем вступают зубья шарошек.

В известных конструкциях шарошечных долот шарошки вращаются вокруг жестко зафиксированных осей (цапф) и не могут перемещаться, что исключает их перенастройку при изменении крепости буримых пород. Исключить этот недостаток и существенно повысить эффективность бурения различных по крепости пород позволяет шарошечное долото, разработанное на той же кафедре горных машин и комплексов КузГТУ (рис. 13).

На корпусе 1 долота установлены лапы 2 с дисковыми шарошками 3. С корпусом при помощи подвижного соединения типа «ласточкин хвост» (сеч. А-А) сопряжены подвижные лапы 4 с зубчатыми шарошками 5.

Между корпусом и подвижными лапами установлены тарельчатые пружины 6. При бурении слабых пород лапы 4 под действием пружины смещаются вниз и вперед по направлению вращения долота (рис. 13.)

относительно оси 1-1 долота на величину e = 5 - 12 мм. Поскольку вершины конусов шарошек при этом не совпадают с осью скважины, то шарошки будут перекатываться по забою с проскальзыванием, что способствует эффективному разрушению слабых пород.

С увеличением крепости породы возрастет сопротивление перекатыванию шарошек, и они, преодолевая сопротивление пружин, будут перемещаться вверх и к центру скважины (в положение,

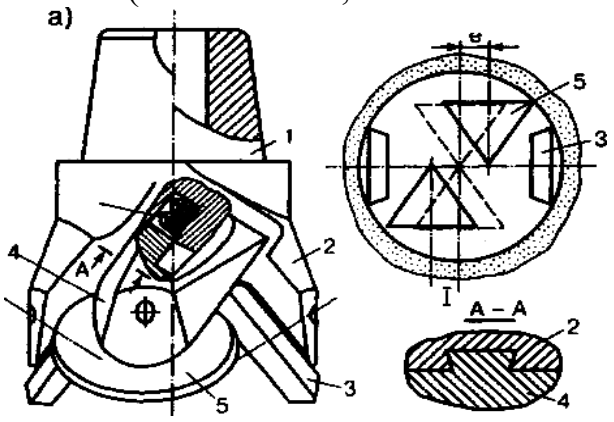



Рис. 13. Самонастраивающееся шарошечное долото

указанное пунктиром на рис. 13, $\delta$) , что исключит их проскальзывание и обеспечит эффективное разрушение пород повышенной крепости.

Применение такого самонастраивающегося шарошечного долота позволит увеличить скорость бурения и эффективно бурить как слабые, так и более крепкие породы без замены.

## Занятие № 10
## Изучение опрокидывателя для вагонеток и оборудования их основные элементы , область и условия применения .

[1], стр. 131-138 .

О п р о к и д ы в а т е л и служат для разгрузки вагонеток путем их наклона или поворота в положение, обеспечивающее высыпание груза. Опрокидыватели классифицируют по следующим признакам:

1) по способу разгрузки вагонеток — круговые; боковые со штоковым рабочим органом; боковые с поворотной платформой; лобовые;

2) по назначению — для разгрузки одиночных вагонеток; для разгрузки нерасцепленных составов без пропуска электровоза; для разгрузки нерасщепленных составов с пропуском электровоза;

3) по характеру работы привода — с непрерывной работой двигателя; с включением и выключением двигателя при каждом цикле;

4) по роду привода — электрические; гидравлические; пневматические;

5) по числу одновременно разгружаемых вагонеток — для одной и нескольких вагонеток;

Наиболее распространенными являются круговые опрокидыватели,

которые позволяют полностью автоматизировать процесс обмена и разгрузки вагонеток.

На рис. 14 показан унифицированный круговой опрокидыватель, предназначенный для опрокидывания вагонеток без расцепки и потому имеющий продольную ось вращения, совпадающую с осью вращающейся сцепки вагонетки. Корпус («барабан») опрокидывателя состоит из двух стальных колец , соединительных ферм и листов и монтированного внутри барабана отрезка рельсового пути , на котором устанавливается разгружаемая вагонетка. Кольца опираются на две пары роликов, из которых одна пара (приводная) после пуска электродвигателя вращается постоянно и трением о кольца приводит во вращение корпус, а другая— является поддерживающей. В конце полного оборота корпус слегка приподнимается с приводных роликов и застопоривается «фиксатором», так что приводные ролики вращаются вхолостую. При этом автоматически раскрывается смонтированный в опрокидывателе путевой стопор и при помощи толкателя (или самокатом) порожняя вагонетка заменяется груженой.

Последующий пуск опрокидывателя производится при помощи рукоятки выключением фиксатора, благодаря чему кольца снова входят в соприкосновение с приводными роликами, и барабан начинает вращаться.

В некоторых конструкциях опрокидывателей управление башмаком производится дистанционно с помощью электрогидравлического или пневматического привода.

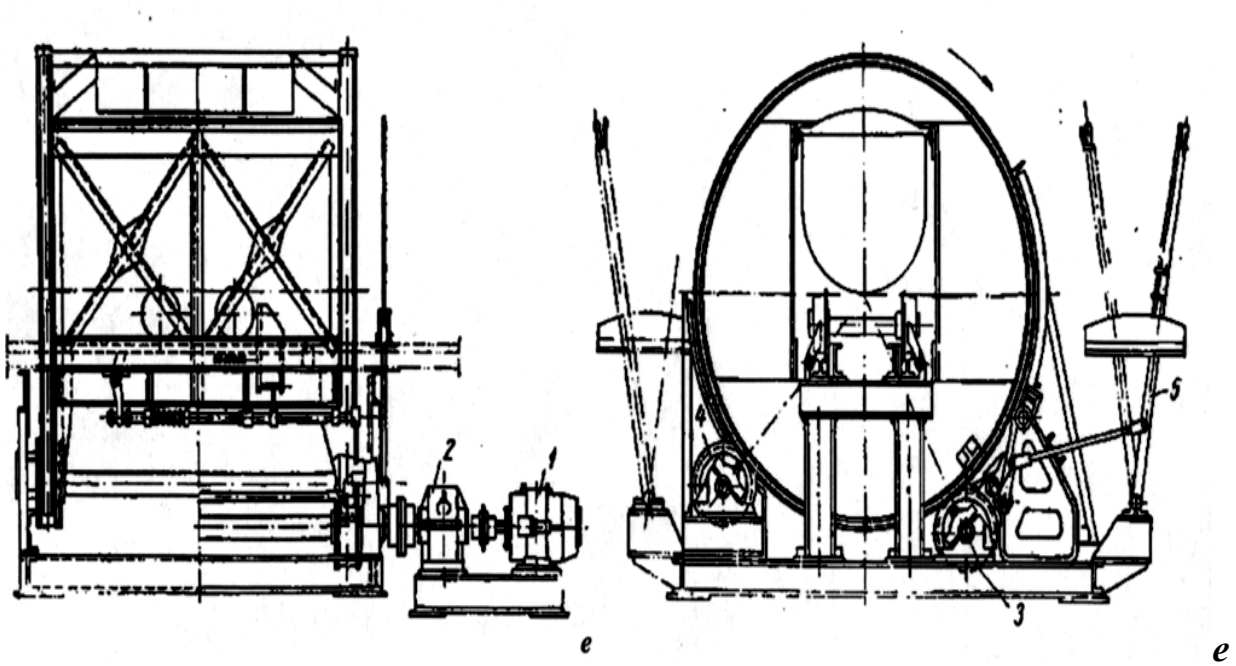



Рис. 14. Круговой опрокидыватель для нерасщепленных вагонеток: 1 – электродвигатель; 2 – редуктор ; 3 – приводные ролики; 4 – опорные ролики ; 5 – рукоятка управления

В механическом комплексе «толкатель-опрокидыватель», толкатель и опрокидыватель электрически сблокированы так, что автоматически срабатывают поочередно. Имеются также схемы полностью автоматизированных комплексов, в которых толкатель и опрокидыватель сблокированы с загрузочным устройством для скипов.

Для работы в автоматизированном комплексе опрокидыватели должны быть оборудованы датчиками, фиксирующими в опрокидывателе: открытое положение стопоров, правильное положение вагонетки, исходное положение барабана опрокидывателя, а также отключение привода фиксирующего механизма барабана.

Опрокидыватели для вагонеток изготовляются на производительность до четырех опрокидываний в минуту.

# ЛИТЕРАТУРА


1. Шаходжаев Л.Ш. Специальные конструкции машин и оборудования горного производства. Учебное пособие Ташкент: ТГТУ , 2006.
2. Стыковка резинотросовых лент STOMIL BELCHATOV S.A// Горная промышленность. 2001.№ 6.
3. Катанов Б.А.Съемные породоразружающие элементы режущих буровых долот // Горные машин и автоматика . -2002. -№ 3. *С* 12-15.
4. Макеев А.Ю. Гравитационный транспорт на карьерах // Горный журнал. 2004. № 2.
5. Семенов Г.М. Комбинированный транспорт глубоких карьеров на основе контейнерных подъемников // Горный журнал. 2004.№1.

Оглавление

1. Занятие №1**Усовершенствованные методы стыковки конвейерных лент.**
2. Занятие №2 **Теория специального типа привода ленточного конвейера с прижимным роликом и её анализ.**
3. Занятие №3**Изучение схемы системы подъема автомобильного карьерного подъемника.**
4. Занятие №4 **Изучение основных элементов и технологической схемы работы карьерного контейнерного подъемника.**
5. Занятие №5 **Использование сил гравитации для транспортирования груза из нагорных карьеров (изучение и анализ механического оборудования).**
6. Занятие №6 **Изучение и анализ основных технических характеристик некоторых крупнейших в мире ленточных конвейеров.**
7. Занятие №7 **Изучение устройства и оборудования, входящие в состав роторного комплекса разреза «Ангренский».**
8. Занятие №8 **Изучение и анализ новых конструкций долот для карьерных буровых станков.**
9. Занятие №9 **Изучение и анализ режуще-шарошечного и самонастраивающегося шарошечного долот.**
10. Занятие №10 **Изучение опрокидывателя для вагонеток и оборудования их основные элементы, область и условия применения.**