

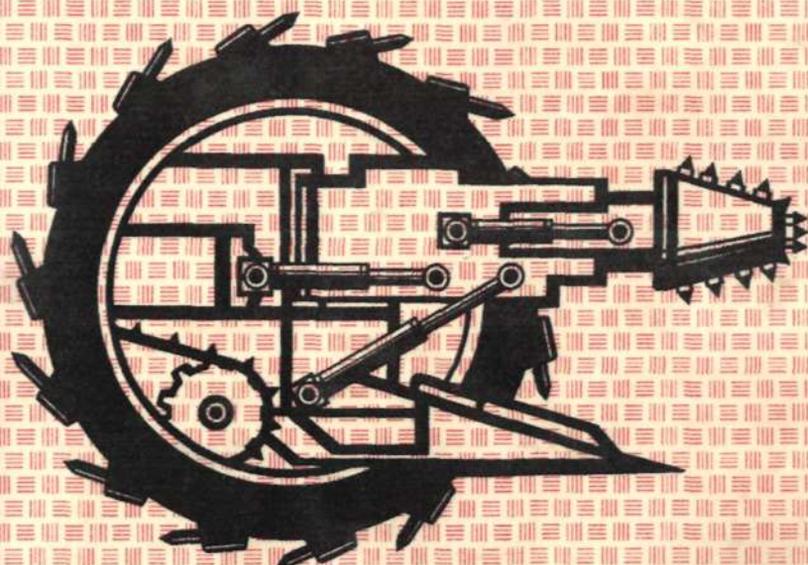
622.6(015) v
3-17



ВЫСШЕЕ ГОРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

**В.И.ЗАЙКОВ
Г.П.БЕРЛЯВСКИЙ**

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ



**ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

• • •

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель

Л.А.Пучков - ректор МГГУ, чл.-корр. РАН

Зам.председателя

Л.Х.Гитис - директор Издательства МГГУ

ЧЛЕНЫ РЕДСОВЕТА

- | | |
|----------------------|-------------------|
| И.В.Дементьев | - чл.-корр. АЕН |
| А.П.Дмитриев | - академик АЕН |
| Б.А.Картозия | - академик АЕН |
| В.В.Курехин | - академик АЕН |
| М.В.Курленя | - академик РАН |
| В.И.Осипов | - академик РАН |
| Э.М.Соколов | - академик МАН ВШ |
| К.Н.Трубецкой | - академик РАН |
| В.В.Хронин | - профессор |
| В.А.Чантурия | - академик РАН |
| Е.И.Щемякин | - академик РАН |
| А.Л.Яншин | - академик РАН |

ВЫСШЕЕ ГОРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

**В. И. ЗАЙКОВ
Г. П. БЕРЛЯВСКИЙ**

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

*Рекомендовано Государственным комитетом
Российской Федерации по высшему образованию
в качестве учебника для студентов высших
учебных заведений, обучающихся по направлению
"Горное дело", специальности "Горные машины и
оборудование"*



ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

МОСКВА • 1996

УДК 622.232.8.004 (075.8)

Зайков В.И., Берлявский Г.П. Эксплуатация горных машин и оборудования / Учебник для Горного университета и вузов. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 1996. — 259 с.

В учебнике изложены основные положения, раскрывающие вопросы выбора оборудования по горнотехническим условиям, исходя из требований надежности, эффективной и безопасной эксплуатации с расчетом и анализом эксплуатационной производительности и рациональных режимных параметров.

Рассмотрены вопросы стратегии и структуры систем эксплуатации, технического обслуживания и ремонта оборудования и их оптимизации по целевой функции, включая вопросы смазки, средств и методов монтажа и диагностики технического состояния.

Даны основные положения по обеспечению безопасности в процессе эксплуатации.

Учебник предназначен для студентов горного университета и вузов, обучающихся по специальностям "Горная электромеханика", "Горные машины и оборудование". Может быть использован студентами других горных специальностей.

Рецензенты: институт Гипроуглемаш (директор, к.т.н. Старичнев В.В.), Мосметрострой (глав. инженер Яшков Б.И., гл. механик Богданов В.Б.)

ISBN 5-7418-0082-3

© В.И.Зайков, Г.П.Берлявский

ВВЕДЕНИЕ

Процесс эксплуатации оборудования — это период реализации его эффективности, надежности и степени удобства и безопасности обслуживания, которые в свою очередь определяются необходимыми, достаточными и обоснованными качеством и уровнем всех видов требований по конкретному виду оборудования, реализованных с учетом специфики условий его эксплуатации.

Специфика условий и режимов эксплуатации горношахтного оборудования (ГШО), предназначенного для добычи полезных ископаемых, проведения горных выработок и строительства подземных сооружений, обуславливается стесненностью рабочего пространства, изменчивостью физико-механических свойств разрабатываемых и вмещающих пород, непостоянством рабочего места при постоянном перемещении машин в забое, запыленностью атмосферы и химической активностью шахтных вод, сложностью проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту (ТОР), монтажу и демонтажу оборудования и др. Поэтому к ГШО предъявляются достаточно высокие и жесткие требования по безопасности и санитарно-гигиеническим условиям труда, эффективности выполнения всех рабочих функций при устранении тяжелого физического труда, трудоемкости монтажно-демонтажных работ и работ по ТОР.

Эффективность эксплуатации ГШО обеспечивается также требованиями по его надежности, производительности (теоретической, технической и эксплуатационной), степени совершенства схемы его работы, энерговооруженности, технологичности, универсальности, унификации, стандартизации, ремонтпригодности и др.

Как уже отмечалось, процесс эксплуатации ГШО — это период реализации его возможностей, заложенных

при проектировании, изготовлении и проведении всех видов ТОР. В этот период вступают в действие также такие факторы, как условия эксплуатации, правильный выбор режимных параметров, выбор методов диагностирования технического состояния ГШО и системы эксплуатации, уровень квалификации обслуживающего и инженерно-технического персонала, разработка плановых технологических циклов на основе современных совершенных методов и средств механизации процессов, режим и качество смазки, качество носителей энергии и др.

Целью данного учебника в соответствии с программами дисциплин "Эксплуатация горных машин и оборудования", для студентов специальности Т13 "горные инженеры электромеханики" и "Основы эксплуатации горных машин и оборудования" для студентов специальности Т06 - "горные инженеры-механики" является ознакомление студентов с системами эксплуатации, современными подходами и выбору рациональной системы ТОР, расчетными методами выбора основных режимных параметров горных машин для конкретных условий эксплуатации, методами и средствами диагностирования технического состояния, основными правилами безопасности эксплуатации и проведения ТОР.

Раздел 1. Выбор оборудования и обеспечение рациональных режимов эксплуатации

1.1. Основные показатели эффективности и безопасности эксплуатации оборудования. Методы и средства их обеспечения.

С позиций эффективности и безопасности эксплуатации оборудования целесообразно все требования (технологические, технические, экономические, социальные, специальные) и их показатели систематизировать по трем основным группам (табл. 1):

- обеспечение надежности и эффективности на этапе создания машин и комплексов;
- обеспечение качества системы ТОР и монтажа на этапе эксплуатации по назначению;
- обеспечение безопасности и санитарно-гигиенических условий труда на этапах создания и эксплуатации.

В таблице 1 в каждой группе требования даны также основные качественные условия требований, основные показатели данной группы требования, методы, средства и этапы их обеспечения и реализации.

Безусловно, количество показателей по каждой группе требований может быть значительно расширено исходя из специфики назначения и условий эксплуатации того или иного вида оборудования. Так, например, для механизированных крепей могут быть внесены показатели устойчивости, управляемости, затяжки кровли, силовых параметров и удельных сопротивлений и др., которые закладываются при проектировании и изготовлении и реализуются в процессе эксплуатации. Конечно, все эти показатели также существенно влияют и на эффективность и на безопасность эксплуатации, но все они косвенно учитываются такими обобщенными показателями как вероят-

ность безотказной и безопасной работы, производительность комплекса в целом и др.

При этом необходимо отметить, что все приведенные в таблице 1 показатели являются интегральными и каждый из них определяется большим количеством факторов при их сложной функциональной зависимости. Так, например, энергоемкость процесса разрушения пород резцовым инструментом зависит от геометрических параметров резца, параметров и схемы разрушения, физико-механических свойств породы, коэффициента отжима груди забоя и других факторов.

Поэтому при выборе показателей эффективной и безопасной эксплуатации того или иного вида оборудования необходимо стремиться к минимизации их количества при необходимом и достаточном уровне каждого показателя. Задача обеспечения надежной, эффективной и безопасной работы оборудования в процессе эксплуатации по назначению требует решения двух главных задач:

- выбора рациональных режимных параметров в конкретных условиях эксплуатации,
- разработки оптимальной стратегии системы технического обслуживания и ремонта, обеспечивающей поддержание в процессе эксплуатации заданного уровня основных показателей.

Одним из методов определяя рациональной стратегии ТОР является выбор и анализ целевой функции системы технического обслуживания и ремонта, которая определяется основными показателями, приведенными в таблице 1. Анализ целевой функции системы ТОР дан в разделе 2.

1.2. Горнотехнические условия применения очистных механизированных комплексов

Рациональные области применения различных видов горных машин определяются соответствием их конструк-

ции и технических параметров горногеологическим и горнотехническим условиям эксплуатации.

Таблица 1

Группа требований	Качественные условия требований	Основные показатели	Методы и средства обеспечения
Обеспечение надежности и эффективности на этапе создания комплексов	Уровень надежности	Вероятность безотказной работы	Анализ опыта эксплуатации
	Диапазон условий эксплуатации	Коэффициент готовности	Уровень научных, конструкторских решений
	Совершенство схемы работы	Коэффициент совершенства схемы работы	Качество изготовления
	Уровень технико-экономических показателей	Энергоемкость процессов	Квалификация обслуживающего персонала
	Уровень ремонтно-монтажепригодности	Удельные эксплуатационные затраты	Качество системы эксплуатации технического обслуживания и ремонта, средства механизации работ по ТОР
Обеспечение качества системы технического обслуживания, ремонта и монтажа на этапе эксплуатации по назначению	Предупреждение отказов	Целевая функция ТОР	Анализ основных показателей целевой функции ТОР
	Оптимизация сроков ТОР	Коэффициент технического использования оборудования	Выбор стратегии замены элементов системы оборудования, обеспечение запчастями
	Снижение трудоемкости процессов ТОР, монтажа и демонтажа оборудования	Время наработки на отказ	Применение системы и средств диагностики технического состояния оборудования
		Трудоемкость работ по ТОР, монтажу и демонтажу	Квалификация ремонтного персонала
		Удельные эксплуатационные затраты на ТОР и монтаж	Фирменное или централизованное выполнение работ по ТОР

Продолжение таблицы 1

Обеспечение безопасности и санитарно-технических условий труда на этапах создания и эксплуатации	Соблюдение требований пб и птэ для подземного горного оборудования	Вероятность безопасной работы	Обеспечение всех заданных показателей при проектировании
		Коэффициент частоты травматизма	Соблюдение условий эксплуатации и правил безопасной эксплуатации
		Показатели санитарно-гигиенических условий труда по запыленности, освещенности, вибрации, шуму и т. д.	Квалификация персонала
		Доля тяжелого физического труда	

При этом при эксплуатации комплексов оборудования и агрегатов возникает также задача увязки конструктивных и режимных параметров машин комплекса или агрегата.

Главными критериями при определении рациональной области применения горной машины являются:

- надежность функционирования,
- безопасность эксплуатации;
- эффективность применения.

Эти критерии должны быть гарантированы конструктивно-техническими параметрами машины (комплекса), обеспечивающими ее основное функциональное назначение с учетом всех видов требований, предъявляемых к данной машине.

Так, например, механизированная крепь очистного комплекса должна выполнять три основные функции;

- поддержание и управление кровлей;
- защита рабочего пространства,
- перемещение и управление комплексом.

Поэтому важнейшими параметрами крепи являются величина начального распора (MH/m^2), рабочее сопро-

тивление секции (МН/м и МН/м^2) и коэффициент затяжки кровли. Кроме того крепь должна иметь дистанционное управление секций и обеспечивать необходимость достаточного рабочего прохода. Обеспечение же высокой надежности и эффективности ставит еще ряд требований по устойчивости крепи, управляемости по гипсометрии, достаточности рабочего сечения прохода воздушной струи, минимального времени выполнения рабочих операций, удобства эксплуатации, защиты гидросистемы от горных ударов, допустимого удельного давления на почву и др.

Важнейшими горно-геологическими факторами, препятствующими эффективному применению комплексов, являются:

- значительные колебания мощности пласта, выходящие за диапазон, который может обслужить механизированная крепь с определенной гидравлической раздвижностью стоек;
- угол падения пласта, превышающий предусмотренный технической характеристикой комплекса;
- геологические нарушения залегания угольных пластов в пределах выемочного поля (яруса, участка);
- слабые почвы с сопротивлением вдавлению менее величины, предусмотренной технической характеристикой механизированной крепи;
- газовыделение в забое в таких размерах, при которых предварительная дегазация и проветривание не обеспечивают содержание метана в атмосфере забоя в пределах допустимого правилами безопасности;
- опасность пласта по внезапным выбросам угля и газа и выделениям метана.

На выбор средств механизации существенное влияние оказывают и такие природные факторы, как высокая крепость угля, наличие в пласте крепких включений и прослоек, очень слабые или трудноуправляемые кровли, склонные к пучению почвы, высокая обводненность забоя и др.

Эффективное применение механизированных комплексов определяется и горнотехническими факторами, к которым относят:

- рациональная длина очистного забоя и возможность сохранения ее неизменной на протяжении обрабатываемого столба;

- достаточная длина столба, обрабатываемого без перемонтажа комплекса;

- достаточная пропускная способность линий подземного транспорта, обслуживающего комплексно-механизированный забой. Пропускная способность транспорта на участке от забоя до главного откаточного штрека должна быть не менее минутной производительности забойного конвейера, а при работе на наклонных и крутых пластах (без конвейера) — не менее минутной производительности выемочной машины;

- высокоэффективная система дегазации, проветривания забоя, борьба с пылеобразованием, а также средства пылеподавления и отвода от забоя шахтных вод.

При выборе оборудования для применения в сложных гидрогеологических условиях необходимо проанализировать возможность принятия соответствующими водозащитных мер или работы комплекса по восстанию.

Таким образом, очевидно, что рациональные области применения различных горных машин определяются их техническими параметрами и конструктивно-техническими решениями, соответствующими конкретным горногеологически и горнотехническим условиям эксплуатации и специальным требованиям. Поэтому для принятия решения о рациональной области применения машины или комплекса машин, или их соответствия конкретным горногеологическим и горнотехническим условиям, необходимо иметь характеристику оборудования по горнотехническим условиям его применения.

Горно-геологические и горно-технические условия применения угледобывающих комплексов

Комплекс 1KM137

Состав комплекса: крепь М137, комбайн К103 с ВСП, конвейер СП202В1, СПЦ162, кабелеукладчик КЦ, насосные станции СНТ32, крепь сопряжения КСЦ5А.

Горно-технические условия применения комплекса КМ137

Вынимаемая мощность пласта, м: - минимальная - максимальная	0,8; 0,84* 1,4; 1,44*
Угол падения пласта, градус - при выемке по простиранию - при выемке по падению - при выемке по восстанию	0-35 0-10 0-12
Характеристика кровли: - по тяжести проявления горного давления - по устойчивости непосредственной кровли	Легкая (Л) Не ниже средней (У)
Прочность почвы на вдавливание, МПа	$\geq 1,7^*$
Сопrotивляемость пласта резанию, кН/см	≤ 3
Обводненность, м ³ /час	≤ 5
Категория шахт по газу и пыли	Опасные по газу и пыли
Система разработки	Длинные столбы по простиранию, падению и восстанию
Длина выемочного поля, м	≥ 1000
Длина лавы, м	170 ± 1
Способ управления кровлей	Полное обрушение
Минимальный радиус перегиба почвы и кровли пласта, м	30
Гипсометрия пласта	Слабоволнистая
Параметры примыкающих выработок: - сечение в свету, м ² - ширина у почвы по транспортному штреку, м	≥ 12 $\geq 4,6$
Форма выработок	Трапециевидная и арочная с нижней или верхней подрывкой

* При удаленном носке основания и комбайне К103 выпуска 1987 г.

Второй типоразмер комплекса 2КМ137 предназначен для пластов мощностью 1,25-2,10 м и работает с комбайном РКУ10, третий типоразмер 3КМ137 - соответственно 1,45-2,50 м с комбайном РКУ13.

Комплекс КМ138И

Система разработки	Длинные столбы по простиранию
Длина лавы, м	200
Диапазон мощности пласта, м	1,4-2,1
Угол падения пласта, градус: - при выемке по простиранию - при работе по падению и восстанию	≤ 10 ≥ 5
Сопротивляемость угля резанию, кН/см	$\leq 3,6$
Управление кровлей	Полное обрушение
Кровля пласта	Любая по тяжести проявления горного давления и допускающая обнажение в зоне выемки до 8 м
Почва пласта по прочности на вдавливание, кН/см ²	$\geq 0,25$
Обводненность, м ³ /ч	≤ 15 (приводящая к ослаблению несущей способности почвы до 0,25 кН/см ²)
Категория пласта по газу и пыли	Опасные по газу и пыли
Форма сечения штреков	Трапецевидная с нижней подрывкой
Сечение штреков в свету, м ²	≥ 10
Минимальная высота штреков, мм	2500
Температура воздуха, °С	10-35

Комплекс 2КМ142

Состав комплекса: 2КМ142 (второй типоразмер): механизированная крепь 2М142, комбайн 1КШЭР, скребковый конвейер СПЦ271, перегружатель ПС, рейка комбайнового движителя РКД, цепь траковая кабельукладчика 2ЦТ, электрооборудование, насосные станции СНТ32.

Комплекс 2КМ142

Мощность пласта, м	3-5
Система разработки	Длинные столбы по простиранию и падению
Способ управления кровлей	Полное обрушение с погашением прилегающих выработок или с сохранением конвейерного штрека для повторного использования
Длина лавы, м	150
Среднее удельное сопротивление крепи, кН/м ²	1462
Категория пласта угля по пыли	Включая опасные
Категория пласта угля по газу	Включая сверхкатегорные
Отклонения длины лавы по осям подготовительных выработок в пределах выемочного столба, м	≤ 1,5
Температура окружающей среды при эксплуатации, °С	≥ 5
Форма и размеры прилегающих выработок: - форма поперечного сечения - площадь поперечного сечения, м ² - ширина по почве в свету, м - ширина по кровле в свету, м - высота в свету после осадки пород кровли, м	Трапециевидная N/V 12 N/V 4 N/V 3,2 N/V 2,5
Сопrotивляемость угля резанию, кН/см	до 3
Почва пласта, допускающая давление, МПа	≥ 2,68
Внутришахтная транспортная система должна обеспечивать производительность, т/ч	5000
Угол наклона пласта, градус, при работе: - по простиранию - по падению	до 18 до 10
Характеристика кровли пласта	Тяжелая
Устойчивость непосредственной кровли	До неустойчивой включительно
Обводненность пласта	Не приводящая к снижению прочности почвы ниже предельных по параметрам крепи

1.3. Выбор основных параметров механизированных крепей

Аварийные ситуации в очистных забоях, связанные с проявлением горного давления, возникают при несоответствии силовых и кинематических параметров механизированных крепей величине и характеру деформации массива кровли. Поэтому правильный выбор величины сопротивления начального распора и рабочего сопротивления механизированных крепей является одним из главных факторов, обеспечивающих исключение аварийных ситуаций.

Выбор величины сопротивления начального распора механизированных крепей

Каждому сочетанию горногеологических и горнотехнических условий разработки (состав и свойства непосредственной и основной кровли, глубина разработки, мощность пласта, схема крепи и т.д.) существует предельно допустимая величина смещения кровли H_m (рис.1), при которой кровля в очистном забое сохраняет удовлетворительное состояние.

При достаточной величине начального распора происходит ограничение смещения нижних слоев кровли и их уплотнение, снижается их расслаивание. При этом консоль кровли, состоящая из отдельных слоев, становится аналогичной балке с большой высотой, что увеличивает ее сопротивление изгибу, а следовательно снижает величину смещения.

Очень большое влияние на выбор параметров начального и рабочего сопротивления оказывает механизм взаимодействия основной и непосредственной кровли с механизированной крепью, представленный на рис.1. В общем виде все три схемы рис.1 описываются выражением /4/:

$$h_m + m \geq h_m \cdot k_p + H_m \quad (1)$$

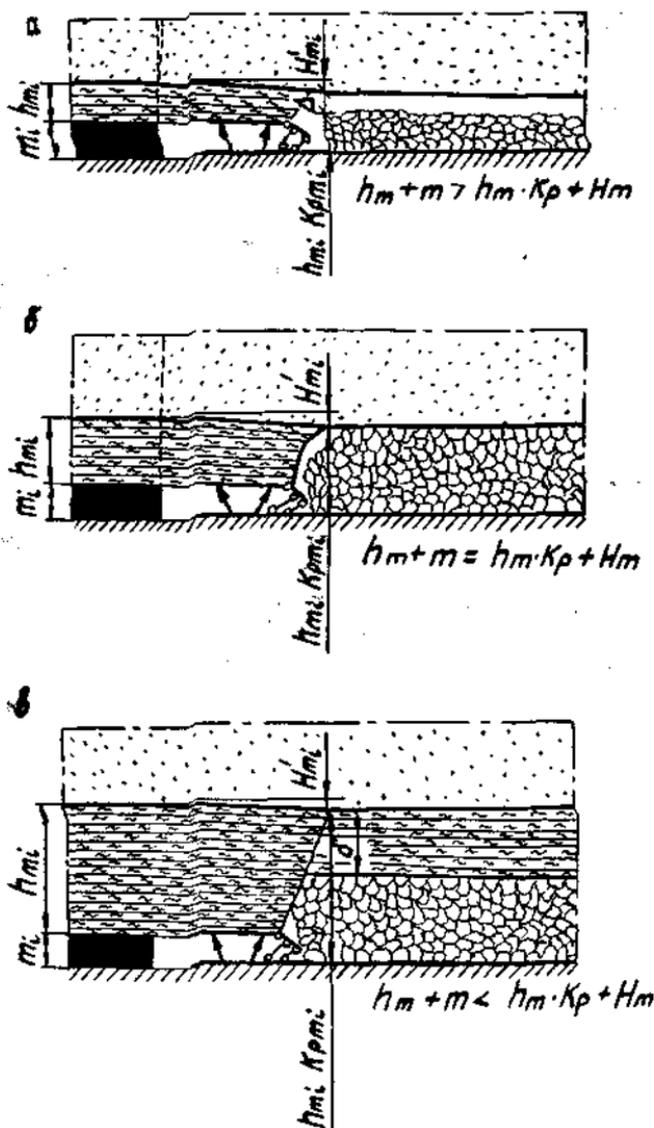


Рис.1 Схемы взаимодействия основной и непосредственной кровли и механизированной крепи

где h_m — мощность легкообрушающейся непосредственной кровли, м;
 m — вынимаемая мощность пласта, м;
 k_p — коэффициент разрыхления пород непосредственной кровли;
 H_m — предельный прогиб нижних слоев основной кровли до потери ими устойчивости в призабойном пространстве, м.

Экспериментальными исследованиями /4/ установлены следующие соотношения m , H_m и k_p при ширине поддерживаемого призабойного пространства $L = 4$ м.

m , м	0,7	1,0	2,0	3,0	4,0
H_m , м	0,18	0,20	0,22	0,24	0,25
k_p	1,15	1,20	1,30	1,40	1,50

Для других значений L величина H_m принимается прямо пропорциональной L .

При описанном выше механизме взаимодействия крепи и кровли минимально необходимое сопротивление начального распора $P_{нр}$ крепи при условии поддержания всей толщи непосредственной кровли определится по выражению /4/:

$$P_{нр} = h_m \cdot \gamma \cdot k, \text{ МН/м}^2 \quad (2)$$

где h_m — мощность поддерживаемой непосредственной кровли, м

$$h_m = (H_m - m) / (1 - k_p); \quad (3)$$

γ — средний удельный вес пород непосредственной кровли, $\gamma = 25-27$ кН/м³;

k — коэффициент пригрузки от основной кровли, который принимается равным 1,0 — для легкоуправляемых, 1,55 — для среднеуправляемых и 2,4 для трудноуправляемых кровель.

По выражению 2 для различного типа кровель при $\gamma = 27$ кН/м³ получаем следующие значения $P_{нр}$ (табл. 2).

Таблица 2

Мощность пласта, м	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Сопротивление начального распора МН/м ² при классе кровель:					
легкоуправляемая	0,11	0,16	0,19	0,20	0,21
среднеуправляемая	0,17	0,25	0,30	0,32	0,33
трудноуправляемая	0,26	0,39	0,46	0,49	0,51

По данным исследований /4/ для предотвращения динамического нагружения крепи при просадках пород кровли скачком с ускорением сопротивление начального распора должно быть не менее 0,6 рабочего сопротивления крепи, т.е.

$$P_{нр} \geq 0,6 \cdot P_{рр} \quad (4)$$

Рассчитанная по выражению 2, или выбранная по таблице 2 величина сопротивления начального распора при одинаковых диаметрах рабочих полостей всех гидросток выбранной секции должна отвечать условию:

$$P_{нр} \leq \frac{\pi d_p^2 \cdot n \cdot p_p}{L \cdot l}, \text{ МН/м} \quad (5)$$

где d_p – диаметр рабочей полости гидростройки, м;
 n – количество стоек в секции,
 p_p – рабочее давление в напорной магистрали, МПа;
 L – ширина поддерживаемого призабойного пространства, м;
 l – шаг установки секций крепи, м.

Крепь может быть также подобрана по расчетному диаметру рабочей полости d_p :

$$d_p \geq \sqrt{\frac{P_{нр} \cdot L \cdot l}{\pi \cdot n \cdot p_p}}, \text{ м} \quad (6)$$

Выбор величины рабочего сопротивления механизированных крепей

В соответствии с представленным на рис.1 механизмом взаимодействия системы почва-крепь-кровля при-

мом следующую расчетную схему нагружения крепи и пород кровли (рис.2).

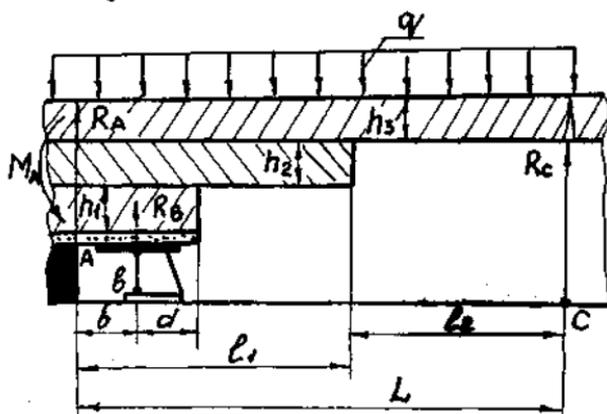


Рис.2 Расчетная схема нагружения пород кровли и секции крепи

На принятой схеме слои основной кровли h_1 , h_2 , h_3 рассматриваются как жесткие балки. В целом получаем консольную балку переменного сечения, защемленную над целиком угля и нагруженную сверху равномерно распределенной нагрузкой q . На расстоянии " b " от забоя на балку передается сосредоточенная реакция крепи R_B , а в самом слое балки действует реактивный момент M_A и реакция R_A на линии груди забоя.

Дополнительная нагрузка на крепь от непосредственной кровли и слоя основной кровли h_1 :

$$R_B^k = q_{нк} (b+d) \quad (7)$$

где $q_{нк}$ — равномерно распределенная нагрузка на крепь от непосредственной кровли и слоя h_1 , основной кровли: $q_{нк} = \gamma_{нк} \cdot h_{нк} + \gamma_{h_1} \cdot h_1$;

$\gamma_{нк}$ и γ_{h_1} ; $h_{нк}$, h_1 — соответственно плотность и высота слоя пород непосредственной кровли и слоя h_1 основной кровли;

b — расстояние от груди забоя до точки "в" приложения реакции R_B ;

d — расстояние от точки "в" до конца зависания пород непосредственной кровли.

Нагрузка на крепь от зависающих слоев основной кровли h_2 и h_3 с учетом нагрузки q :

$$R_B^k = q_1 [b(2l_1 + 2l_2 + b) + l_1(2l_2 + l_1)] + q_2 \cdot l_2 / 2 (l_1 + l_2); \quad (8)$$

$$q_1 = q + \gamma_3 \cdot h_3 + \gamma_2 \cdot h_2; \quad q_2 = q + \gamma_3 \cdot h_3$$

где γ_i и h_i — плотность и высота соответствующих слоев основной кровли.

Требуемое общее сопротивление крепи для удержания кровли от значительных смещений в период ее разлома с учетом того, что по экспериментальным данным на крепь передается 55-75% веса породной толщи, будет равно:

$$R_B = (0,55 \div 0,75) R_B^k + R_B^k; \text{ или}$$

$$R_B = 0,325 \{ q_1 [b(2l_1 + 2l_2 + b) + l_1(2l_2 + l_1)] + q_2 \cdot l_2 / 2 (l_1 + l_2) \} + q_{нк}(b + d) \quad (9)$$

На рис.3 приведены графические зависимости необходимого сопротивления P крепей поддерживающего, поддерживающе-оградительного и оградительно-поддерживающего типа от мощности пласта для трех типов кровель. Приведенные расчетные зависимости определены для ширины призабойного пространства 4 м (рис.3а) и 2,5 м (рис.3б) при шаге расстановки секций 1,5 м.

В таблице 3 даются рекомендуемые расчетные величины сопротивлений крепей оградительно-поддерживающего типа по поддерживающим и оградительным элементам для трудноуправляемых кровель, а в таблице 4 - для среднеуправляемых кровель при ширине призабойного пространства 2,5 м.

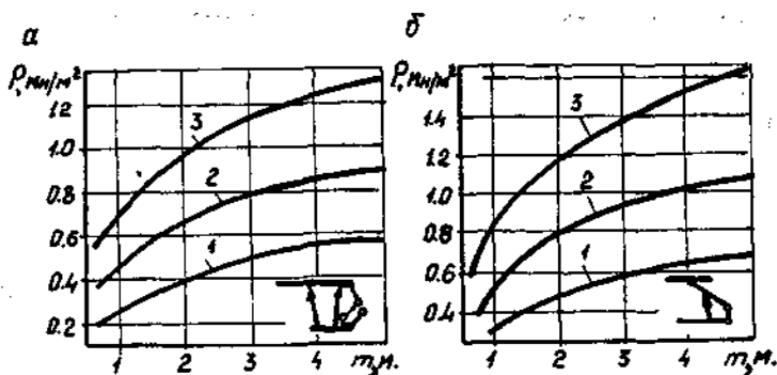


Рис. 3 Зависимости необходимого рабочего сопротивления P механизированных крепей поддерживающего и поддерживающе-оградительного (а) и оградительно-поддерживающего (б) типов от мощности пласта m и класса кровли: 1 - легкоуправляемой, 2 - среднеуправляемой, 3 - трудноуправляемой

Таблица 3

Мощность пласта, м	0,7	1	1,5	2	2,5
Сопротивление крепи МН/м ²					
- МН/м (по поддерживающей части)	0,68	0,8	1,04	1,2	1,31
- МН/м (по оградительной части)	1,7	2	2,6	3	3,27
Сопротивление секции МН*	0,4	0,6	0,7	0,88	0,96
Сопротивление секции МН*	3,15	3,9	4,95	5,82	6,34
Мощность пласта, м	3	3,5	4	4,5	5
Сопротивление крепи:					
- МН/м ²	1,41	1,48	1,53	1,59	1,65
- МН/м (по поддерживающей части)	3,52	3,7	3,82	4	4,12
- МН/м (по оградительной части)	1,1	1,16	1,27	1,29	1,32
Сопротивление секции МН*	7,02	7,29	7,63	7,93	8,16

* При шаге расстановки секций крепи 1,5 м

Сопротивление крепей оградительно-поддерживающего типа по оградительной части приведено при длине ограждений: 2 м для тонких пластов; 2,25 м - для пластов средней мощности и 2,5 м - для мощных пластов.

Таблица 4

Мощность пласта, м	0,7	1	1,5	2	2,5
Сопrotивление крепи:					
- МН/м ²	0,45	0,54	0,70	0,80	0,88
- МН/м (по поддерживающей части)	1,12	1,35	1,75	2	2,2
- МН/м (по оградительной части)	0,26	0,33	0,42	0,57	0,62
Сопrotивление секции МН*	2,07	2,52	3,25	3,85	4,23
Мощность пласта, м	3	3,5	4	4,5	5
Сопrotивление крепи:					
- МН/м ²	0,94	0,99	1,02	1,06	1,1
- МН/м (по поддерживающей части)	2,35	2,48	2,55	2,6	2,75
- МН/м (по оградительной части)	0,68	0,78	0,82	0,85	0,88
Сопrotивление секции МН*	4,54	4,89	5,05	5,25	5,45

* При шаге расстановки секций крепи 1,5 м

Определенная по графикам рис.3 необходимая величина рабочего сопротивления P в зависимости от типа крепи, мощности пласта и класса кровли должно отвечать условию:

$$P \leq P_{pc} \text{ или } P \leq \frac{\pi d_p^2 \cdot n \cdot p_{nk}}{L \cdot l}, \text{ МН/м}^2 \quad (10)$$

где P_{pc} – рабочее сопротивление крепи по технической характеристике, МН/м²;

d_p – диаметр рабочей полости стойки, м;

n – количество стоек в секции;

P_{nk} – давление настройки предохранительного клапана стойки крепи, МПа.

1.4. Расчеты и анализ эксплуатационной производительности очистных комбайновых комплексов

При расчетах эксплуатационной производительности различных типов очистных комбайновых комплексов необходимо учитывать влияние конкретных горногеологи-

ческих и горнотехнических условий на ограничение технических возможностей и показателей горных машин.

В общем виде эксплуатационная производительность очистных комбайновых комплексов определяется по формуле /1/:

$$Q_3 = m \cdot B \cdot V_n \cdot \gamma \cdot k_3, \text{ т/мин} \quad (11)$$

где m – вынимаемая мощность пласта, м;
 B – ширина захвата комбайна, м;
 γ – плотность полезного ископаемого, м³/т;
 k_3 – коэффициент непрерывной работы;
 V_n – скорость подачи комбайна, м/мин.

В общем виде можно представить:

$$V_n = f \{ \bar{A}_p; N_{уст}; \Pi_i; c_x; \min(V_{кр}, T_n, Q_{CH_4}) \} \quad (12)$$

То есть скорость подачи является функцией сопротивляемости пород резанию \bar{A}_p , устойчивой мощности привода $N_{уст}$, параметров геометрической формы резцов Π_i , схемы набора и схемы взаимодействия рабочего инструмента с забоем c_x , а также должна минимизироваться по скорости крепления $V_{кр}$, номинальному тяговому усилию T_n и допустимому содержанию метан в забое Q_{CH_4} .

Скорость подачи комбайна может определяться по эмпирической формуле:

$$V_n = \frac{100 N_{уст} \cdot t}{k_{от} \cdot \bar{A}_p \cdot m \cdot B} - 0,25 \cdot V_p, \text{ м/мин} \quad (13)$$

где $N_{уст}$ – устойчивая мощность электродвигателя комбайна, кВт;
 t – расстояние между линиями резания, мм;
 \bar{A}_p – сопротивляемость угля резанию в неотжатой зоне массива пласта, кН/м;
 m – мощность разрабатываемого пласта, м;
 B – ширина захвата исполнительного органа, м;
 V_p – скорость резания, м/с;
 $k_{от}$ – коэффициент, учитывающий влияние отжима угля в зоне работы исполнительного органа.

$$k_{om} = k'_{om} + \frac{B + c \cdot m}{B + d \cdot m} \quad (14)$$

где k'_{om} – значение коэффициента отжима на кромке забоя;

c и d – числовые коэффициенты, зависящие от свойств пласта.

Для вязких углей $k'_{om} = 0,48$; $c = 0,1$; $d = 1,0$

Для хрупких углей $k'_{om} = 0,36$; $c = 0,36$; $d = 0,7$

Для весьма хрупких углей $k'_{om} = 0,28$; $c = 0,05$; $d = 0,63$

Устойчивая мощность двигателя определяет предельную допустимую скорость подачи и рассчитывается по формуле:

$$N_{уст} = M_{уст} \cdot n_{дв} / 160, \text{ кВт} \quad (15)$$

где $M_{уст}$ – устойчивый электромагнитный момент, Н·м;

$n_{дв}$ – частота вращения электродвигателя, c^{-1}

При ручном регулировании скорости подачи $M_{уст}$ определяется по формуле:

$$M_{уст} = M_{max} \cdot \phi / [1,1 + (1,75 \dots 2,0) \cdot \nu_A], \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (16)$$

а при автоматическом регулировании

$$M_{уст} = M_{max} \cdot \phi / [1,05 + (1,1 \dots 1,4) \cdot \nu_A], \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (17)$$

где $M_{max} \cdot \phi$ – фактический (в условиях питания от реальной шахтной сети) максимальный электромагнитный момент двигателя, Н·м;

ν_A – коэффициент вариации сопротивления пласта резанию в зоне работы исполнительного органа:

$$\nu_A = (0,18 - 0,00034 \cdot \bar{A}_p) \cdot B$$

где B – показатель степени хрупкости угля.

Для вязких углей $-B = 1,66$

Для хрупких углей $-B = 2,8$

Для весьма хрупких углей $-B = 4,2$

Для углей с твердыми включениями $\bar{A}_p = 0,55 \pm 0,6$

Фактический максимальный электромагнитный момент для сети сопротивлением 0,1 Ом и двигателей с $M_{\max} \cdot \phi \leq 3000 \text{ Н} \cdot \text{м}$ определяется по выражению

$$M_{\max} \cdot \phi = 74130 \cdot M_{\max} [(0,1 M_{\max})^{1,83} + 74130], \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (18)$$

где M_{\max} – максимальный стендовый момент (табл.5)

Таблица 5

Тип двигателя	ЭДК04-2М	ЭДК04-4М	ЭДК04-Р	ЭКВ4-160	ЭКВ5-200	ЭДК05-Р	ЭКВ4У	ЭКВЖ-315
Нм	1300	2000	2250	3000	3600	2250	2100	4600

$$\text{или } M_{\max \phi} = M_{\max} \left(\frac{V_{\phi}}{V_n} \right)^2, \text{ Нм}$$

где V_{ϕ} и V_n – фактическое и номинальное напряжение на клеммах двигателя.

В соответствии с выражением 12 приводится проверочный расчет скорости подачи очистного комбайна и ее ограничение по номинальном тяговому усилию подающей части комбайна.

Тяговое усилие при заданной схеме и параметрах нагрузки определяется по выражению: /1/

$$T_p = T_o \pm G \cdot \sin \alpha + (G \cdot \cos \alpha + Y) \cdot (\mu + k_3) + Z, \text{ кН} \quad (19)$$

где T_p – расчетное тяговое усилие в рабочей ветви тяговой цепи, кН;

T_o – усилие натяжения холостой ветви цепи, кН;

G – сила тяжести комбайна, кН;

α – угол падения пласта, град;

Y – равнодействующая проекций сил резания на ось, нормальную к плоскости движения комбайна, кН;

μ – коэффициент трения направляющих комбайна о направляющие конвейерного става;

k_3 – коэффициент заклинивания направляющих комбайна; $k_3 = 0,2 \div 0,5$;

Z – равнодействующая проекций сил резания на направление скорости подачи комбайна, кН.

Определение равнодействующих проекций сил резания производится по выражениям:

$$Y = \sum_1^{z_p} Z_{cp} \cdot \sin \varphi_i, \quad Z = \sum_1^{z_p} Z_{cp} \cdot \cos \varphi_i, \quad (20)$$

где Z_p – количество резцов, одновременно находящихся в работе;

Z_{cp} – среднее усилие резания на одном резце, кН;

φ_i – углы установки резцов от 1 до z_p на шнеке, град;

$$Z_{cp} = M_p / z_p \cdot R_{ш}, \text{ кН} \quad (21)$$

где M_p – момент на шнеке от сил резания, кН·м

$R_{ш}$ – радиус шнека по вылету резцов, м

$$M_p = k_N \cdot N_{уст} \cdot D_{ш} \cdot 0,16 / n_{ш} \cdot t, \text{ кНм} \quad (22)$$

где k_N – коэффициент использования на резание устойчивой мощности привода комбайна;

$N_{уст}$ – устойчивая мощность привода комбайна;

$D_{ш}$ – вынимаемая мощность пласта, принимаемая равной диаметру шнека, м;

$n_{ш}$ – частота вращения шнека, 1/с;

t – вынимаемая мощность пласта, м.

В выражении 19 составляющая силы тяжести комбайна ($G \cdot \sin \alpha$) принимается со знаком "+" при работе комбайна вверх по лаве и со знаком "-" при работе комбайна вниз по лаве.

Если результаты расчета приведут к условию $T_p \leq T_n$, то расчетное усилие не превышает номинального тягового усилия по технической характеристике комбайна, то принимается скорость подачи комбайна, равная расчетной V_n по выражению 13.

Если результаты расчета приведут к условию $T_p > T_n$, то необходимо провести расчет фактической скорости подачи комбайна, ограничением для которой будет в этом случае являться номинальное тяговое усилие комбайна.

Фактическая скорость подачи комбайна определится по формуле:

$$V\phi = z_{max} \cdot z_{лр} \cdot n_{ц0} / (\bar{A}_p \cdot k_{1-6}), \text{ мс}^{-1} \quad (23)$$

где z_{max} — максимальное усилие резания на резце, кН;
 $z_{лр}$ — количество резцов в линии резания, шт;
 A_p — показатель сопротивляемости угля резанию, кН/м;
 k_{1-6} — коэффициент схемы и режима разрушения /1/:

$$k_{1-6} = k_6 \cdot k_8 \cdot k_{\alpha} \cdot k_{\varphi} \cdot k_3 \cdot k_{эд} \quad (24)$$

k_6 — коэффициент степени блокированности работы резцов;
 k_8 — коэффициент, учитывающий влияние на величину усилия резания ширины рабочего резца;
 k_{α} — коэффициент, учитывающий влияние угла резания рабочего резца по сравнению с эталонным резцом;
 k_{φ} — коэффициент, учитывающий влияние на усилие резания угла наклона боковых режущих кромок резца;
 k_3 — коэффициент, характеризующий влияние степени затупленности резца на усилие резания;
 $k_{эд}$ — коэффициент состояния забоя и динамичности работы исполнительного органа по сравнению с работой единичного эталонного резца.

Все указанные коэффициенты могут быть определены по методикам, изложенным в литературе.

$$z_{max} = 1,55 \cdot Z_{cp}, \text{ кН} \quad (25)$$

где Z_{cp} — среднее значение усилия резания на резце, кН,

$$Z_{cp} = Y' \sum_1^{in} \sin \varphi_i, \text{ кН} \quad (26)$$

где Y' — равнодействующая проекций сил резания на ось,

нормальную к плоскости движения комбайна при условии ограничения скорости подачи по тяговому усилию, кН,

$$Y' = (T_n - T_0 \pm G \cdot \sin \alpha - G \cdot \cos \alpha (\mu + k_3) - Z / (\mu + k_3)) \quad (27)$$

В данном выражении значение "+G · sinα" соответствует работе комбайна по падению пласта, "-G · sinα" - по восстанию.

Расчет весьма трудоемок, так как по выражениям 20 необходимо провести расчеты для всех значений углов φ_i.

Блок-схема алгоритма расчета представлена на рис.4. Программа и пример расчета на ЭВМ даны в разработках /2/.

Расчетную скорость подачи комбайна необходимо также проверить по газовому фактору - по допустимой концентрации метана в очистном забое:

$$V_n = \frac{100 \cdot S_p \cdot V_e \cdot k_{en}}{m \cdot B \cdot \gamma \cdot q_0 \cdot n}, \text{ м/с} \quad (28)$$

- где *n* - коэффициент естественной дегазации пласта;
*q*₀ - относительная метанообильность забоя
 м³СН₄/т;
*V*_е - максимально допустимая скорость движения воздуха в лаве, *V*_е = 4 м/с;
m - вынимаемая мощность пласта, м;
B - ширина захвата, м;
γ - плотность угля м³/т;
d - допустимая концентрация метана в исходящей струе, *d* = 1% СН₄;
*k*_{en} - коэффициент, учитывающий движение воздуха по выработанному пространству,
*k*_{en} = 1,0 ÷ 1,5;
*S*_p - сечение рабочего пространства лавы, для прохода воздушной струи, м².

Для снижения влияния газового фактора на производительность комплексов необходимо предусматривать мероприятия по предварительной дегазации (дегазацион-

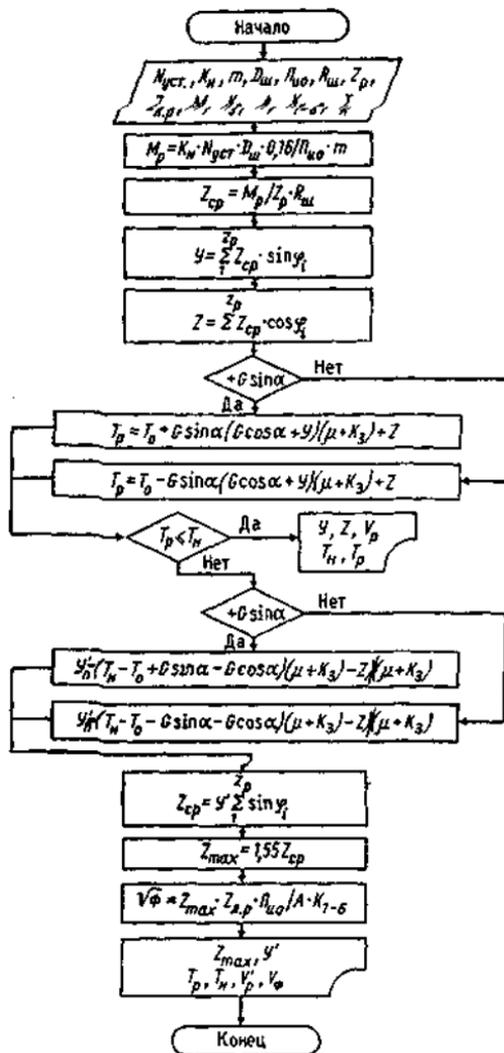


Рис. 4 Блок-схема алгоритма расчета скорости подачи комбайна по тяговому усилию подающей части комбайна

ные скважины, гидрорасчленение пласта, торпедирование и др.).

Аналогичная проверка необходима и при определении режимов работы струговых установок, проходческих комплексов, нарезных комбайнов и др.

Проверка скорости подачи комбайна по скорости крепления производится по условию:

$$V_n \leq V_{кр} \quad (29)$$

Скорость крепления лавы определяется по эмпирической формуле /13/:

$$V_{кр} = V'_{кр} \cdot k_{сх} \cdot k_{ун} \cdot k_{уст}, \text{ м/мин} \quad (30)$$

где $V'_{кр}$ — скорость крепления при последовательной схеме передвижки крепи, м/мин (см. табл. 6);

$k_{сх}$ — коэффициент, учитывающий схему крепи; $k_{сх} = 1$ — при последовательной схеме передвижки. При применении схем передвижки крепи через 1, 2, 3 секции $k_{сх}$ принимается на основании результатов хронометражных наблюдений бассейновых институтов;

$k_{ун}$ — коэффициент снижения скорости крепления с увеличением угла падения пласта при работе по простиранию:

$$k_{ун} = \begin{cases} 1 & \text{при } \alpha \leq 9^\circ \\ 1 - 0,013(\alpha - 9^\circ) & \text{при } 9^\circ < \alpha \leq 35^\circ \end{cases}$$

при работе по падению пласта:

$$k_{ун} = \begin{cases} 1 & \text{при } \alpha \leq 6^\circ \\ 1 - 0,0066 \cdot \alpha - 0,00087 \cdot \alpha^2 & \text{при } 6^\circ < \alpha \leq 15^\circ \end{cases}$$

где $k_{уст}$ — коэффициент снижения скорости крепления при неустойчивых породах. Для устойчивых пород $k_{уст} = 1$. Расчет производить для неустойчивых пород кровли:

$$k_{уст} = \frac{1}{\frac{1}{k_n} + \frac{1}{k_{кр}} + \frac{1}{k_{от}} - 2} \quad (31)$$

где k_n — коэффициент снижения скорости крепления при недостаточной несущей способности почвы; для механизированных крепей типа 10КП, 20КП, МКМ, 2МКЭ, МК98, 1МК97Д $k_n = (1 + k'_n) \cdot 0,5$, для остальных типов крепей $k_n = k'_n$.

Величина k'_n определяется по табл.7 в зависимости от несущей способности почвы H_n . При применении индивидуальной крепи $k_n = 1$;

$k_{кр}$ — коэффициент снижения скорости крепления в зависимости от площади кровли, подлежащей затяжке, n (указывается в процентах), и числа горнорабочих (включая машиниста крепи), занятых на креплении, n_p

$$k_{кр} = \frac{1}{1 + 0,0036 \cdot \frac{V'_{кр} \cdot n}{n_p}} \quad (32)$$

Таблица 7

Тип крепи	Значения коэффициента k'_n при несущей способности почвы (МПа), H_n				
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
10КП, 20КП, 30КП, 1VKП, 2VKП	0,6	0,8	0,9	1,0	1,0
"Донбасс", "Донбасс"	0,25	0,65	0,8	1,0	1,0
МК97, МК98	0,1	0,35	0,5	0,85	1,0
типа М87, М88	0,15	0,42	0,65	0,95	1,0
2М81Э	0,2	0,5	0,7	0,8	1,0
1МКМ, 2МКЭ, МК75	0,35	0,8	0,9	1,0	1,0
ОКП70	0,6	0,8	0,92	1,0	1,0
М130	0,15	0,42	0,65	0,95	1,0
М142	0,41	0,63	0,82	1,0	1,0

При устойчивых и средней устойчивости породах кровли $k_{кр} = 1$.

$k_{от}$ – коэффициент снижения скорости крепления из-за вывалов угля из верхней пачки пласта вследствие интенсивного отжима, определяется из табл.8.

Таблица 8

Глубина отжима, м	Более 0,8	0,8-0,6	0,6-0,3	до 0,3
$k_{от}$	0,6	0,7	0,8	1,0

Скорость подачи комбайна проверяется также по производительности транспортных средств доставки угля в лаве.

1.5. Расчет и построение планограммы и организация работ в очистном комплексно-механизированном забое

Планограмма работ - это график выполнения основных и вспомогательных операций циклов по выемке угля в течение рабочей смены по длине лавы.

В общем виде время цикла $T_{ц}$ равно:

$$T_{ц} = T + T_{мо} + T_{ко} + T_{ун} + T_{эо}, \text{ мин} \quad (33)$$

где T – машинное время работы комбайна по добыче,

$$T = L_{лк} / V_n, \text{ мин} \quad (34)$$

$L_{лк}$ – комбайновая длина лавы (за вычетом длины ниш, участков зарубки), м;

V_n – скорость подачи комбайна м/мин;

$T_{мо}, T_{ко}, T_{ун}, T_{эо}$ – соответственно время маневровых и концевых операций, устранения неисправностей и его потери по эксплуатационно-организационным причинам, мин.

Время маневровых операций.

При работе комбайна по односторонней схеме

$$T_{мо} = L_{лк} / V_m, \text{ мин} \quad (35)$$

где V_m — маневровая скорость перегона комбайна, определяемая скоростью зачистки, паспортом крепления и другими факторами. $V_m = 1 \div 4$ м/мин.

При работе комбайна по челноковой схеме $T_{mo} = 0$.
Время конечных операций:

- при отработке лавы с нишами можно принимать

$$T_{ко} = (t_{кс} + \frac{B}{V_{фл}} + t_{рк}) \cdot K_y, \text{ мин} \quad (36)$$

где $t_{кс}$ — время передвижки крепи сопряжения и приводной головки конвейера в верхней части лавы = 8-10 мин;

$B/V_{фл}$ — время передвижки концевой головки конвейера, мин;

$t_{рк}$ — время раскрепления концевой головки конвейера, мин;

K_y — коэффициент организации и условий труда, $K_y = 1,0 \div 1,3$

- при зарубке косым заездом схема зарубки применительно к комбайнам типа 1ГШ68. После доезда комбайна до конца лавы опускается вниз верхний опережающий шнек и отрабатывается нижняя пачка пласта, не снятая нижним шнеком при прямом ходе. Передний шнек (по направлению заезда) поднимается вверх и комбайн косым заездом зарубается на длине 10-18 м. Опускается передний и поднимается задний шнек и обратным ходом при фронтальной задвижке конвейера отрабатывают длину косога заезда. Затем опять опускается задний и поднимается передний шнек, отрабатывается при прямом ходе оставшаяся нижняя пачка угля (на длину комбайна) и начинается отработка пласта. При такой схеме время конечных операций определяется по выражению:

$$T_{ко} = \left(\frac{3L_{кз}}{V_{пз}} + 5t_{mo} + \frac{B}{V_{фк}} \right) \cdot K_y \quad (37)$$

где $L_{кз}$ — длина косога заезда, $L_{кз} = 10-18$ м;

$V_{пз}$ — скорость подачи комбайна при косом заезде;

$V_{пз} = (1,5-2)$ м/мин;

- t_{mo} – время вертикальных перемещений исполнительного органа при косом заезде и доработке конца лавы, принимаем $t_{mo} = 1$ мин;
 $V_{фк}$ – скорость флаговой передвижки концевой участка конвейера при зарубке, $V_{фк} = 1$ м/мин;
 κ_y – коэффициент организации и условий труда, $\kappa_y = 1,0 \div 1,3$.

При зарубке без косо́го заезда схема зарубки такова: опускается верхний опережающий шнек и при обратном ходе обрабатывается нижняя оставшаяся пачка пласта; шнеки поднимаются вверх. Производится зарубка шнеков при подаче конвейерного става на забой и затем снимается верхняя пачка пласта на участке самозарубки до конца лавы. Шнеки опускаются вниз и производится снятие нижней пачки пласта на длине примерно $2l_k$. Затем передний шнек поднимается вверх и начинается нормальная отработка пласта.

При такой схеме время зарубки будет равно:

$$T_{ко} = \left(\frac{4l_k}{V_{пз}} + \frac{B}{V_{фк}} + 4t_{mo} \right) \cdot \kappa_y, \text{ мин} \quad (38)$$

где l_k – длина комбайна по вылету шнеков.

$$T_{зо} = \frac{T_z (1 - \kappa_{зо})}{\kappa_{зо}}, \text{ мин} \quad (39)$$

$$T_{ун} = \frac{T_{ун} (1 - \kappa_z)}{\kappa_z}, \text{ мин} \quad (40)$$

Коэффициент совершенства схемы работы комплекса

$$\kappa_c = \frac{T}{T + T_{mo} + T_{ко}} \quad (41)$$

Коэффициент непрерывности работы комплекса в процессе эксплуатации:

$$\kappa_{\partial} = \frac{1}{\frac{1}{\kappa_c} + \frac{1}{\kappa_z} + \frac{1}{\kappa_{зо}} - 2} \quad (42)$$

Эксплуатационная производительность комплекса:

$$Q_3 = 60 \cdot m \cdot B \cdot V_n \cdot \gamma \cdot \kappa_3, \text{ т/час} \quad (43)$$

ИЛИ

$$Q_3 = Q \cdot \kappa_3 = \frac{m \cdot B \cdot V_n \cdot \gamma \cdot 60}{\frac{1}{\kappa_c} + \frac{1}{\kappa_z} + \frac{1}{\kappa_{30}} - 2}, \text{ т/час} \quad (44)$$

- где Q – теоретическая производительность, т/ч;
 m – вынимаемая мощность пласта, м;
 B – ширина захвата очистного комбайна, м;
 V_n – скорость подачи комбайна, м/мин;
 γ – плотность угля, т/м³;
 κ_c – коэффициент совершенства схемы работы комплекса;
 κ_z – коэффициент готовности системы машин комплексов;
 κ_{30} – коэффициент непрерывности работы комплекса, определяемый простоями по организационно-эксплуатационным причинам.

Значения κ_z и κ_{30} могут приниматься по табл.9 или рассчитываться

Таблица 9

Мощность пласта, м	Угол падения, град	κ_{30}	κ_z
0,7-1,0	0-15	0,8-0,85	0,78
	15-30	0,75-0,80	0,75
	60-90	0,70-0,75	0,73
1,1-1,5	0-15	0,9-0,93	0,80
	15-30	0,87-0,90	0,77
	60-90	0,80-0,85	0,75
1,6 и более	0-15	0,9-0,95	0,82
	15-30	0,87-0,92	0,80

Скорость подачи комбайна V_n может определяться в соответствии с выражением 49 или определяться по заданной плановой производительности. Во втором случае решение должно удовлетворять условию:

$$Q_3 = (t_{cm} - t_{md1} - t_{pn}) \geq Q_{пл}, \text{ Т/см} \quad (45)$$

где $Q_э$ – эксплуатационная производительность комплекса, т/ч;
 $t_{см}$ – продолжительность рабочей смены, ч;
 $t_{н01}$ – нормированная продолжительность ежедневного технического обслуживания, $t_{н01} = 0,5$ ч;
 $Q_{пл}$ – плановая сменная добыча, т/см;
 $t_{рп}$ – время регламентированного перерыва, $t_{рп} = 0,33$ ч.

При заданной плановой производительности (сменной добычи), количество циклов, необходимых для выполнения плана будет равно:

Количество циклов, необходимых для выполнения плана сменной добычи:

$$N_ц = \frac{Q_{пл}}{m \cdot B \cdot L_л \cdot \gamma} \quad (46)$$

где $L_л$ – длина лавы, м.

Желательно принимать $N_ц$ в сутки **кратным** единице, Среднее время цикла:

$$T_ц = \frac{t_{см} - t_{н01} - t_{рп}}{N_ц}, \text{ мин} \quad (47)$$

Имея расчетные или статистические величины составляющих $T_{мо}$, $T_{ко}$, $T_{ун}$, $T_{эо}$ времени цикла определяем машинное время работы T

$$T = T_ц \cdot (T_{мо} + T_{ко} + T_{ун} + T_{эо}), \text{ мин} \quad (48)$$

Необходимая средняя скорость подачи комбайна:

$$V_n = L_{лк} / T, \text{ м/мин} \quad (49)$$

Далее определяется по выражению 44 эксплуатационная производительность и производится проверка условия 45.

По полученным значениям времени цикла и его составляющих разрабатываются график организации и планограмма работ в течение рабочей смены.

График организации (5а) и планограмма работ (5б) в очистном забое, оснащенном комплексом ОКП-70, представлены на рис.5. Сменное звено (10-11 человек) состо-

ит из машиниста комбайна, семи горнорабочих и двух-трех электрослесарей. Расстановка членов бригады в различные периоды технологического цикла представлена на рис.5в.

1. Зарубка комбайна (рис.6 и рис.5в-1)

Зарубка производится от конвейерного штрека. Зарубку выполняет машинист комбайна. Всего на зарубку комбайна затрачивается 3 мин. Передвижку привода конвейера и рештачного става конвейера длиной 6 м производит горнорабочий 8, работающий на крепи сопряжения.

2. Выемка угля комбайном на основном участке лавы (рис.5в-II).

Управление комбайном осуществляет машинист 1, регулирующий режим работы комбайна. Горнорабочий 2 следит за своевременностью выдвигки секций крепи, работой крепеукладчика, системы орошения и состоянием кровли.

3. Передвижка секций крепи (рис. 5в-III и рис.7)

Передвижку крепи производит машинисты крепи (горнорабочие 3, 4) вслед за проходом комбайна в соответствии с паспортом крепления. Поддерживающий козырек через блок управления принудительно опускается на 2-5 см. При выдвигке секций на полшага передвижки горнорабочий переводит рукоятку блока управления на раздвижку стойки, продолжая перемещение секции. Зазор между козырьком крепи и грудью забоя выдерживается в 15 см. После окончания передвижки секции крепи рукоятка управления домкратом передвижки ставится в *нейтральное положение*.

На передвижку одной секции крепи затрачивается 35 с. Таким образом при работе двух машинистов крепи и одновременной передвижке двух секций и шага их установки 1,1 м максимально допустимая скорость подачи комбайна по скорости крепления составит:

$$V_n = V_{кр} = 2 \cdot 1,1 \cdot \frac{60}{35} = 3,08 \text{ м/мин}$$

Д перации	Исходные данные	Часы смены						Итого
		8	9	10	11	12	13	
Подготовка трактора-машиниста к работе	1-8							135
Зарядка комбайна	1,2							6
Управление комбайном во время уборки	1,2							60
Вспомогательные операции	1-8							32
Передвижение секций крен	3,4							87
Защитка оснований крен	5							76
Подготовка комбайна к работе	1,2							3
Управление комбайном при работе	1,2							49
Ручная защита основания крен на передвижном улье	5							45
Подготовка к передвижке комбайна	3,4							14
Передвижка комбайна	3,4							39
Крепление сорванной лопы с комбайном	3,4							7
Крепление сорванной лопы с веткой	3,4							6
Крепление сорванной лопы с веткой	3,4							185
Итого	8							135

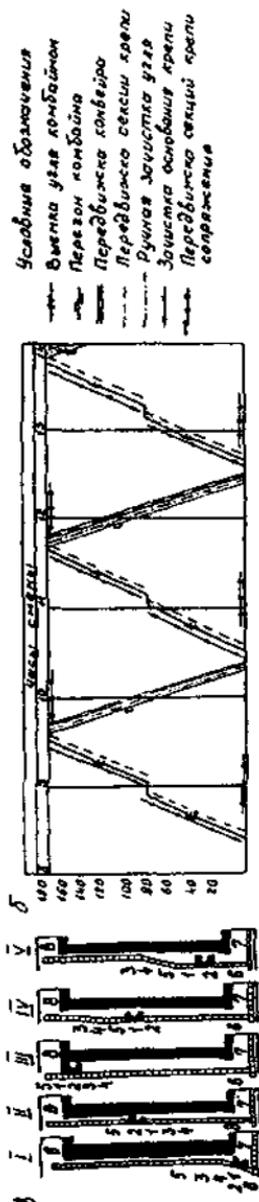


Рис. 5 Графики организации (а), диаграммы работ (б) и схемы расстановки рабочих по операциям цикла (в)

Таблица 6

Параметры крепи	ТИП КРЕПИ														
	Дон-басс-Дон-басс-М	МК 97	1М89	МВ7 УМН	МВ7 УМА	МВ7 УМП	2М 813	10КП IVКП	20КП	30КП 20КП	1МКМ	2МКЭ	ОКП 70	М130	М142
Вынимаемая мощность пласта, м минимальная	0,72	0,72	1,16	1,25	1,3	1,1	2,0	1,85	1,85	2,5	1,5	1,7	1,8	2,5	3,7
Сечение в свету, м ²	$\frac{1,56}{2,5}$	$\frac{1,4}{3,4}$	$\frac{2,7}{4,6}$	$\frac{2,5}{4,6}$	$\frac{2,5}{4,6}$	$\frac{2,7}{4,6}$	$\frac{3,54}{6,32}$	$\frac{2,7}{3,4}$	$\frac{2,7}{3,4}$	$\frac{5,2}{7,8}$	$\frac{3,0}{3,8}$	$\frac{2,9}{4,4}$	$\frac{2,7}{5,4}$	$\frac{5,6}{9,0}$	$\frac{6,5}{10,5}$
Скорость крепле-ния при последовательной схеме пере-редажки и устойчи-вых поро-дах, V кр м/мин	2,3	2,4	2,55	2,55	2,75	2,55	1,25	2,44	2,58	2,58	2,18	2,16	2,0	2,15	3,0
Коэффици-ент готов-ности кре-пи	0,9	0,92	0,94	0,91	0,9	0,95	0,94	0,85	0,92	0,83	0,88	0,88	0,85	0,9	0,85

Операции	Исполнители	Продолжительность выполнения операций, с							
		5	10	15	20	25	30	35	всего
Снятие нагрузки со стойки	3	[Step from 5 to 10]							4
Включение домкрата на выдвигание секции	3	[Step from 10 to 15]							1
Выдвигка секции	3	[Step from 15 to 25]							18
Возвращение рукоятки управления домкратов в нейтральное положение	3	[Step from 25 to 26]							1
Распор секции крени и возвращения рукоятки гидростойки в нейтральное положение	3	[Step from 26 to 32]							6
Переход к следующей секции	3	[Step from 32 to 37]							5
Всего на выдвигку секции крени								35	

Рис.6 График организации труда при зарубке комбайна

Операции	Исполнители	Продолжительность выполнения операций, мин, с			всего
		1	2	3	
Осмотр комбайна	1,2	[Step from 1 to 2]			1'30"
Включение комбайна	1	[Step from 2 to 3]			0'10"
Управление при зарубке	1,2	[Step from 3 to 4]			1'30"
Всего на зарубку комбайна				3'00"	

Рис.7 График организации труда при передвижке секций крени

Операции	Исполнители	Продолжительность выполнения операций, мин			
		1	2	3	всего
Перевод рукояток управления домкратами в положение "На передвижку"	3	[Горизонтальная линия]			1
Перевод рукояток управления домкратами в положение "На слив" после прохода комбайна	4	[Горизонтальная линия]			
Включение насосной установки для передвижки конвейера и наблюдение за передвижкой	3,4	[Горизонтальная линия]			1
Перевод рукояток управления домкратами на передвинutom участке конвейера в положение "Нейтральное"	3	[Горизонтальная линия]			1
Переход к следующему участку конвейера	4	[Горизонтальная линия]			
Всего на передвижку 12 секций конвейера					3

Рис.8 График организации труда при передвижке лавного конвейера

В процессе передвижки секций крепи горнорабочий 5 производит зачистку оснований секций крепи.

4. Подготовка комбайна к перегону с зачисткой почвы (рис. 5, в - IV и рис.9).

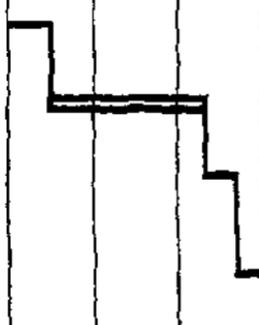
Операции	Исполнители	Продолжительность выполнения операций, мин,с			
		1	2	3	Всего
Опускание верхнего шнека комбайна	1				0' 30"
Осмотр комбайна	1,2				1' 50"
Подъем над почвой шнеков комбайна	1				0' 20"
Проработка шнеков комбайна (окончательная подготовка комбайна к перегону)	1				0' 20"
Всего на подготовку комбайна к перегону					3'

Рис.9 График организации труда при подготовке комбайна к перегону с зачисткой угля

Закончив выемку полосы, машинист комбайна опускает верхний шнек на почву, выключает контроллер, блокирует аварийную кнопку и осматривает комбайн, проверяя герметичность мест уплотнений, состояние резцов, мест присоединения силового кабеля. Затем включает режущую часть и регулирует положение шнеков так, чтобы они при зачистке не касались почвы и обеспечивали нормальную зачистку угля.

5. Перегон комбайна (рис.26 - IV и рис.10).

При перегоне комбайна с зачисткой машинист 1 и горнорабочий 2 следят за полнотой зачистки. В случае

большого отжима угля из груди забоя после прохода комбайна возможна повторная зачистка. Непогруженный и при повторной зачистке отжатый уголь зачищается вручную горнорабочим 5.

Операции	Исполнители	Продолжительность выполнения операций, мин, с			
		10	20	30	всего на 80 м
Включение рукояток хода и регулировка скорости подачи комбайна	1				0'10"
Перегон комбайна, зачистка не погруженного комбайном и отжатого от забоя угля	1,2				39'40"
Включение рукояток скорости подачи и исполнительного органа комбайна	1				0'10"
Всего на перегон комбайна					40'

Рис.10 График организации труда при перегоне комбайна с зачисткой угля

6. Передвижка конвейера (рис.5в - IV и рис.8).

Перед передвижкой конвейера горнорабочий 5 проверяет земник и при его наличии - разрушает. Передвижка конвейера ведется волной с отставанием от комбайна на 13-15 см. Схему включения домкратов на передвижку устанавливают в зависимости от сопротивления перемещению конвейерного става.

Операции по передвижке осуществляют горнорабочие 3 и 4 (машинисты крепи) по отдельным участкам конвейера. Горнорабочий 3 на первом участке конвейерного става производит переключение рукоятки гидрорас-

редделителя в положение "Передвижка", а горнорабочий 4 в это время на участке (12-13 секций) ставит рукоятки гидрораспределителя в положение "слив". После этого горнорабочий 3 с ближнего лавного блока включает насосную группу - происходит передвижка конвейера на первом участке. Горнорабочий 4 следит за ходом передвижки и при необходимости регулирует прямолинейность става путем дополнительного включения или отключения домкратов.

После передвижки става на первом участке горнорабочий 3 ставит рукоятки гидрораспределителей на первом участке в нейтральное положение и переходит на 2-й участок. Горнорабочий 4 в это время ставит рукоятки гидрораспределителей на третьем участке в положение "слив". Цикл повторяется.

7. Работа на концевых участках лавы

Передвижку крепи сопряжения типа Т64 в вентиляционном штреке осуществляет горнорабочий 8, а в конвейерном штреке горнорабочие 6 и 7. Горнорабочий 7 во время зарубки комбайна и во время выемки угля также осуществляет расштыбовку конвейера под приводной станцией.

На рис.11 представлены типовые графики организации, планограмма работ и схема расстановки рабочих в забое, оборудованном струговым комплексом.

1.6. Расчет эксплуатационной производительности проходческих комбайнов. Планограммы работ

К данному типу относятся комбайны ПК-3р, ГПКС, КП-20, КП-25, 4ПП2, 4ПП5, КП160 и ряд комбайнов зарубежных фирм.

Расчет эксплуатационной производительности необходимо вести исходя из устойчивого момента электродвигателя привода коронки, характеризующего среднюю нагрузку на исполнительном органе и коэффициента вариации нагрузки.

А. График организации работ



Расстановка рабочих
в периоды выемки
угля стругом

В.
перестановки
крепей сопряжения

Б. Планограмма работ

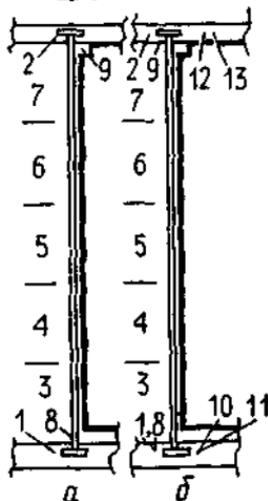
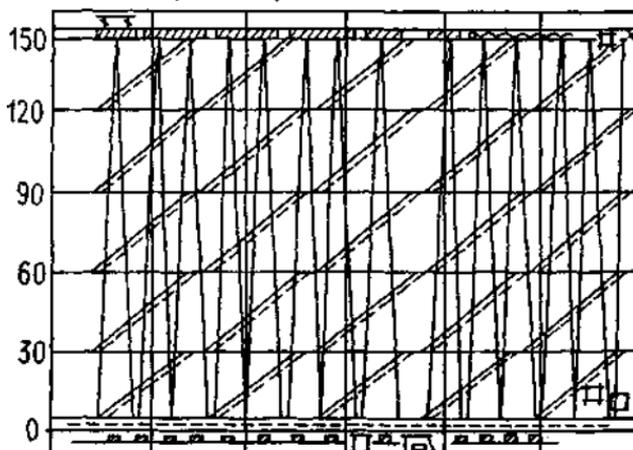


Рис.11 График организации (А) и планограмма (Б) работ и схема расстановки рабочих в забое (В), оборудованном струговым комплексом 1КМ97Д со струговой установкой С075

Устойчивый момент асинхронного электродвигателя, приведенный к исполнительному органу, $M_{уст}$ Н·м, определяется по формуле

$$M_{уст} = \frac{M_{max} \cdot k_{см} \cdot i \cdot \eta_p}{1 + 2v_{\partial\partial}}, \text{ Нм} \quad (48)$$

Максимальный момент M_{max} , развиваемый электродвигателем, принимается по каталогу.

Коэффициент снижения момента $k_{см}$, учитывающий влияние шахтной сети, определяется по графику рис. 12 в зависимости от сопротивления сети, питающей двигатель, и отношения V номинальных мощностей двигателя $N_{\partial\partial}$ и трансформатора $N_{тр}$.

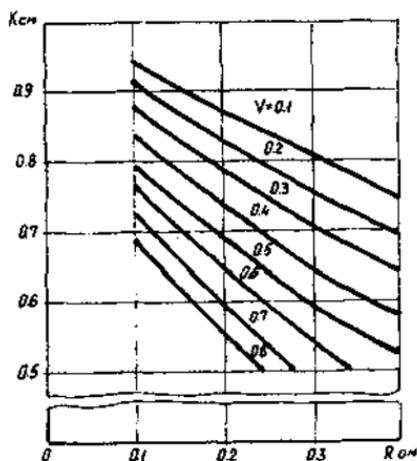


Рис. 12 Зависимость коэффициента $k_{см}$ от сопротивления сети R и отношения номинальных мощностей двигателя $N_{\partial\partial}$ и трансформатора $N_{тр}$ ($V = N_{\partial\partial} / N_{тр}$)

Передаточное число редуктора i и КПД редуктора η_p принимается в соответствии с кинематической схемой привода.

Коэффициент вариации нагрузки двигателя определяется по формуле

$$v_{\partial\partial} = \sqrt{v_{\partial\partial 1}^2 + v_{\partial\partial 2}^2 + v_3^2}, \quad (51)$$

Допустимой считается динамичность нагрузок, оцениваемая коэффициентом вариации, не превышающим 0,6. При получении значения коэффициента вариации, превышающего 0,6, следует улучшить схему набора резцов на коронке, увеличить число резцов или ввести в трансмиссию упруго-демпфирующие элементы.

Более детально расчет нагруженности коронок и привода представлены в литературе /13/.

Коэффициент вариации $\nu_{\partial\sigma 1}$ отражает изменчивость нагрузки двигателя, обусловленную типом и конструктивными особенностями исполнительного органа и механизма подачи.

Для осевых коронок коэффициент вариации $\nu_{\partial\sigma 1}$ принимается равным коэффициенту вариации нагрузки в трансмиссии ν_1 .

Коэффициент вариации $\nu_{\partial\sigma 2}$ отражает изменчивость момента двигателя вследствие изменения нагрузок на резцах исполнительного органа, обусловленную механизмом разрушения породного массива режущим инструментом. Этот коэффициент определяется по формуле

$$\nu_{\partial\sigma 2} = \frac{\sigma_{\text{мдв}}}{\bar{M}}$$

где $\sigma_{\text{мдв}}$ — среднеквадратичное отклонение момента двигателя, обусловленное изменчивостью нагрузки на резцах, Нм;

\bar{M} — математическое ожидание момента двигателя, Нм.

Расчеты $\nu_{\partial\sigma 2}$ весьма трудоемки, поэтому допускаем возможность принимать его в пределах $\nu_{\partial\sigma 2} = 0,20 - 0,35$.

Коэффициент вариации ν_3 отражает изменчивость нагрузки в трансмиссии, обусловленную изменением сопротивляемости породного массива разрушению, с учетом способа управления комбайном. В случае ручного управления комбайном при средней величине показателя контактной прочности $p_k \leq 350$ МПа коэффициент вариации

v_3 принимается равным 0,37. При $p_k > 350$ МПа коэффициент вариации v_3 принимается равным 0,28.

При автоматическом управлении комбайном коэффициент вариации v_3 принимается исходя из характеристики используемой системы автоматического управления. При отсутствии данных коэффициент вариации v_3 принимается равным 0,14.

По полученному значению $M_{уст}$ определяются среднее значение усилия резания на резцах z_{cp} :

$$z_{cp} = \frac{M_{уст}}{z_p \cdot R_{cp}}, \text{ Н}$$

где z_{cp} — число резцов, одновременно находящихся в работе в соответствии со схемой набора резцов и схемой контакта коронки с породой;

R_{cp} — средний радиус установки резцов, м.

Средняя глубина резания h_{cp} определяется по эмпирическому выражению:

$$h_{cp} = \frac{z_{cp} - 0,1F \cdot p_k}{p_k \cdot k_m \cdot k_z \cdot k_a \cdot 0,018 \cdot t_{cp}} - 0,25 \quad (52)$$

где F — проекция площади затупления резца по задней грани на плоскость резания. Принимается по таблице 10.

Таблица 10

Тип резца	Проекция площади затупления, F , мм ²
РКС-1	5
РКС-2	10
РПП	50
И 90МБ	20
И 79В	20

При серповидной форме стружки значение максимальной глубины резания h_{max} , определяющей скорость перемещения коронки, будет равно /1,2/:

$$h_{max} = 1,55 \cdot h_{cp}$$

- p_k - показатель контактной прочности пород, МПа.
Перевод коэффициента крепости f в показатель контактной прочности представлен в таблице 11.

Таблица 11

Коэффициент крепости пород по Протоdjяконову	3	4	5	6	7	8
p_k , МПа	230	350	490	650	800	1000

- k_m - коэффициент учитывающий влияние типа реза. Для поворотных резов величина коэффициента k_m принимается равной 1,5, для неповоротных резов - 1,0;
- k_g - коэффициент, учитывающий влияние геометрии инструмента. Зависит в основном от диаметра керна поворотного реза и может приниматься по таблице 12:

Таблица 12

Диаметр керна, мм	9	12	14	16
Коэффициент k_g	0,9-1,05	1,0-1,20	1,10-1,25	1,30-1,45

Меньшие значения принимаются для резов с биконической формой головки державки.

- k_a - коэффициент, учитывающий влияние угла резания α . Принимается по таблице 13.

Таблица 13

Тип реза	Коэффициент k_a при α , град				
	60	70	80	90	100
Поворотный	0,65	0,69	0,87	1,0	1,25
Неповоротный	0,62	0,74	0,86	1,0	1,20

t_{cp} - средний шаг резания, мм, принимается по чертежу коронки или по схеме стружкообразования.

Теоретическая производительность комбайна по разрушению забоя:

$$Q = V_k \cdot F_k \quad (53)$$

где V_k - скорость перемещения коронки, м/мин;

F_k – проекция площади контакта коронки с забоем на плоскость, перпендикулярную вектору скорости ее перемещения, м².

Скорость перемещения коронки определяется максимальной глубиной резания и частотой вращения коронки n_k (1/мин).

$$V_k = h_{max} \cdot n_k \cdot z_{др}, \text{ м/мин} \quad (54)$$

где $z_{др}$ – число резцов в линии резания.

Проекция площади контакта коронки может приниматься по фактическим параметрам или по рекомендациям схем рис. 13 и определяться по выражениям:

- для аксиальных коронок: $F_k = B \cdot L, \text{ м}^2$
- для осевых коронок: $F_k = H \cdot (D_{min} + D_{max})/2, \text{ м}^2$

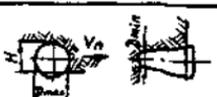
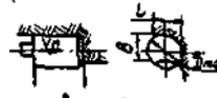
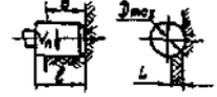
Тип коронки и направление подачи	Схема	Заглубление в массив, L	Толщина реза, B, H
Осевая коронка, подача перпендикулярно оси коронки		$(0.6 \dots 1)L_{max}$	$0.75 D_{max}$
Аксиальная коронка, подача параллельно оси коронки		$(0.6 \dots 1)D_{max}$	$0.75 D_{max}$
Аксиальная коронка, подача перпендикулярно оси коронки		$(0.4 \dots 1)D_{max}$	$(0.6 \dots 1)H$

Рис. 13 Зависимость заглубления коронки в массив и толщины реза от типа и параметров коронки и режима работы

Для расчета технической и эксплуатационной производительности и темпов проходки необходимо иметь графики организации работ. На рис. 14 и 15 представлены типовые графики организации работ с комбайном ГПКС (рис. 14) при последовательном проведении работ по разработке забоя и возведения крепи и с комбайном 4ПП2 (рис. 15) при совмещении работ по разработке и возведению крепи.

Процессы	Единица измерения	Объем работ по смену	Составные моменты технологической	Расшифровка процесса, мин.	Участки смены						
					1	2	3	4	5	6	
Подготовка к работе				15							
Работа комбайна	м ³	471	1-4	402,3							
Обслуживание комбайна			1-2	101,3							
Сбор урожая, разгрузка, погрузка в арочный вагон	м ³	471	2-3	402,3							
Возвращение кранов	Врак	3	1-4	437,3							
Зачистка комбайнов			1-4	80							
Прочие вспомогательные работы		3	1-4	102,3							
Регистрация рабочего времени			4	402,3							
			1-4	20							

Оборудование:
комбайн ГПКС,
перетружатель ППЛК,
конвейер СР70м,
монорельсовая дорога БДМК

Крепь - металлические арки АПЗ (1 арка/м)
с затяжкой боков и кровли

Скорость проходки:
3 м/смену,
9 м/сут.,
230 м/мес.

Производительность труда:
0,75 м³/чел.-смену
9,6 м³ в свету/чел.-смену

Рис. 14 График организации работ при проведении уклона по смешанному забою комбайновым комплексом ($\alpha \leq 10^\circ$), $S_{ар} = 15,7 \text{ м}^2$, $S_{ср} = 12,8 \text{ м}^2$, $J_{у} = 1,5$, $J_{п} = 4,0$, $кп = 0,6$)
Оборудование: комбайн ГПКС, перетружатель ППЛК, конвейер СР70м, монорельсовая дорога Б ДМК.
Крепь - металлические арочная АПЗ (1 арка/м) с затяжкой боков и кровли.
Скорость проходки: 3 м/см, 9 м/сут., 230 м/мес. Производительность труда 0,75 м³/чел.-см,
9,6 м³ в свету/чел.-см

Процессы	Единица измерения	Объем работ по смену	Составные моменты технологической	Расшифровка процесса, мин	Участки смены						
					1	2	3	4	5	6	
Подготовка к работе				15							
Работа комбайна	м ³	62,8	1-6	55,4							
Обслуживание комбайна			1-2	15,4							
Вспомогательные работы по погрузке в арочный вагон	м ³	62,8	2-3	55,4							
Возвращение кранов	Врак	4	1-6	45							
Зачистка комбайнов			3-6	15,4							
Прочие вспомогательные работы	м	4	1	55,4							
Регистрация рабочего времени			1-6	20							

Оборудование:
комбайн АПЗ2,
перетружатель ППЛК,
конвейер С170м,
монорельсовая дорога БДМК

Крепь - металлические арки АПЗ (1 арка/м)
с затяжкой боков и кровли

Скорость проходки:
4 м/смену,
12 м/сут.,
307 м/мес.

Производительность труда:
0,67 м³/чел.-смену
8,53 м³ в свету/чел.-смену

Рис. 15 График организации работ при проведении горизонтальных выработок по смешанному забою комбайновым комплексом ($S_{ар} = 15,7 \text{ м}^2$, $S_{ср} = 12,8 \text{ м}^2$, $J_{у} = 1,5$, $J_{п} = 5,0$, $кп = 0,6$)
Оборудование: комбайн АПЗ2, перетружатель ППЛК, конвейер СР70м, монорельсовая дорога Б ДМК,
крепь - металлические арки АПЗ (1 арка/м) с затяжкой боков и кровли. Производительность труда
0,67 м³/чел.-см, 8,53 м³ в свету/чел.-см

Время разработки забоя комбайном может быть определено по формуле

$$T = \frac{S_{np} \cdot l \cdot k_{op}}{V_k \cdot F_k}, \text{ мин} \quad (55)$$

где S_{np} – сечение выработки в проходке, м²;
 l – шаг установки рам крепи, м;
 k_{op} – коэффициент организации работ, может приниматься $k_{op} = 1,1-1,3$.

Эксплуатационную производительность комбайна лучше представлять в темпах проходки (м/час, м/см)

$$P_э = \frac{V_k \cdot F_k \cdot \frac{T}{T + T_{во} + T_{зо}} \cdot 60}{S_{np}} = \frac{V_k \cdot F_k \cdot k_э}{S_{np}} \cdot 60, \text{ м/ч} \quad (56)$$

где $T_{во}$ – время несовмещенных вспомогательных операций, принимаемые по графику организации работ,

$T_{зо}$ – время простоев по эксплуатационно-организационным причинам, принимается по статистическим данным.

Сменная проходка определится из выражения:

$$P_{см} = P_э \cdot (T_{см} - T_{т01} - T_{pn}), \text{ м/см} \quad (57)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, час;
 $T_{т01} = 0,5$ часа – время ежедневного технического обслуживания комплекса, $T_{pn} = 0,33$ часа – время регламентированного перерыва.

На рис.16 представлена технологическая схема сооружения тоннелей проходческим комбайном.

Основные технические данные ряда проходческих комбайнов представлены в таблице 14.

1.7. Области применения и выбор типа проходческого щита

Наиболее полное представление о рациональных областях применения проходческих щитов, исходя из кон-

Таблица 14

Показатели (параметры)	Ед. измерения	Комбайны							
		ПКЗр	4ПУ	ГПКС	4ПД2М	4ППС	КП-25	П160	
Расчетная производительность: - по углу - по породе с пределом прочности 80 МПа - по смещенному забою (Кпр = 0,5)	т/мин м ³ /мин м ³ /мин	1,5 —	1,2 —	2,0 0,66	0,26 0,47	— —	2,4 0,30	— —	0,27 0,73
Форма выработки		прямоугольная, арочная, трапециевидная							
Размеры выработок вчерне: - сечение выработки - высота - ширина по низу	м ² м м	5,3-12 2,1-3,2 2,8-4,05	4,0-8,2 1,8-2,85 2,6-3,3	6,0-17 2,4-0,9 2,6-4,7	9,0-25 3,6-4,5 3,6-6,5	14-36 2,6-3,0 4,2-6,5	7,0-20 —	—	9,0-33 3,3 7,6
Мощность электродвигателей: - исполнительного органа - суммарная установленная	кВт	45 108,5	22 74	55 110	130 225	200 350	140 215	—	160 237,2
Скорость передвижения комбайна	м/с	0,023	0,04	0,113	—	—	—	—	—
Габаритные размеры комбайна - длина (без перегружателя) - ширина (по гусеницам) - высота (транспортная)	мм	6750 1470 1740	6000 1250 1300	10500 1600 1600	12600 2500 2100	13600 2450 2100	11500 2400 1660	—	2700 1600
Масса комбайна	т	13,0	10,5	21,0	45	75	40	—	50
Давление на почву	МПа	0,052	0,085	0,09	0,13	0,18	0,12	—	0,14
Угол наклона выработки	град.	±10	±10	±25, 20*	±12	±10	±12	—	±10

*Базовый вариант комбайна ГПКС

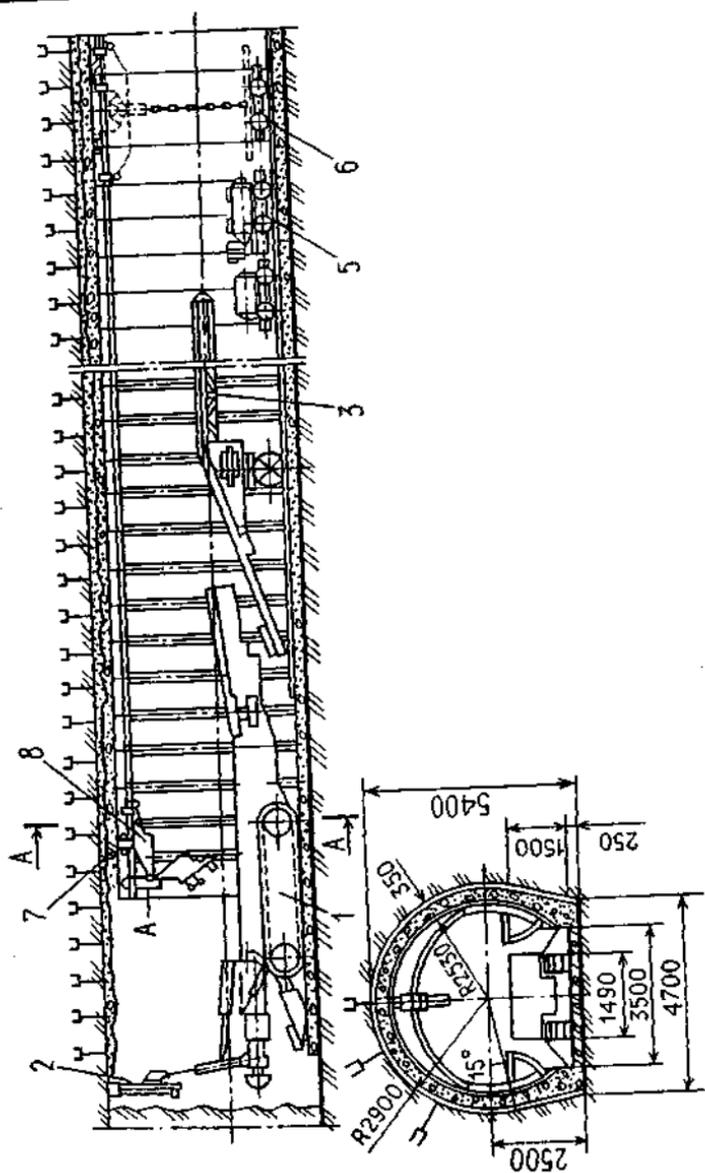


Рис.16 Технологическая схема сооружения тоннеля комбайном КП-25 с временной анкерно-набрызгбетонной крепью и монолитной обделкой
 1 - комбайн КП-25, 2 - буровая машина, 3 - прицепная машина, 4 - секция передвижной опалубки, 5 - набрызгбетонная машина, 6 - блоквозка, 7 - пневматической торцевое уплотнение, 8 - грузопольз-емное устройство на монорельсе

структивно-технологических схем их основных функциональных элементов, дает классификация щитов /8/, в которой они классифицированы по двум группам признаков:

I - основным, определяющим область применения щитов;

II - вспомогательным, определяющим конструктивно-технологические схемы основных функциональных элементов щита.

Проходческие щиты

1. Область применения

1.1. Категория грунтов, пород:

- грунты водонасыщенные, пlyingуны (В);
- грунты естественной влажности, неустойчивые, сыпучие (Н);
- грунты мягкие малоустойчивые (М);
- грунты устойчивые с коэффициентом крепости $f \leq 5$ (У);
- породы скальные устойчивые с коэффициентом крепости $f > 5$ (С).

1.2. Форма и диаметр щита, тоннеля, выработки:

- щиты малого диаметра: $D \leq 3,2$ м;
- щиты седнего диаметра: $D = 3,2 \div 5,6$;
- щиты большого диаметра: $D = 5,6 \div 10,0$;
- щиты для арочных выработок;
- щиты для прямоугольных выработок.

1.3. Угол проведения выработки:

- щиты для горизонтальных выработок;
- щиты для наклонных выработок.

1.4. Длина выработки:

- щиты для выработок длиной $> 200-300$ м;
- щиты для выработок длиной от 20 до 200 м.

2. Конструктивно-технологические схемы основных функциональных элементов.

2.1. Для крепления и удержания забоя:

- выдвигаемые козырьки (Н, М);
- подвижные поворотные плиты (Н, М);
- шандоры (В, Н);
- диафрагмы (В);
- рассекающие площадки (Н, М);
- роторный исполнительный орган (Н, М).

2.2. Для разработки забоя

2.2.1. Немеханизированные щиты:

- ручная (лопата, отбойный молоток) с рабочими площадками (Н, М);

- БВР с рабочими площадками (У, С);

2.2.2. Механизированные щиты:

- механизированная с исполнительными органами;
- роторный: с пригрузом (В, Н),
без пригруза (М, У, С);
- планетарный фронтальный:
с пригрузом (В, Н),
без пригруза (М, У, С);
- планетарный циклический (М, У, С);
- стреловидным (Н, М, У);
- экскаваторный (Н, М);
- челюстные механизмы (грейферные) (Н, М);
- ударный (У, С);
- гидромеханизированный (В, Н, М);
- комбинированный.

2.3. Для погрузки разрушенной массы:

- непрерывного действия:
- ковшевой роторный (Н, М, К, С)
- нагребные лопаты (Н, М, У, П);
- шнековый (В, Н, М);
- гидромеханизированный (В, Н, М);
- лопастной барабанный (Н, М, У);
- гравитационная (Н, М);
- циклического действия:
- ручная (Н, М);
- ковшевой автономный (Н, М, У, С);

- экскаваторный (Н, М);
- челюстные механизмы (Н, М, У);
- скребковый (Н, М, У, С).

2.4. Для возведения обделки (крепи):

- комплексы для строительства сооружений со сборной крепью (необжатой, обжатой в породу);
- комплексы для строительства сооружений с монолитно-прессованной бетонной крепью;
- комплексы для строительства тоннелей методом проталкивания сборной крепи
- комплексы для строительства сооружений с комбинированной крепью:
 - со специальной опалубкой;
 - без специальной опалубки.

Кроме рассмотренных признаков щиты по ОСТ 12.44.250-84 делятся на два типа:

- проходческие щиты механизированные (ПЩМ), в которых все основные процессы (разработка и погрузка породы в забое транспортирование до перегрузочного конвейера комплекса и крепление тоннеля, выработки) механизированы;
- проходческие щиты частично механизированные (ПЩ), в которых разработка забоя производится вручную, погрузка породы может быть механизирована или производится вручную, крепление тоннеля (выработки) механизировано.

В соответствии с этим же ОСТом условное обозначение щита состоит из типоразмера, вида крепи (С - сборная, М - монолитная, К - кольцевая), названия исполнительного органа (П - комбинированные площадки, Р - роторный, К - качающийся, Э - экскаваторный).

Примеры условных обозначений

Проходческий щит механизированный диаметром 2100 мм с роторным исполнительным органом для строительства тоннелей со сборной крепью - ПЩМ-2.1 СР.

Проходческий щит частично механизированные диаметром 4030 мм для-строительства тоннелей с монолитно-прессованной бетонной крепью - ПЩ-4М.

Несмотря на большое классификационное многообразие механизированных щитов по типам исполнительных органов, их можно объединить в две группы: с фронтальными и избирательными исполнительными органами, в которых можно выделить по две подгруппы основных типов.

Выделим основные достоинства и недостатки нижеуказанных типов исполнительных органов, а следовательно, и щитов в целом,

1. Щиты с фронтальными исполнительными органами.

Исполнительные органы роторного типа с планшайбой или радиальными лучами, оснащенные резцовым инструментом, разрушающие забой сразу по всей площади (по полному диаметру) забоя проходимой выработки.

Достоинства: точность круглого контура проходимой выработки; возможность оснащения исполнительного органа ковшевыми органами погрузки.

Недостатки: высокая мощность привода, а следовательно, большие габариты и масса оборудования; необходимость специального блокоукладчика, увеличивающего длину комплекса; сложность замены рабочего инструмента.

Исполнительные органы, на водиле которых расположена одна или две коронки, имеют радиальное перемещение.

Имеют те же достоинства, что и органы первой группы и, кроме того, могут иметь меньшую мощность привода и доступность к рабочему инструменту.

Недостатки: более сложная кинематика привода исполнительного органа; цикличность в обработке забоя при снижении, как правило, темпов проходки.

2. Щиты с избирательными исполнительными органами. Избирательные исполнительные органы щитов, оснащенные стрелой с конусной коронкой.

Достоинства: возможность проходки выработок различной формы и сечений, что, к сожалению, не может быть реализовано в конструкциях современных щитов; относительно высокая удельная энергетическая оснащенность рабочего инструмента; простота доступа к инструменту; хороший обзор забоя, возможность обхода (с последующим удалением) валунов и других твердых включений.

Недостатки: большой вылет рабочего органа по оси щита, что требует дополнительной длины камеры при зарубке, высокая трудоемкость управления при отсутствии автоматизированной программы; необходимость в специальном органе погрузки, невозможность работы в породах с высокой налипаемостью.

Избирательные органы щитов с экскаваторным рабочим органом. Имеют те же достоинства, что и предыдущие, и, кроме того, обеспечивают возможность погрузки из забоя на перегрузочные средства и работы по породам с высокой налипаемостью.

Недостатки: ограниченность области работы сыпучими и мягкими породами. Но необходимо отметить, что эта область разработок достаточно широка.

Следует отметить, что имеются разработки по совмещению исполнительных органов с укладчиком крепи у избирательных органов со стрелой и у фронтальных органов с водилом и коронками.

Выбор типа проходческого щита

Определяющими условиями выбора типа проходческого щита являются горно-геологические и горнотехнические условия проходки и сооружений подземной коммуникации: диапазон гидрогеологических условий по категории грунтов, их крепости и разнообразию, устойчивости забоя, обводненности, диаметр и длина выработки,

необходимые радиусы разворота, требования по просадке дневной поверхности и др.

Рекомендации по выбору конструктивно-технологических схем основных функциональных элементов проходческих щитов в зависимости от типа разрабатываемых пород даны в разделе классификации щитов.

При разработке водоносных песков, песчанистых илов, супесей, липких и размокаемых глин без применения спецспособов проходки (замораживание, водопонижение, химзакрепление) возможно лишь применение щитов с роторным исполнительным органом с глинистогрунтовым, шламовым или пеногрунтовым пригрузом. Из зарубежных конструкций в отечественной практике хорошо зарекомендовали себя щиты фирм "Мицубиси" (Япония) и "Вайс унд Фрайтаг" (ФРГ). В стадии разработки находится отечественный щит КППМ-2,6 В.

Для глинисто-песчаных пород естественной влажности и устойчивых пород до III категории широко применяются щиты с экскаваторным рабочим органом в комплексах КПЩМ-2, 6Э (в), КПЩМ-2,6Э (н), КПЩМ-3,6Э (в), КПЩМ-4Э (в), КТ-5,6Б2, КТ-5,6Д2.

В устойчивых твердых породах и глинах, мергелях с коэффициентом крепости $f \leq 2,0$ применяются щиты с шелевым роторным органом (КТ1-5,6) и щиты ПМЩ-3,2Б, КПЩМ-4ПМ со стреловидным исполнительным органом.

В устойчивых породах, мергелях, известняках с $f \leq 5,0$ целесообразно применение щитов с роторным рабочим органом (щиты ШН-1М) или с режущими коронками на стреле или водиле (щиты КТ1-5,6Д2, КПЩМ-4ПМ).

Для освоения новых технологических схем и повышения уровня механизации проходки станционных и эскалаторных тоннелей созданы механизированные проходческие комплексы КПЭ-9,5 и КПС-8,5 соответственно для диаметров выработок 9,5 и 8,5 м.

Необходимо отметить, что в последнее время при проходке коммуникационных выработок и тоннелей, а также станционных тоннелей по устойчивым породам с

коэффициентом крепости $f \leq 6,0$ стали широко применяться, особенно в метростроении, отечественные проходческие комбайны типа ГПКС, 4ПП-2М, 4ПП-5.

В таблицах 15, 16 и 17 приведены технические характеристики различных типов проходческих щитов.

Основными преимуществами щитов со стреловидным исполнительным органом являются: возможность избирательной разработки забоя, обнаружения и удаления валунов; хороший обзор забоя; доступность для осмотра и замены инструмента; небольшая величина реактивного момента по развороту щита вокруг его продольной оси. Главным недостатком является трудность управления рабочим органом, особенно по оконтуриванию выработок.

Кроме того, все эти типы щитов могут применяться лишь в устойчивых породах.

По ОСТ 12.44.250-84 рекомендуется следующее использование различных типов щитов в зависимости от вида грунтов и крепости пород:

- щиты с рассекающими комбинированными площадками различной конструкции для разработки забоя в сыпучих и малоустойчивых породах (грунтах);
- щиты с роторным исполнительным органом с плоской или винтовой рабочей поверхностью для разработки забоя в песках, устойчивых лессах, суглинках, супесчаных, глинистых и других породах (грунтах) с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М.Протоdjяконова $f = 0,5-1,2$;
- щиты с одним или несколькими экскаваторными исполнительными органами для разработки (во многих случаях также для погрузки породы) забоя в смешанных породах (грунтах) преимущественно с $f = 0,5-2$; щиты с многолучевым роторным исполнительным органом резцовым инструментом для разработки забоя в устойчивых лессах, углях, мергелях, в слабых известняках, слабых песчаных сланцах, глинистых и суглинистых сланцах средней крепости, суглинистых, супесчаных, отвердевших глинистых и других породах (грунтах) преимущест-

венно с $f = 1-4$ и абразивностью по Л.И. Барону и А.В. Кузнецову не более 10 мг, а также с шарошечным инструментом для разработки забоя в трещиноватых породах с $f \geq 4$ и абразивностью не более 50 мг;

Таблица 15

Показатели	Размерность	Типы щитов					
		КЩ-2,1Б	ПЩМР-3,2р	ПЩМ-3,6р	КТ1-5,6	ЩМР-1М	ТЩБ-3
Диаметр щита	мм	2100	3200	3024	5630	5624	5624
Длина щита без козырьков	мм	3060	4275	4670	4500	4620	4510
Коэффициент крепости разрабатываемых пород	ед.	0,5-1,2	0,5-3,0	0,5-3,0	0,5-3,0	0,5-3,0	0,8-8,0
Величина выдвигания исполнительного органа	мм	78	450	400	550	500	350
Усилие выдвигки ротора	мН	0,15	0,4	0,33		2,0	6,0
Мощность установленных электродвигателей	кВт	25	66	83	390	393	600
Щитовые домкраты: число	шт.	12	18	20	19	16	17
Максимальное усилие гидродомкратов	мН	2,4	6,8	8,0	19	16	17
Скорость вращения ротора	мин ⁻¹	-	2,25/4,5	-	-	0,7	-
Вращающий момент на роторе	кНм	-	190/95	-	-	1350	
Тип органа погрузки		лопасти на роторе	ковши на роторе	лопасти	ковши	ковши	лопасти
Производительность щитового конвейера	м ³ /ч	18	90	60	210	100	100
Ширина кольца обделки	мм	700	800	1000	1000	1000	пресс-бетон
Масса щита	т	16,8	36,6	60	154	187	300

Таблица 16

Технические характеристики щитовых механизированных комплексов с экскаваторными рабочими органами

Показатели	Размерность	КПЩМ-4Э (г)	КПЩМ-3,6Э (г)	КПЩМ-2,6Э (г)	КТ1-5,6Э	КПЩМ-2,6Э (м)	КМ-4,2М1 (ЩИТ ЦМЗ-1)	КТ-5,6 БЭ
Наружный диаметр корпуса	мм	4020	3620	2590	5630	2590	5624	5630
Длина корпуса щита	мм	5360	5254	4500	60000	4350	6335	6300
Масса щита	т	46	36	19	120	19	110	170
Длина комплекса	м	46	45	22	40	13	24	29,6
Масса комплекса	т	72	60	28	225	27,5	185	296
Установленная мощность электродвигателей	кВт	79	79	60	290	46,5	200	330
Расчетная техническая скорость проведения	м/см	4,0-5,6	4,0-5,5	3,2-5,2	6,0	4,0	4,0	5,2
Минимальный радиус кривизны трассы проведения	м	150	150	150	400	130	300	300
Число щитовых гидродомкратов	-	17	19	13	19	13	18	21
Общее усилие щитовых гидродомкратов (при давлении рабочей жидкости 20 МПа)	МН	10,2	7,6	5,2	19,0	6,5	17,6	21,6
Ход штока гидродомкратов	мм	1100	960	960	1200	960	1200	1200

Продолжение таблицы 16

Число ярусов горизонтальных полок		2	2	1	2-3	1	3	3
Число выдвинутых шандор ножевого кольца	-	-	-	-	-	-	-	-
Усилие на режущей кромке ковша рабочего органа (при давлении в гидросистеме 10 МПа)	кН	25-45	25-45	25-45	25-45	50	50	60
Ширина лопаты экскаваторного органа	мм	500	500	500	500	500	600	500
Длина выдвинутого телескопа экскаваторного типа	мм	1120	1120	800	1120	900	1500	1600
Ширина ленты щитового и тоннельного конвейера	мм	500	500	300	500	300	500	600
Производительность конвейеров	м ³ /ч	75	75	40	75	40	75	100
Число передвижных платформ	-	7 (2)	7 (2)	4	1 (с транс-портным способом)	2	3	3
Суммарная подача гидронасосных установок	л/мин	140	140	70	308	84	450	575

Таблица 17

Технические характеристики щитов с короночными и стреловидными исполнительными органами

Показатели	Размерность	Типы щитов				
		ПЩМ-3,2	ПЩМ-4М	КТ-5,6Д2	КПЭ-9,5	ККЗ-5/6
Диаметр щита	мм	3200	4000	5630	9650	5000-6000
Длина щита без козырьков	мм	4200	4865	5780	12000	4900
Коэффициент крепости разрабатываемых пород	-	4,0	5,0	6,0	4,0	4,0
Исполнительный орган:		стреловидный с коронкой			вращающаяся ручка	водило с двумя коронками
тип		ЧПУ	ГПКС	ЧПП-2	с коронкой	
Мощность привода	кВт	22	50	110	110	2x55
Диаметр коронки	мм	750	750	850	1200	800
Суммарная установленная мощность	кВт	90	128	390	310	270
Максимальное усилие гидродомкратов	мН	6,8	9,2	19	8,5	-
Усилие распора	мН	-	-	-	3,8	0,5
Ширина кольца обделки	мм	800	1000	1000	1000	750
Тип органа погрузки		Челюстные грейферные погрузчики				
Угол проходимой выработки	град	0	0	0	-30	0
Масса щита	т	18	61	150	200	27

- щиты с качающимся исполнительным органом для разработки пород (грунтов) преимущественно с $f = 1-4$ и абразивностью не более 10 мг;

- щиты с одним или несколькими стреловидными исполнительными органами с резцовой коронкой для разработки устойчивого забоя в различных породах преимущественно с $f = 4-6$ и абразивностью до 15 мг;

- щиты со сменными и комбинированными исполнительными органами для разработки широкого диапазона пород (грунтов).

Область применения щитов расширяется с использованием специальных способов проходки и строительства тоннелей.

1.8. Расчет и анализ производительности проходческих щитов.

Темпы проходки и сооружения тоннелей

Как и для других видов горных машин для проходческих щитов целесообразно рассматривать теоретическую, техническую и эксплуатационную производительность.

При этом для проведения анализа производительности необходимо рассчитывать:

- теоретическую производительность щита - Q , м³/мин;

- техническую производительность щита - Q_t , м³/час;

- техническую скорость проходки щитов - P_t , м/час;

- техническую скорость проходки и сооружения тоннеля щитовым комплексом - $P_{тк}$, м/час;

- эксплуатационную скорость проходки и сооружения тоннеля щитовым комплексом - $P_{ж}$, м/час.

При огромном разнообразии конструктивно-технологических схем основных функциональных элементов щитов и технологических схем проходки и сооружения тоннелей и выработок данный методический подход может быть изложен только в общем виде. Для каждого конкретного типа щита требуется его развитие и конкретизация, исходя из конструктивно-технологических схем

рабочих органов и механизмов, состава и содержания технологических процессов проходки и сооружения.

Теоретическая производительность щита определяется техническими возможностями его исполнительного органа по разрушению забоя. Для щитов с фронтальным исполнительным органом:

$$Q = \frac{\pi \cdot D_{щ}^2}{4} \cdot V_n, \text{ м}^3/\text{мин} \quad (58)$$

где $D_{щ}$ — диаметр щита, м;
 V_n — скорость подачи исполнительного органа на забой, м/мин.

Для щитов со стреловидным исполнительным органом или с ко роночным

$$Q = n \cdot S_k \cdot V_n, \text{ м}^3/\text{мин} \quad (59)$$

где S_k — площадь контакта фрезы стрелы (коронки) с забоем при рабочем ходе, м^2 ;
 V_n — скорость перемещения коронки по забую, м/мин;
 n — количество коронки в работе. Для щитов с экскаваторным исполнительным органом:

$$Q = n \cdot h \cdot B \cdot V_p, \text{ м}^3/\text{мин} \quad (60)$$

где h и B — соответственно глубина резания и ширина режущей кромки ковша исполнительного органа, м;
 V_p — скорость резания, м/мин;
 n — число ковшей.

В приведенных выражениях V_n и V_p зависят от категории грунтов, мощности привода, конструктивных и режимных параметров исполнительного органа, типа и эффективности рабочего инструмента и др. Могут определяться по известным зависимостям при расчетах режимных параметров горных и землеройных машин.

Следует отметить, что теоретическая производительность исполнительного органа определяет производительность органа погрузки $Q_{сп}$:

$$Q_{гр} \geq (1,2 \div 1,3) \cdot Q$$

Сравнение и выбор того или иного типа щита могут быть проведены по удельным энергозатратам, которые являются одним из главных показателей эффективности оборудования:

$$H_w = \frac{N_{и.о}}{Q}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3 \quad (61)$$

где $N_{и.о}$ — мощность привода исполнительного органа, кВт;

H_w — удельные энергозатраты на разрушение, погружку и с учетом КПД механизма, кВт·ч/м³.

При известных удельных энергозатратах теоретическая производительность определяется из выражения:

$$Q = \frac{N_{и.о}}{H_w \cdot 60}, \text{ м}^3 / \text{мин} \quad (62)$$

Техническая производительность Q_m и техническая скорость проходки $П_m$ щита определяются соответственно из выражений:

$$Q_m = Q \cdot \kappa_m \cdot 60, \text{ м}^3 / \text{ч}; \quad П_m = \frac{240 \cdot Q}{\pi \cdot d_{щ}^2} \cdot \kappa_m, \text{ м}^3 / \quad (63)$$

где κ_m — коэффициент технически возможной непрерывности работы щита.

Коэффициент κ_m характеризует степень совершенства схемы работы щита (без учета работы защитного комплекса), а следовательно, его конструктивно-компоновочной схемы и уровень его надежности.

$$\kappa_m = \frac{T}{T + T_{во}} = \frac{T}{T + T_{ко} + T_{мо} + T_{ун}} \quad (64)$$

где T — чистое время по разработке забоя на величину заходки (ширину кольца). Может определяться через теоретическую производительность:

$$T = \frac{\pi \cdot d_{\text{ш}}^2 \cdot B}{4Q}, \text{ мин} \quad (65)$$

где B – ширина заходки (кольца), м.

$T_{\text{во}} = T_{\text{ко}} + T_{\text{мо}} + T_{\text{ун}}$ – соответственно время вспомогательных операций, которое складывается из времени маневровых операций, времени концевых операций и времени, которое затрачивается на устранение неисправностей

Для щитов с фронтальным исполнительным органом $T_{\text{мо}} = 0$, для щитов со стреловидным, экскаваторным и другими перемещающимися по забою органами время $T_{\text{мо}}$ может быть определено как разница времени на разработку по циклограмме $T_{\text{ц}}$ и времени, рассчитанного по выражению (65):

$$T_{\text{мо}} = T_{\text{ц}} - T \quad (66)$$

Время концевых операций $T_{\text{ко}}$ включает время на зачистку лотка $T_{\text{зач}}$, время на передвижку щита $T_{\text{пер}}$, возможное время выдвиги защитных козырьков, рабочих площадок и других маневров.

Время на устранение неисправностей $T_{\text{ун}}$ (на цикл, ширину кольца) принимается статистически или определяется через коэффициент готовности:

$$T_{\text{ун}} = \frac{T_{\text{н.о}}}{K_{\text{г}}} - T_{\text{н.о}}, \text{ мин} \quad (67)$$

где $T_{\text{н.о}}$ – среднее статистическое время наработки щита на отказ за цикл, мин.

Таким образом, анализ коэффициента технической возможной непрерывности работы щита позволяет выявить резервы повышения его производительности.

Техническая скорость проходки и сооружения тоннеля щитовым комплексом определяется в общем виде из выражения

$$P_{\text{тк}} = \frac{240 \cdot Q}{\pi \cdot D_{\text{ш}}^2} \cdot K_{\text{тк}}, \text{ м/час} \quad (68)$$

где $\kappa_{тк}$ — коэффициент технически возможной непрерывности работы щитового комплекса. Коэффициент $\kappa_{тк}$ равен:

$$\kappa_{тк} = \frac{T}{T + T_{вок}} = \frac{T}{T + T_{мок} + T_{кок} + T_{унк}}, \text{ мин} \quad (69)$$

где $T_{вок}$, $T_{мок}$, $T_{кок}$, $T_{унк}$ — соответствующие затраты времени, как и в выражении 64, но для щитового комплекса в целом.

Состав всех величин и их продолжительность должны соответствовать циклограмме или расчетным данным, в соответствии с нормами СНИП и конкретными условиями работы. При этом при разработке циклограммы необходимо добиваться максимально-возможного и допустимого совмещения операций с выполнением операций по замене рабочего инструмента, наращиванию коммуникаций (вентиляции, средств транспорта и др.) в ремонтно-подготовительную смену.

Эксплуатационная скорость проходки и сооружения тоннеля щитовым комплексом определится по выражению

$$P_{эк} = \frac{240 \cdot Q}{\pi \cdot D_{ц}^2} \cdot \kappa_{эк}, \text{ м/час} \quad (70)$$

где $\kappa_{эк}$ — коэффициент непрерывности работы комплекса в процессе эксплуатации.

$$\kappa_{эк} = \frac{T}{T + T_{мок} + T_{кок} + T_{унк} + T_{зок}} \quad (71)$$

где $T_{зок}$ — время простоев комплексов по эксплуатационно-организационным причинам, включающее простои из-за не соответствия условий эксплуатации техническим данным, отсутствия энергии, транспорта, запчастей, материалов, общего уровня организации и работ и пр.

Далее приведем примеры расчетов производительности и темпов проходки.

Расчет производительности проходческого щита с экскаваторным органом и темпов сооружения коллектора

Темпы проходки и сооружения тоннеля определяются производительностью экскаваторного рабочего органа по разработке забоя и временем вспомогательных работ по возведению кольца обделки, тампонированию, передвижке и других вспомогательных операций.

В технической литературе такой расчет для щитов с экскаваторным рабочим органом отсутствует, а данных для расчета времени разработки забоя экскаватором пород различных категорий нет. Поэтому в основу расчета положим анализ опыта эксплуатации и данные циклограмм.

Теоретическая производительность экскаватора по разработке забоя

$$Q = \frac{60 \cdot hf \cdot S}{t_3}, \text{ м}^3/\text{час} \quad (72)$$

где hf — глубина врезания лопаты в грунт данной категории.

По опыту эксплуатации щитов типа КПЩЭ-2,6 hf может приниматься в соответствии с таблицей 18.

Таблица 18

	Категория грунта				
	Разрушенный сланец, тв. глина, VIa	Плотная глина, глинистый грунт, VII	Песчанистая глина, лесс, VIIa	Суглинок, сырой песок, мелкий гравий, VIII-IX	Плывуны, разжиженный грунт, X
Козф. крепости f	1,5	1,0	0,8	0,6-0,5	0,3
$hf, \text{ м}$	0,10	0,15	0,25	0,32	0,40

S - площадь разрабатываемой груди забоя.

$$S = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_{ц}^2, \text{ м}^2$$

t_3 – время цикла по отработке забоя на глубину hf .

Принимается по данным циклограммы.

Все данные по затратам времени принимаются по типовой циклограмме. Для щита КПШЭ-2,6 $t_3 = 18$ мин.

Время цикла по отработке забоя на ширину обделки B

$$T_4 = t_3 \cdot n, \text{ мин} \quad (73)$$

n – число циклов по отработке забоя на ширину кольца крепи B , для щита КПШЭ-2,6 $B = 0,75$ м.

$$n = \frac{B}{hf} \quad (74)$$

Техническая производительность щитового комплекса по проходке и сооружению тоннеля

$$P_m = \frac{Q}{S} \cdot k_m, \text{ м/час} \quad (75)$$

где K_m – коэффициент технически возможной непрерывной работы комплекса по проходке и сооружению тоннеля.

$$K_m = \frac{T_4}{T_4 + t_{mp} + t_{кр} + 1/3 t_{там} + t_{пер} + t_{ун}} \quad (76)$$

где t_{mp} – несовмещенное с разработкой забоя и другими операциями время на откатку вагонеток и подачу блоков обделки, $t_{mp} = 19$ мин;

$t_{там}$ – несовмещенное время тампонажных работ, $t_{там} = 40$ мин;

$1/3$ – так как тампонаж проводится сразу на три кольца;

$t_{пер}$ – время передвижки щита на ширину кольца обделки, $t_{пер} = 4$ мин;

$t_{кр}$ – время установки кольца обделки, $t_{кр} = 10$ мин;

$t_{ун}$ – время устранения отказов за цикл, $t_{ун} = 2$ мин/цикл.

Эксплуатационная производительность по проходке и сооружению тоннеля

$$P_3 = \frac{Q}{S} \cdot k_3, \text{ м/час} \quad (77)$$

где k_3 — коэффициент непрерывности работы в процессе эксплуатации,

$$k_3 = \frac{T_ц}{T_ц + t_{пр} + t_{кр} + \sqrt{3} t_{там} + t_{пер} + t_{ун} + t_{30}} \quad (78)$$

где t_{30} — время простоев по эксплуатационно-организационным причинам (за цикл).

По данным эксплуатации принимаем $t_{30} = 3$ мин на одно кольцо обделки. Эксплуатационные темпы сооружения тоннеля в смену $P_{3,см}$ и в месяц $P_{3,мес}$

$$P_{3,см} = P_3 \cdot (T_{см} - t_{т01} - t_{рп}), \text{ м/смену} \quad (79)$$

$$P_{3,мес} = P_{3,см} \cdot n_{см} \cdot n_{р,дн}, \text{ м/мес} \quad (80)$$

где $T_{см}$ — продолжительность смены, $T_{см} = 7$ час;

$t_{рп}$ — время регламентированного перерыва, $t_{рп} = 0,33$ час;

$t_{т01}$ — время ежесменного технического обслуживания, $t_{т01} = 0,5$ час;

$n_{см}$ — количество рабочих смен в сутки, $n_{см} = 3$;

$n_{р,дн}$ — количество рабочих дней в месяц, $n_{р,дн} = 25$.

Данная методика расчета и анализа производительности положена в программу для ЭВМ на основании представленной ниже блок-схемы алгоритма расчета (рис. 17). Для щитов со стреловидным исполнительным органом и с роторными исполнительными органами в основе расчетов могут быть использованы соответствующие программы для комбайнов со стреловидным исполнительным органом и комбайнов бурового действия.

На рис. 18 представлены зависимости времени цикла $T_ц$, проходки и сооружения одного кольца обделки, коэффициента k_3 и эксплуатационных темпов проходки P_3 от контактной прочности пород p_k и в соответствии с затратами времени на операции цикла по плануграмме рис. 19, построенной для проходческого щита ККЗ-5/6.

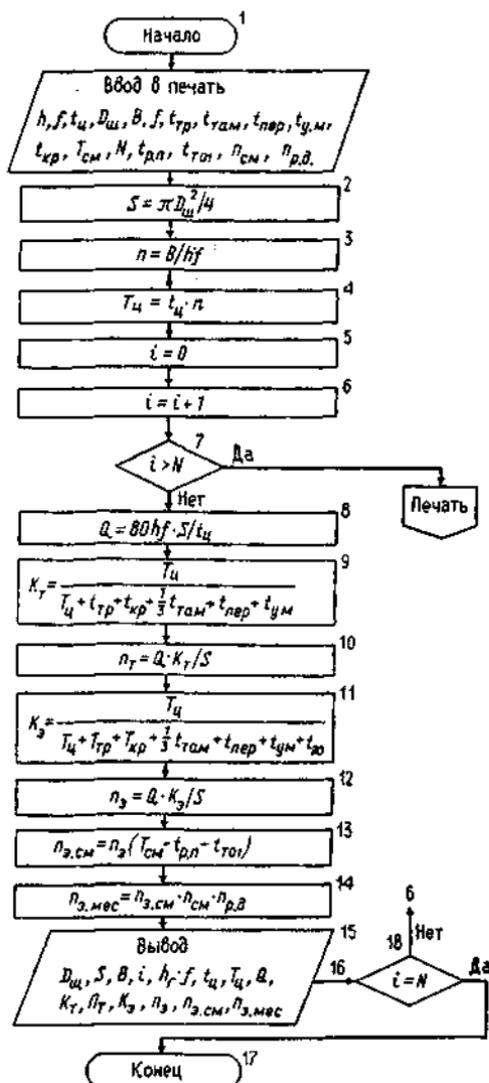


Рис. 17 Блок-схема алгоритма расчета производительности экскаваторного органа проходческого щита типа КПИЗ-2,6 и темпов проходки и сооружения тоннеля

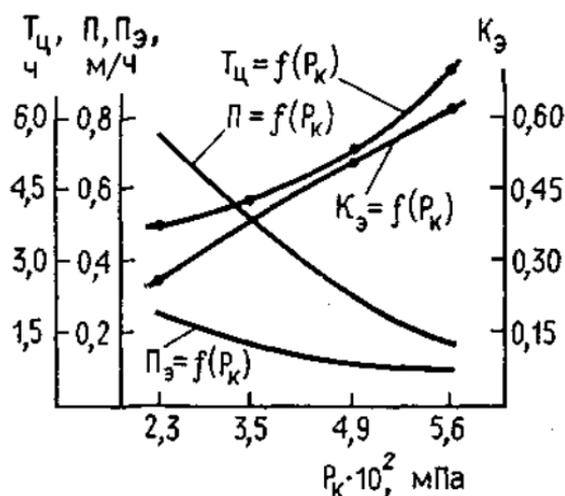


Рис. 18 Зависимость времени цикла $T_{ц}$ коэффициента непрерывности работы $K_{э}$, теоретических P и эксплуатационных $P_{э}$ темпов проходки и сооружения тоннеля щитовым комплексом ККЗ 5/6 от контактной прочности пород P_k

Из графиков видно, что эксплуатационные темпы проходки снижаются с 0,246 м/час при $p_k = 230$ МПа до 0,120 м/час при $p_k = 650$ МПа в силу того, что время цикла $T_{ц}$ возрастает с 3,7 до 6,8 часа за счет увеличения времени разработки забоя с 1,2 до 4,3 часа. Коэффициент непрерывности работы комплекса $K_{э}$ возрастает от 0,324 до 0,632 с ростом контактной прочности, т.е. эксплуатационные темпы проходки и возведения обделки в 1,5-3,0 раза ниже теоретических.

Такой же характер эти зависимости будут иметь практически для всех щитовых комплексов, имеющих исполнительные органы, оснащенные резовым инструментом для разрушения забоя.

Показатели проходки могут быть несколько улучшены, если работа по наращиванию коммуникаций, доставке материалов и др. (п.9 планаграммы) вынести из планаграммы цикла и осуществлять в ремонтно-подготовитель-

№ п/п	Обоснование норм времени	Наименование работ	ЕД изм.	Коэф. к таб. 60	Вре. на 100 м	Время операций
						1 2 3 4 5
1	Расчет	Разработка забоя (включая задыривание и маневры) на величину забойки 0,75 м	м	0,75	1,5	
2	Расчет	Порядка породы *	м³	20	1,2	
3	Аналог	Выборка защитных кдыряков	шт	4	0,1	
4	Е36-2-128 пб	Зачистка лотка	м³	2,0	0,5	
5	Аналог	Монтаж кольца обделки	шт	1	1,1	
6	Е36-2-104 п55	Первичное нагнетание	м³	1,75		
7	Расчет	Транспортирование породы	м³	22		
8	Аналог	Подготовка комплекса на забойку	м	0,75	0,25	
9	Аналог	Работы по наращиванию кривизны щит, доставке материалов и др.			0,65	

Рис. 19 Планграмма цикла проходки в породах с $R_k = 350$ МПа тоннеля диаметром 5,6 м с возведением одного кольца обделки (ширина кольца 0,75 м) комплексом ККЗ 5/6 * перерывы на проход коронки в зоне лотковой части забоя

ную смену, а также повысить темпы зачистки лотка, возведения кольца обделки и производительность рабочего органа по разрушению забоя за счет повышения его энерговооруженности и уменьшения энергоемкости процесса разрушения.

На рис. 20 представлена планограмма цикла проходки и сооружения тоннеля железобетонной блочной обделки щитовым комплексом КТ1-5,6 с кольцевым блокоукладчиком в среднеустойчивых грунтах. В таблице 19 представлены калькуляция затрат на сооружение 1 пог. метра тоннеля.

1.9. Определение усилий передвижения щита и допустимого давления домкратов на обделку

Одним из главных режимных параметров проходческих щитов является усилие его передвижения, которое в основном определяется лобовым сопротивлением перемещению щита и силами трения пород (грунтов) по наружной поверхности оболочки щита, то есть зависит от физико-механических свойств пород, в которых ведется щитовая проходка.

Усилие F передвижения щита в общем виде определяется из условий / 10 /:

$$F \cdot k_n \geq R \cdot k_y \quad (81)$$

где R – общее расчетное сопротивление перемещению щита;

k_n – коэффициент надежности системы по обеспечению напорного усилия.

Принимается $k_n = 0,9-0,95$;

k_y – коэффициент условий работы. Принимается:

– для песков и неветренных скальных пород
 $k_y = 1,0$,

– для глин и выветренных скальных пород
 $k_y = 1,15$.

Общее расчетное сопротивление перемещению щита:

Наименование работ	Трудоемкость, чел.-час	Состав звена и используемые механизмы	Время производственного процесса, мин					
			10	20	30	40	50	60
Разработка грунта режущим органом щита	0,7	Машинист щита бр.-1		1 21			1 21	
Погрузка грунта в вагонетки	1,4	Проходчики 4р.-2	2 21			2 21		
Подборка грунта в лотке между режущим органом и диафрагмой	0,4	Проходчики 4р.-2			2 6			2 6
Передвижка щита	0,2	Вся бригада				6 3		6 3
Профилактический осмотр механизмов	0,2	Маш. щита б р.-1			1 6			1 6
Наращивание откаточных путей	2	Проходчики 4р.-3						3 6
Разгрузка блоков обделки	1,05	То же 4р.-3					3 21	
Монтаж кольца обделки и первичное обжатие	0,95	То же 4р.-3		3 19				
Окончательное обжатие с установкой клиньев	0,4	То же 4р.-3	3 9					
Итого	на 1 пог.м 6,0 чел.-час 1 час		Рис.20 Планограмма цикла проходки и сооружения тоннеля с железобетонной блочной обделкой щитовым комплексом КТ1-5,6 с кольцевым блокоукладчиком					

Таблица 19

Калькуляция затрат труда на сооружение 1 пог. м тоннеля со сборной обделкой механизированным щитом КТ-1-5,5

Наименование работ	Норма времени на единицу измерения, чел.-час	Затраты труда на объем работ, чел.-час
Резание грунта	1,3	1,3
Погрузка грунта с транспортера в вагон	1,4	1,4
Передвижка технологического комплекса за щитом	2,16	2,16
Работа машиниста блокоукладчика	1,57	1,57
Монтаж кольцевым блокоукладчиком кольца обделки тоннеля диаметром 5,57 м	4,7	4,7
Укладка узкоколейного пути по блокам	0,35	0,7
Итого на 1 пог. м	$\frac{\text{чел. — час}}{\text{чел. — дн.}}$	$\frac{11,83}{1,64}$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad (82)$$

- где R_1 — лобовое сопротивление или усилие внедрения головной части щита, кН;
 R_2 — сопротивление перемещению по наружной поверхности корпуса щита, кН;
 R_3 — сопротивление перемещению по внутренней поверхности оболочки щита;
 R_4 — усилие перемещения вместе со щитом части проходческого технологического комплекса, кН.

Лобовое сопротивление зависит от параметров щита и технологии проходки.

1. При временном креплении лба забойными домкратами

$$R_1 = F_{3.д} \cdot n_{3.д}, \text{ кН} \quad (83)$$

- где $F_{3.д}$ — усилие забойного домкрата, приложенное к временной крепи забоя, кН;
 $n_{3.д}$ — количество включенных в работу домкратов.

2. При проходке в устойчивых мягких породах с опережающей разработкой центральной части забоя и подрезании ножевой частью щита периферийной зоны забоя:

$$R_I = p_{y\partial} \cdot L, \text{ или } R_I = p_{y\partial}^1 \cdot t \cdot L, \text{ кН} \quad (84)$$

где $p_{y\partial}$, $p_{y\partial}^1$ — удельное усилие врезания;

L — длина кромки ножевого кольца;

t — средняя толщина кромки ножевого кольца.

По рекомендациям /10/ принимаются:

- $p_{y\partial}$ для супеси и ленточных глин 60 кН/м; для цементированных песков 156 кН/м; для суглинков 41-60 кН/м, для глин 75-100 кН;

- $p_{y\partial}^1$ для суглинков 500-600 кН/м², для глин 1200-1600 кН/м².

3. При внедрении ножевого кольца в сыпучие грунты

$$R_I = \frac{\pi}{4} \cdot [N_{oc} \cdot D_{щ}^2 \cdot (c + q \cdot \operatorname{tg} \varphi) + q \cdot (D_{щ}^2 - d_{ан}^2)], \text{ кН} \quad (85)$$

где N_{oc} — безразмерное число, принимаемое по таблице 20, в зависимости от угла внутреннего трения φ и показателя S сжатия сечения ножевого кольца;

$$S = \frac{D_{щ}^2 - d_{ан}^2}{D_{щ}^2};$$

$d_{ан}$ — внутренний диаметр ножевого кольца, м;

c — удельное сцепление грунта, кН/м²;

q — пригрузка на забой, кН/м².

При временном креплении забойными домкратами

$$q = \frac{4F_{з.д} \cdot n_{з.д}}{\pi \cdot (D_{щ}^2 - d_{ан}^2)}, \text{ кН/м}^2 \quad (86)$$

При горизонтальных рассекающих площадках:

$$q = 0,5\gamma \cdot H_{пл} \cdot \operatorname{ctg} \varphi \cdot f_{mp} + p_{уд.пл} \cdot \sigma_{пл} \cdot L_{пл}, \text{ кН/м}^2 \quad (87)$$

Таблица 20

φ , град	S	N_{oc}
20	0,1	2,5
	0,2	5,5
	0,3	7,0
30	0,1	2,6
	0,2	6,7
	0,3	12,3
40	0,1	7,8
	0,2	14,0
	0,3	40,0

где γ — плотность грунта, кН/м^3 ;
 $H_{пл}$ — расстояние между площадками,
 $H_{пл} = 0,8-1,2$;
 $f_{тр}$ — коэффициент трения грунта по стали;
 $R_{уд.пл}$ — удельное усилие внедрения площадок,
 кН/м^2 , для песков $R_{уд.пл} = 400-500 \text{ кН/м}^2$;
 $\sigma_{пл}, L_{пл}$ — соответственно толщина и суммарная
длина рассекающих площадок и вертикальных перегородок, внедряемых в грунт.

При расчетах принимаются следующие значения:

- плотность грунтов и пород γ и коэффициент крепости f принимаются по таблице 21;

Таблица 21

Категория и вид грунта	Плотность грунта γ , кН/м^3	Коэффициент крепости f
V Крепкий глинистый сланец, некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат	28	4
Va Разнообразные некрепкие сланцы, плотный мергель	25	3
VI Мягкие сланцы, известняк; мел, гипс, обыкновенный мергель	24	2
Vla Разрушенный сланец, отвердевшая глина	18-20	1,5
VII Плотная глина, глинистый грунт	18	1,0
VIIa Легкая песчаная глина, лесс	16	0,8
VIII Легкий суглинок, песок сырой	15; 17	0,6; 0,5
IX Песок, мелкий гравий	17	0,5
X Пыльчун, разжиженные грунты	15-18	0,3

- $tg\varphi$ тангенс угла внутреннего трения и коэффициент трения грунтов по стали $f_{тр}$, принимаются по таблице 22.

Таблица 22

Вид грунта	$tg\varphi$	$f_{тр}$
Песок, супеси	0,85-0,50	0,75-0,50
Суглинки*	0,55-0,40	0,85-0,75
Глины*	0,42-0,25	0,85-0,95

* С учетом налипания

При проходке в устойчивых грунтах без временного крепления и врезания ножевого кольца в массив, по некоторым данным /10/, рекомендуется принимать $R_l = 0$.

На наш взгляд, с учетом возможного подрезания оставленного или деформированного слоя по периметру выработки следует принять усилие R_l ;

$$R_l = (0,05 \dots 0,1) \cdot \rho_{уд} \cdot L, \text{ или}$$

$$R_l = (0,05 \dots 0,1) \cdot \rho_{уд}^1 \cdot t \cdot L, \text{ кН} \quad (88)$$

При проходке тоннеля в водонасыщенных неустойчивых грунтах герметизированным щитом или щитом с приемной камерой, заполненной глинистой суспензией, лобовое сопротивление определяется через избыточное давление в приемной камере и вес взвешенного грунта в камере:

$$R_l = 1000 \rho_{пк} \cdot \frac{\pi D_{щ}^2}{4} + V_{пк} \cdot \gamma_{вз} \cdot c_{сц}, \text{ кН} \quad (89)$$

где $\rho_{пк}$ — избыточное давление в приемной камере, МПа;

$V_{пк}$ — объем приемной камеры, м³;

γ — плотность взвешенного грунта, кН/м³;

$c_{сц}$ — коэффициент сцепления взвешенного грунта по грунту, МПа/м².

Если принимается смешанная схема проходки, то лобовое сопротивление рассчитывается с учетом конкрет-

ных технологических данных взаимодействия щита с забоем.

Соппротивление перемещению по наружной поверхности щита определяется горным давлением на оболочку щита, трением и сцеплением грунта по наружной поверхности,

При прямолинейном движении щита R_2 определяется как сумма сил трения от вертикального и бокового давления и сил сцепления /10/:

$$R_2 = [2q \cdot (1 + \xi) \cdot D_{щ} \cdot L_{щ} + G_{щ}] \cdot f_{тр} + 1000\pi \cdot D_{щ} \cdot L_{щ} \cdot c_{суд}, \text{ кН} \quad (90)$$

где $f_{тр}$ – коэффициент трения грунта по стали;
 q – расчетное вертикальное удельное горное давление, кН/м²;
 ξ – коэффициент бокового давления пород.

Для песков плотного сложения всех фракций $\xi = 0,30-0,32$, для нормально уплотненных глинистых грунтов в зависимости от плотности и состава, $\xi = 0,30-0,80$;

$G_{щ}$ – вес щита. При отсутствии точных данных можно принимать

$$G_{щ} = 35D_{щ}^2 - 100, \text{ кН}$$

$c_{суд}$ – удельное сцепление грунта с оболочкой щита.

Для сыпучих и скальных грунтов $c_{суд} = 0$, для глинистых $c_{суд} = (0,005 \div 0,01)$, МПа.

Расчетное вертикальное удельное горное давление определяется при наличии свода обрушения по выражению /18/

$$q = \gamma \cdot h = \frac{\gamma \cdot [D_{щ} + 2D_{щ} \operatorname{tg}(45 - \frac{\varphi}{2})]}{2f}, \text{ МПа} \quad (91)$$

где γ – плотность вышележащих пород;

$D_{щ} + 2D_{щ} \operatorname{tg}(45 - \frac{\varphi}{2}) = B$, м – ширина свода обрушения;

h – высота свода обрушения;

$$h = \frac{B}{2f}, \text{ м} \quad (92)$$

f – коэффициент крепости пород по шкале проф. Протоdjяконова;

φ – угол внутреннего трения.

Если глубина заложения тоннеля меньше высоты свода обрушения, то принимается

$$q = \gamma \cdot H, \text{ МПа} \quad (93)$$

где H – глубина заложения тоннеля до верхней образующей оболочки щита, м.

Сопротивление перемещению по внутренней поверхности оболочки щита.

$$R_3 = f'_{mp} \cdot G_{об}, \text{ кН} \quad (94)$$

где f'_{mp} – коэффициент трения обделки по оболочке щита

- чугун по стали - $f'_{mp} \approx 0,18$;

- бетон по стали - $f'_{mp} = 0,5$;

$G_{об}$ – вес участка обделки, расположенной в оболочке щита.

При возведении обжатой сборной обделки, разжимаемой внутри оболочки, или монолитно-прессованной бетонной обделки

$$R_3 = 1000 f'_{mp} \cdot \frac{\pi \cdot D_{об}^2}{4} \cdot L_{об} \cdot p_r, \text{ кН} \quad (95)$$

где $D_{об}$, $L_{об}$ – соответственно внешний диаметр обделки и длина обделки в оболочке щита;

p_r – радиальное давление на оболочку возводимого кольца обделки, МПа, зависящее от давления щитовых домкратов на бетонную смесь.

Сопротивление перемещению части проходческого комплекса, перемещающегося вместе со щитом

$$R_4 = \kappa_m \cdot f'_{mp} \cdot G_k \quad (96)$$

где κ_m – коэффициент местных сопротивлений, $\kappa_m = 2,0$;

G_k — вес перемещаемой части комплекса.

Вычислив общее сопротивление R и усилие передвижки F , определяют суммарное усилие забойных домкратов

$$F_{зд} = \kappa_{щ} \cdot F, \text{ кН} \quad (97)$$

где

$$F_{зд} = R \cdot \frac{\kappa_y}{\kappa_n} = R \cdot \left(\frac{1,0 \dots 1,5}{0,9 \dots 0,95} \right), \text{ кН} \quad (98)$$

$\kappa_{щ}$ — коэффициент, учитывающий отключение части щитовых домкратов при движении щита на кривой и при корректировке его положения.

Принимается $\kappa_{щ} = 1,3 \div 1,5$.

Затем проверяется условие:

$$F_{зд} \geq \sum P_{д.н}$$

где $\sum P_{д.н}$ — суммарное напорное усилие домкратов по технической характеристике.

При перемещении щита его напорные домкраты опираются опорными башмаками на блоки кольца обделки, что может привести к раздавливанию (выкалыванию) блоков. Это особенно возможно при корректировке положения щита, когда часть домкратов отключается, а другие развивают максимальное напорное усилие.

Поэтому возникает необходимость определения допустимого давления домкратов на обделку.

Для этого определяется напорное усилие одного домкрата

$$P_d = F_{зд} / n_{зд}, \text{ кН} \quad (99)$$

где $n_{зд}$ — количество щитовых домкратов.

Обычно для щитов малых диаметров $n_{зд} = 12-16$, средних — 16-24, больших — 24-36.

При заданной величине рабочего давления p в домкрате диаметр его цилиндра d_d будет равен:

$$d_d = \sqrt{\frac{4P_d}{\pi \cdot p}}, \text{ м} \quad (100)$$

Условие нераздавления блока обделки запишется в виде /16/:

$$P_d \leq \kappa_n \cdot S_b [\sigma_{сж}], \text{ кН} \quad (101)$$

где S_b — площадь контакта башмака домкрата с обделкой;

$\sigma_{сж}$ — допустимое напряжение сжатия обделки;

κ_n — коэффициент неравномерности распределения нагрузки, принимается $\kappa_n = 0,75$.

Очевидно, что в выражениях 100-101 можно варьировать или величиной усилия домкрата через изменение рабочего давления:

$$p \leq \frac{4\kappa_n [\sigma_{сж}] \cdot S_b}{\pi \cdot d_d^2} \text{ МПа} \quad (102)$$

или величиной площади контакта опорного башмака:

$$S_b \geq \frac{\pi \cdot d_d^2 \cdot p}{4\kappa_n [\sigma_{сж}]}, \text{ м} \quad (103)$$

или же материалом обделки, выбирая марку с соответствующим значением $[\sigma_{сж}]$.

Раздел 2. Стратегия и структура систем эксплуатации, технического обслуживания и ремонта оборудования и их оптимизация

Стратегия эксплуатации оборудования и его технического обслуживания и ремонта определяется главной целью технологического процесса при обязательном соблюдении норм, правил и условий безопасности обслуживающего персонала, что особенно важно и ответственно при ведении горных работ и при подземном строительстве. При этом стратегия определяется не только главной целью, но и инженерно-техническими и экономическими возможностями.

Стратегия системы ТОР определяется ее целевой функцией, анализ которой будет дан в этом разделе.

Структуры систем эксплуатации и ТОР определяются принятой системой эксплуатации и имеющимися методами и средствами их обеспечения.

2.1. Системы эксплуатации

В настоящее время при эксплуатации и техническом обслуживании оборудования применяются два вида системы эксплуатации:

- система эксплуатации элементов по заданному ресурсу;
- система эксплуатации элементов по состоянию.

Система по заданному ресурсу эффективна при гарантированном качестве элементов и постоянстве режимов эксплуатации (режимов нагружения). Данная система наиболее эффективна в том случае, когда входящие в нее элементы одного иерархического уровня (например, механические передачи, гидро- и электроприводы, исполнительные органы, силовые элементы и т.д.) обладают высокой и примерно одинаковой надежностью и долговечностью, т.е. при соблюдении так называемого "прин-

ципа равной прочности". Однако принцип равной прочности далеко не всегда удается реализовать на практике, особенно при создании горной техники, комплексов и агрегатов. Это обусловлено отсутствием единых требований по надежности и долговечности как к главным элементам системы (комбайну, конвейеру, крепи, вентиляционным установкам, оросительным системам и т.д.), так и к составным элементам (гидро- и электроприводам комбайна, механическим трансмиссиям, исполнительным органам и т.д.). Кроме того, машины одного и того же исполнения эксплуатируются в различных горно-геологических и горнотехнических условиях, испытывая при этом различные нагрузки на элементы конструкции, различное воздействие окружающей среды. И наконец, сказываются различия в технологии изготовления элементов. Все это делает данную систему малоприспособленной для условий эксплуатации горного оборудования.

Эксплуатация элементов системы по состоянию предполагает два способа проведения работ по техническому обслуживанию:

- регулярное техническое обслуживание элементов системы через заданные промежутки времени. При этом могут быть регламентированы различные объемы технического обслуживания в течение смены, суток, недели, месяца и т.д.;

- измерение необходимых параметров системы или диагностирование состояния элементов, изменяющегося в результате воздействия внешних факторов и старения (разрегулировок, разладок, износа, перегрузок и т.п.).

На основании полученных данных решается вопрос о проведении того или иного вида работ по техническому обслуживанию и ремонту.

Но эффективность и экономичность данной системы по сравнению с системой эксплуатации элементов по заданному ресурсу могут быть обеспечены только при применении автоматических и автоматизированных устройств количественного контроля состояния технических

систем и при создании математических моделей обработки измеряемой информации для оперативной выдачи обязательных рекомендаций обслуживающему персоналу или управляющему устройству. Этот метод является наиболее прогрессивным методом обслуживания техники, так как основан на использовании глубокой количественной информации о техническом состоянии системы по сравнению с информацией только о моментах отказов систем.

При организации эксплуатации системы по состоянию возникают следующие задачи:

- выбор минимально необходимого числа контролируемых параметров, несущих достаточную информацию о состоянии системы в любой момент времени;

- обоснование допустимых областей изменения контролируемых параметров;

- разработка алгоритмов математического обеспечения для обоснования программ эксплуатации по состоянию;

- разработка и внедрение технических средств контроля и диагностики, обеспечивающих необходимую точность измерений параметров и определение места и вида неисправностей, средств регистрации и оперативной обработки получаемой информации.

Все эти задачи требуют своего решения для всех систем забойного горношахтного оборудования, а на главных стационарных установках (подъема, вентиляции, водоотлива) они частично или в большей мере решены.

В горнодобывающей промышленности, в том числе и в угольной, как и в ряде других отраслей принята планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонтов - ППР.

Система ППР является синтезом системы эксплуатации по ресурсу и по состоянию.

Эта система представляет собой комплекс работ, начиная от приемки оборудования, получаемого от заводов-

изготовителей и ремонтных заводов, и кончая его списанием с основных средств производства.

Системой ППР для поддержания надежности оборудования в процессе эксплуатации на должном уровне предусматриваются предупредительные мероприятия технического обслуживания и ремонта, которые проводятся ежесменно для обеспечения бесперебойной работы в следующую смену, ежесуточно для обеспечения безаварийной работы в следующие сутки и далее в специально установленные сроки для сохранения работоспособности и необходимого уровня надежности вплоть до выдачи оборудования на капитальный ремонт.

Система ППР учитывает, что бесперебойная и безопасная работа оборудования зависит не только от качества технического обслуживания в процессе эксплуатации, но и от качества приемки, хранения, монтажа и транспортирования.

Действенность системы ППР зависит от многих факторов, главными из которых являются:

- наличие квалифицированного технического, обслуживающего и ремонтного персонала;
- строгое соблюдение режима ППР;
- своевременное и полное обеспечение запасными частями;
- соблюдение предусмотренных инструкцией режимов эксплуатации;
- строгое соблюдение режимов смазки;
- правильная и своевременная информация об обнаруженных дефектах конструкции, изготовления и ремонта;
- установление научно и практически обоснованных, экономически целесообразных сроков службы деталей, узлов и машин в целом;
- обеспечение высокого качества текущих и капитальных ремонтов.

Таким образом, как уже отмечалось, система ППР является синтезом систем эксплуатации по заданному ресурсу и его состоянию.

Дальнейшее совершенствование ее профилактически предупредительного содержания кроме перечисленных выше факторов зависит от создания и внедрения эффективных средств диагностирования состояния многообразных видов горношахтного оборудования, а также средств контроля и автоматизации режимов его работы.

2.2. Структура состояний и виды ТОР горношахтного оборудования

Эксплуатация отдельных видов или системы оборудования в целом предполагает наличие программы эксплуатации, предусматривающей совокупность взаимоувязанных по времени, месту и содержанию работ, обеспечивающих хранение, транспортировку, монтаж и демонтаж ГШО, поддержание его надежности при использовании по назначению, эффективную и безопасную эксплуатацию. Программа эксплуатации реализуется в соответствии с выбранной системой эксплуатации и определяется видами и составом работ по ТОР на всех этапах эксплуатации ГШО.

Поэтому система ТОР в процессе эксплуатации должна устанавливать принципиальные основы всех видов мероприятий, проводимых на горнодобывающем предприятии в плановом порядке и обеспечивающих максимально возможное сохранение и поддержание качества оборудования, его надежности и работоспособности, заложенных при его конструировании и изготовлении.

Принятая в горнодобывающей и угольной промышленности система ППР должна удовлетворять указанным требованиям на всех стадиях эксплуатации горной техники. В связи с этим рассмотрим структуру состояний горношахтного оборудования и используемых при том или ином состоянии видов ТОР.

Схема структуры состояний горношахтного оборудования и видов технического обслуживания и ремонтов представлена на рис.21.

Из схемы видно, что даже в первом состоянии оборудования - "приемка на горное предприятие" от завода-изготовителя при проведении приемного технического осмотра предусматриваются работы по ревизии и выявлению дефектов машин, систем и элементов.

Скрытые дефекты оборудования выявляются в последующих его состояниях - при монтаже, непосредственной эксплуатации (использовании по назначению), технических и ремонтных осмотрах и ремонтах.

Большая группа видов технического обслуживания применяется при монтаже оборудования, комплекса, системы - технический осмотр (ТО), ревизия, наладка, опробование, регулировка (НР).

Крайне желательно при монтаже и опробовании оборудования произвести и диагностирование состояния отдельных элементов и узлов.

В период эксплуатации: по назначению используются следующие виды технического обслуживания:

Межремонтное техническое обслуживание, включающее:

- ежесменное техническое обслуживание производственным персоналом и дежурными электрослесарями - ТО-1;

- ежесуточное техническое обслуживание бригадой ремонтных электрослесарей, постоянно обслуживающих данный вид оборудования, машинистов оборудования и рабочих производственных процессов - ТО-2;

ТО - технический осмотр; Р - ревизия НР - наладка и регулировка, ТО_{*i*} - техническое обслуживание *i*-го вида, Д - диагностика технического состояния, РО - ремонтный осмотр, Т_{*i*} - текущий ремонт *i*-го вида, С - смазка, НРК, НРП, НРГ - ревизия наладки и регулировка квартальная, полугодовая, годовая, Р_{*a*} - ремонт аварийный, И - испы-

тания после монтажа, Р_к - расконсервация, П_к - переконсервация, НР - наладка и ревизия.

Примечания: 1. Возможен предварительный монтаж на поверхности.

2. Переконсервация производится при подготовке и отправке в капремонт и при подготовке оборудования к последующему монтажу.

- еженедельное техническое обслуживание, выполняемое силами ремонтных электрослесарей, постоянно обслуживающих данный вид оборудования, электрослесарей ЭМС шахты, машинистов оборудования и рабочих производственных процессов - ТО-3;

- двухнедельное техническое обслуживание для отдельных видов стационарного оборудования, выполняемое силами специализированных бригад ремонтных электрослесарей - ТО-4.

Все эти виды технического обслуживания в структуры ремонтных циклов не включаются.

Таким образом, межремонтное техническое обслуживание - это комплекс работ по поддержанию работоспособности оборудования при его подготовке и использовании по назначению между ремонтами.

Плановые текущие ремонты.

Ежемесячное ремонтное обслуживание - РО - это первый, основной и наименьший по объему ремонтных операций вид планово-предупредительных работ, по которому исчисляется периодичность остальных видов ремонта.

При ремонтном осмотре проводится доступное диагностирование деталей и узлов (РО плюс Д) и заменяются детали и сборочные единицы со сроком службы один месяц. Кроме этого, при ремонтном осмотре осуществляются наладка и другие работы с неконструктивными элементами, которые следует проводить в плановом порядке один раз в месяц для того, чтобы оборудование проработало бесперебойно и производительного до следующего ремонтного осмотра. РО проводится силами ремонтных

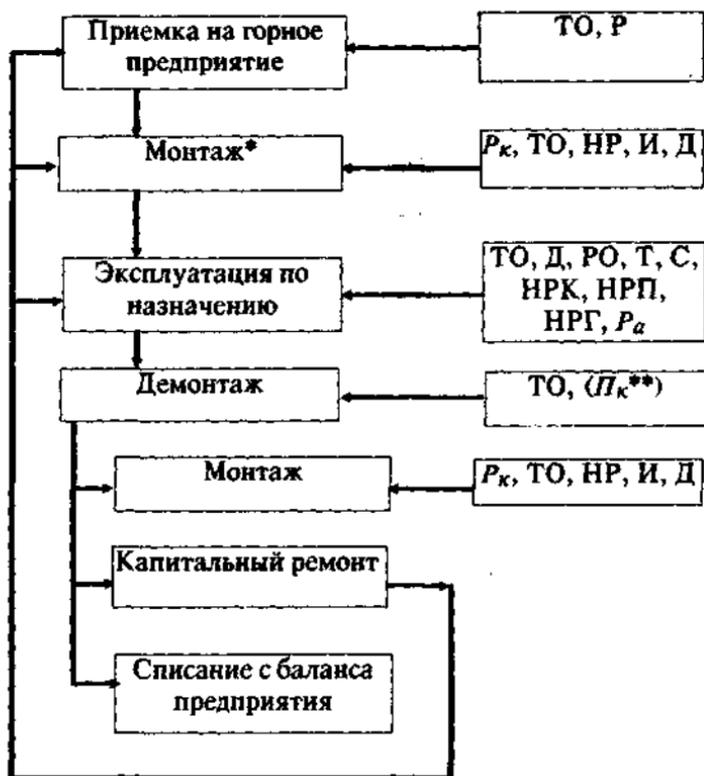


Рис.21 Структура состояний ГШО и применяемых видов ТОР

электрослесарей ЭМС шахты (рудника), машинистов оборудования, рабочих производственных процессов, специализированных бригад ремонтных электрослесарей.

Текущие ремонты i -го вида (первый - Т1, второй - Т2, третий - Т3, четвертый - Т4), при которых производится замена соответствующих групп деталей.

При текущем ремонте первого вида (Т1), имеющего периодичность 3 месяца, должны заменяться детали и

сборочные единицы со сроком службы, имеющим 2-ю (два, три, четыре и т.д. месяцев) и 1-ю (один месяц) группы. Одновременно дополнительно к работам, предусмотренным текущим ремонтом Т1, выполняются работы с неконструктивными элементами, которые нужно проводить в плановом порядке один раз в два (три, четыре и т.д.) месяца, чтобы оборудование проработало бесперебойно и производительнее до такого же текущего ремонта первого вида.

Текущий ремонт Т3 и Т4 с периодичностью соответственно 9 и 12 месяцев вводятся заводом-изготовителем в том случае, если в отдельных видах ГШО используются детали со сроком службы, превышающим 6 месяцев.

Все виды текущих ремонтов проводятся теми же силами, что ремонтное обслуживание (РО), а также силами специализированных ремонтных, наладочных, монтажных предприятий производственных объединений и местных подразделений технического обслуживания оборудования завода-изготовителя.

Наладка и ревизия осуществляются независимо от вида оборудования и сроков службы деталей и сборочных единиц до первой плановой замены.

Для сложных видов горношахтного оборудования (установок подъемных, компрессорных и главного проветривания, очистных и проходческих комплексов) устанавливаются плановые текущие ремонты, совмещенные с производством ревизий, наладок и регулировок составных частей и сборочных единиц, со следующей периодичностью выполнения:

- квартальные (НРК) - не реже одного раза в 3 месяца;
- полугодовые (НРП) - не реже одного раза в 6 месяцев;
- годовые (НРГ) - не реже одного раза в 12 месяцев.

Эти виды плановых текущих ремонтов, как правило, должны выполняться силами специализированных монтажных или наладочных управлений.

Аварийный (полеотказовый) ремонт, являющийся внеочередным ремонтом, содержание которого устанавливается после обнаружения и установления причин отказа.

Большинство видов технического обслуживания оборудования в процессе эксплуатации выполняется энерго-механической службой предприятия, которая должна обеспечить высокую культуру эксплуатации горной техники и обязательного технического ухода за ней силами и средствами специальных подразделений энерго-механической службы; максимальную механизацию работ по разгрузке, приему, хранению, транспортировке и монтажу с целью повышения производительности труда; организацию выполнения всего комплекса планово-предупредительных мероприятий по обеспечению безотказной и безопасной работы горной техники с использованием современных технических средств и методов контроля, измерений и ремонта.

В состоянии "техническое обслуживание после использования" оборудование демонтируется и либо идет на списание, либо на капитальный ремонт. Плановый капитальный ремонт проводится с периодичностью, установленной действующей нормативно-технической документацией и выполняется только специализированными ремонтными предприятиями.

Списанию с баланса предприятий подлежат основные виды оборудования, полностью утратившие свое производственное значение вследствие износа, после отработки установленных сроков службы, а также пришедшие в негодность и уничтоженные в результате стихийных бедствий и аварий.

Допускается также списание с баланса предприятий оборудования несовершенных конструкций, если его дальнейшая эксплуатация невозможна, а модернизация технически нецелесообразна и экономически неэффективна.

Списание основных видов оборудования (механизированных крепей, очистных и проходческих комбайнов). независимо от размеров начисленных амортизационных отчислений, должно проводиться с участием ремонтных предприятий, осуществляющих капитальный ремонт данного оборудования.

2.3. Разработка структуры ремонтного цикла

Структура ремонтного цикла определяет продолжительность межремонтного периода между различными видами плановых ремонтов (РО; Т; НРК; НРП; НРГ), последовательность и время их выполнения от начала эксплуатации оборудования по назначению до его сдачи на капитальный ремонт.

Сроки и объемы того или иного вида планового ремонта определяются такими нормативными документами как: временные отраслевые нормативы технического обслуживания и ремонта подземного оборудования, типовые технологические карты по техническому обслуживанию и ремонту для различных видов ГШО, которые разрабатываются отраслевыми или региональными НИИ и проектно-конструкторскими организациями, а также заводскими инструкциями по эксплуатации и техническому обслуживанию для каждого вида ГШО, поставляемого заводом-изготовителем.

Периодичность работ по ТОР, обеспечивающих заданный уровень безопасности работ, особенно по электрооборудованию и системам энергоснабжения, строго регламентируются нормами ПБ и ПТЭ горнорудных предприятий.

Структура ремонтного цикла в системе ППР строится на основе стратегий замен "по ресурсу", с ее корректировкой в процессе эксплуатации по стратегии "по результатам осмотра".

Для удобства формирования и реализации структуры ремонтного цикла все детали (узлы, сборочные единицы,

блоки) каждого вида оборудования, как уже указывалось выше, распределяются по группам, с примерно одинаковым сроком службы - I-ю, II-ю, III-ю, IV-ю, V-ю и т.д. с соответствующими сроками плановой замены: 1, 3, 6, 12 и т.д. месяцев.

Сроки службы деталей (узлов, блоков) устанавливаются на основе аналоговых, расчетных, эксплуатационных, экспериментальных и др. статистических данных и должны гарантироваться заводом-изготовителем.

Так, к *первой группе* относятся: уплотнения на фильтрах редукторов приводов стругов и комбайнов; ко *второй группе*: сухари механизмов включения исполнительных органов очистных комбайнов, уплотненная гидровставок, приводные звездочки струга и конвейера и утюги струговых установок, домкраты регулирования положения шнеков (К 103), уплотнения опорных подшипников вала исполнительного органа комбайна МК67, резинокроссовые ленты погрузочных щитков комбайнов и др.; к *третьей группе*: электромагнитные муфты скольжения ВСП, гидродомкраты натяжения тяговых цепей с распределителем и гидроблоком, уплотнения в переходных редукторах, корпус струга и линейные борта конвейера струговых установок, гидроблоки секций механизированных крепей и др. Сроки замены деталей по группам позволяет следующим образом сформировать содержание плановых ремонтов по группам деталей:

Вид планового ремонта	Р0	T1	T2	T3	T4
Периодичность проведения, мес.	1	3	6	12	24
Группа деталей, подлежащих замене	I	I, II	I, II, III	I, II, III, IV	I, II, III, IV, V

Структура ремонтного цикла разрабатывается исходя из условия, что время до капитального ремонта машины в целом (продолжительность ремонтного цикла) определяется по группе с наибольшим числом заменяе-

мых деталей с учетом количества заменяемых сложных деталей.

Рассмотрим это на примере следующих данных таблицы 22.

Таблица 22

Группа деталей (узлов)	Количество деталей (узлов)		Срок службы до плановой замены, мес.	Вид ремонта	Порядковый номер месяца, в котором проводится ремонт
	всего	в т.ч. сложных			
I	17	-	1	PO	1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 23
II	41	2	3	T1	3, 9, 15, 21
III	14	7	6	T2	6, 18
IV	32	18	12	T3	12
V	26	20	24	K	24
VI	14	10	48	2K	48

В данном примере по количеству сложных деталей принимаем продолжительность РЦ по V группе - 24 мес. В этом случае, при наличии 14 деталей VI группы изделие в целом пройдет 2 капремонта.

В соответствии с данными 6-ой колонки таблицы 1 структура ремонтного цикла запишется следующим образом:

PO-PO-T1-PO-PO-T2-PO-PO-T1-PO-PO-T3-PO-PO-T1-PO-PO-T2-PO-PO-T1-PO-PO-K.

Эту структуру можно записать более кратко:
2PO-T1-2PO-T2-2PO-T1-2PO-T3-2PO-T1-2PO-T2-2PO-T1-2PO-K.

Для некоторых видов ГШО рекомендуются следующие типовые структуры РЦ /5/:

Механизированные крепи:

"Донбасс" - 5PO-T1-5PO-T2-5PO-T1-5PO-K
20КП70 - 6PO-T1-6PO-T2/НРГ-6PO-T1-6PO-K

Очистные комбайны:

1ГШ68 - 3PO-T1-3PO-T2/НРГ-3PO-T1-3PO-K

КШЗМ - 2РО-Т1-2РО-Т2-2РО-Т1-2РО-К

Скребковые конвейеры:

СП63М - 5РО-Т1-2РО-Т2-2РО-К**СП87ПМ - 5РО-Т1-2РО-Т2-2РО-К**Струговая установка **ГУСБ67-5РО-Т1-5РО-К.**

Возможный вариант структуры РЦ, когда в структуру вводятся наладки и регулировки:

крепь **20КП70-6РО-(Т1+НРП) - 6РО-(Т2+НРГ) - 6РО-(Т1+НРП) - 6РО-К**

В структурах РЦ текущие ремонты Т1, Т2, Т3 могут заменяться квартальными НРК, полугодовыми НРП и годовыми НРГ наладками и регулировками.

Структура ремонтного цикла является основой для разработки годового графика ППР, расчета потребности оборудования, запчастей и материалов, численности персонала энергомеханической и ремонтной службы предприятия.

**2.4. Разработка годового графика ППР
с учетом остаточного ресурса и плановой
производительности ГШО**

Годовой график ППР ГШО, как правило, разрабатывается с учетом уже имеющейся за предыдущий период наработки оборудования по реализации его нормативного ресурса, значения которого для основных видов ГШО угольных шахт приведены в таблице 23.

Таблица 23

Наименование и тип оборудования	Нормативное значение ресурса	
	до первого капитального ремонта	между капитальными ремонтами
Механизированные крепи, ч (мес.):		
- М87 (Э; ВМ), 2М87 (А; ДГА)	20000 (28)	16000 (22)
- 1МКС	17000 (24)	13000 (19)
- 2М81Э	20000 (28)	16000 (22)
- 10КП, 20КП	18000 (25)	14000 (20)
- 20КП70	20000 (28)	16000 (22)

Продолжение таблицы 23

Маносные станции СЧУ-5, ч (мес.)	5000 (12)	4000 (10)
Предохранительные лебедки, мес.: - ДЛП - ДЛКН	(24) (18)	(19) (14)
Очистные комбайны, тыс.т (мес.) - 2К52М - ТГШ68 - КШЗМ - "Темп" - К103	270 (12) 305 и 380 (12) 450 (12) 110 (12) 240 (12)	216 (10) 244 и 288 (10) 360 (10) 88 (10) 180 (10)
Стругвые установки ¹ , тыс.т (мес.): - СО-75 - СН-75 - ИУСБ67	360 (12) 360 (12) 250 (12)	- - -
Скребковые конвейеры ² , тыс.т (мес.): - СП63М - СПМ130 - СП87П - СР70М - СУОКП	<u>300</u> (12) <u>300</u> 600 (12) <u>420</u> (12) 650 <u>420</u> (12) <u>300</u> <u>300</u> (12) <u>300</u> 600 (12) <u>420</u> (12)	<u>300</u> (10) <u>240</u> 600 (10) <u>336</u> (10) 650 <u>336</u> (10) <u>300</u> <u>300</u> (10) <u>240</u> 600 (10) <u>340</u> (10)
Проходческие комбайны, тыс. т (мес.): - ГЛКС (ГЛКСН, ГЛКСВ, ГЛКСН); по угля (f=4) по породе (f=5) - ПК-3Р	80 (18) 30 (18) 20 (18) 60 (18)	64 (14) 24 (14) 16 (14) 48 (14)
Погрузочные машины, тыс.м ³ , тыс.т (мес.) - 2ПНБ2 - 1ПНБ2 - 1ПНБ2У	15,6; 21 (18) 17,8; 25 (18) 12,8; 18 (18)	12,5; 20 (14) 14,2; 20 (14) 10,2; 14 (14)
Вентилятор СВМ-6 мес.	12	10
Шахтные подстанции, тыс. ч; - ТКШВП - ТСШВП	45 60	36 48
Пускатели, тыс.ч - ПМВИ-03М - ПВИ-25 (63; 125), ПВИ-250, ПВИ-320	20 25	16 20
Автоматические выключатели, тыс.ч: - АФВ-2А, АФВ-3А - АВ-320, АВ-200	35 40	28 32

1 Ресурс струговых установок указан для угля; для антрацита ресурс вдвое ниже.

В числителе ресурс решетчатого става до полного износа при транспортировании угля; при транспортировании антрацита ресурс вдвое ниже; в знаменателе указан ресурс привода или конвейера в целом.

Наиболее наглядно годовой график ППР по остаточному ресурсу и плановой производительности рассмотрим на конкретном примере.

Для этого из таблицы 23 наберем состав основного оборудования очистного механизированного комплекса 20КП и зададимся остаточным ресурсом его машин и механизмов:

Наименование и тип оборудования	Остаточный ресурс
крепь механизированная 20КП70	12000
комбайн очистной КШЗМ	320000 т
конвейер скребковый СУОКП	$\frac{470000}{290000}$ т
насосная станция СНТ32	3000 ч
шахтная подстанция ТКШВП	27000 ч
пускатели ПВИ-320	12000 ч

Исходными данными для построения "остаточной" структуры ремонтного цикла при имеющемся остаточном ресурсе являются плановая (расчетная) производительность участка в т/мес. и режим работы.

Предполагаем, что плановая производительность участка 30000 т/мес., режим работы: 3 рабочие смены по 6 ч, одна ремонтно-подготовительная - 6 ч, 25 рабочих дней в месяц.

В общем виде продолжительность "остаточного" ремонтного цикла $T_{рц}^0$ для каждого вида оборудования определится из выражений:

$$T_{pц}^o = \frac{R_o}{Q_{пл}}, \text{ или } T_{pц}^o = \frac{R_o}{N}, \text{ мес.} \quad (104)$$

где R_o – остаточный ресурс, т.ч;
 $Q_{пл}$ – плановая производительность, т/мес.;
 N – наработка в часах, т/мес.

Следовательно, в нашем варианте:

- для комбайна КШЗМ

$$T_{pц}^o = \frac{R_o}{Q_{пл}} = \frac{320000}{30000} \cong 10,7, \text{ мес.}$$

то есть в капитальный ремонт комбайн будет сдан в 11-ом месяце;

- для механизированной крепи 20КП70

$$T_{pц}^o = \frac{R_o}{N} = \frac{120000}{720} \cong 16,5, \text{ мес.}$$

где $720 = 24 \times 30$ – количество часов в месяце, в течение которых крепь непрерывно выполняет свои функции по управлению и поддержанию кровлей;

- для скребкового конвейера СУОКП

рештачный став $T_{pц}^o = \frac{R_o}{Q_{пл}} = \frac{470000}{30000} \cong 15,7 \text{ мес.}$

привод конвейера $T_{pц}^o = \frac{R_o}{Q_{пл}} = \frac{290000}{30000} \cong 9,7 \text{ мес.}$

- для насосной станции СНТ

$$T_{pц}^o = \frac{R_o}{n_p \cdot (n_{см} \cdot t_{см} \cdot k_э) + \sum T_{тор}}, \text{ мес.} \quad (105)$$

где n_p – количество рабочих дней в месяце, $n_p = 25$;

$n_{см}$ – количество рабочих смен, $n_{см} = 3$;

$t_{см}$ – продолжительность рабочей смены, $t_{см} = 6$;

$k_э$ – коэффициент непрерывности работы комплекса в процессе эксплуатации, определяемый при расчете эксплуатационной производительности и может приниматься $k_э = 0,3-0,5$.

$$\sum T_{тор} = t_{то2} + t_{то3} + t_{ро} = 6 \cdot 24 + 12 \cdot 4 + 24 = 202 \text{ ч/мес}$$

где $t_{\text{то2}}$, $t_{\text{то3}}$, $t_{\text{ро}}$ — соответственно регламентируемое время ежедневного, еженедельного и ремонтного осмотров в часах, приняв для расчетов $\kappa_3 = 0,4$ получим:

$$T_{\text{рц}}^{\circ} = \frac{3000}{25 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 0,4 + 202} \cong 8 \text{ мес.}$$

то есть в капремонт станция будет сдана в 9-ом месяце;

- для шахтной подстанции, пускателей, фидерных автоматов и др. принимается круглосуточный режим работы, т.е.

$$\text{для ТКШВП} \quad T_{\text{рц}}^{\circ} = \frac{27000}{720} \cong 37 \text{ мес.}$$

$$\text{для ПВИ 320} \quad T_{\text{рц}}^{\circ} = \frac{12000}{720} \cong 16,8 \text{ мес.}$$

то есть для них в текущем году капремонта не будет.

На основании этих расчетов разрабатывается годовой график ППР с учетом структуры РЦ в последние месяцы предыдущего года. В типовую форму годового графика ППР, представленного в таблице 24, введена дополнительная графа "остаточного ресурса", что существенно повышает информативность графика.

При разработке графиков ППР предприятия в целом, объединения и т.д. необходимо руководствоваться нормами количественного использования горношахтного и электротехнического оборудования (таблица 25) и нормами максимальной продолжительности капремонта (таблица 26), которые обоснованы многолетним опытом эксплуатации и ремонта оборудования,

Годовой график ППР ГШО может корректироваться при изменении режимов работы, по данным технических и ремонтных осмотров.

Безусловно, целесообразно графики движения оборудования сводить в единую систему на вычислительном центре предприятия.

По годовому графику ППР планируются:

- монтаж и демонтаж оборудования,

Таблица 24

Примечание: В знаменателе указаны номера исполнителей ремонтных работ: 1 - ремонтная служба шахты, 2 - специализированные шахтомонтажные управления, 3 - рудоремонтные заводы, ЦЭММ; 4 - завод-изготовитель.

- потребность и периодичность поступления запасных частей и материалов для проведения ремонтных работ,
- суммарная трудоемкость работ и численность ремонтного персонала предприятия,
- потребность в горюче-смазочных материалах для проведения ТОР,
- заявки на объемы и сроки проведения фирменного обслуживания,
- заявки или договоры на получение и сроки поступления оборудования на предприятие и др.

Таблица 25

Наименование оборудования	Нормативы		
	в работе	в ремонте	в резерве
Механизированные крепи	80	10	10*
Секции механизированной крепи	75	17	8
Струговые установки	75	25	-
Угольные комбайны	67	16	17
Проходческие комбайны	68	16	16
Скребковые конвейеры	83	9	8
Ленточные конвейеры	90	5	5
Передвижные шахтные подстанции	90	5	5

* С учетом монтажа и демонтажа

Таблица 26

Оборудование	Максимальная длительность капремонта, сутки
Угольные комбайны	45
Врубовые машины	30
Породопогрузочные машины	45
Скребокковые конвейеры разборные	30
Скребокковые конвейеры безразборные	30
Угледогрузочные машины	60
Крепи механизированные	90
Трансформаторы силовые	30
Передвижные "сухие" подстанции	45
Насосы центробежные	30
Передвижные компрессоры	30
Электровозы	45

2.5. Законы распределения случайных величин и выбор стратегии замены элементов оборудования

Любая система эксплуатации предполагает наличие стратегии замены элементов оборудования, что является важнейшей операцией в системе ТОР для обеспечения эффективного, надежного и безопасного использования оборудования в период эксплуатации по назначению.

Под стратегией замены элементов (деталей, узлов) оборудования понимается принцип, по которому производится оценка технического состояния и определяется периодичность их замены.

Общая классификация стратегий замены элементов представлена на рис.22.

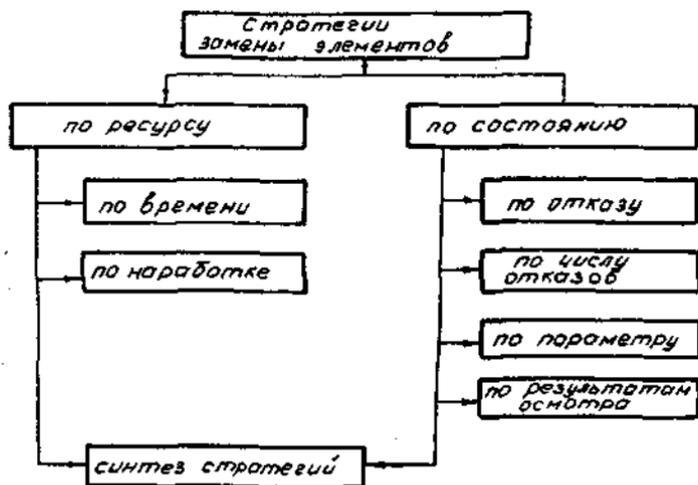


Рис. 22 Общая классификация стратегий замены элементов горношахтного оборудования

В соответствии с системами эксплуатации стратегии замены делятся на две основные группы:

- стратегия замены по заданному ресурсу,
- стратегии замены по техническому состоянию.

В системе ППР реализуется тот или иной вариант синтеза стратегий.

Сложность обеспечения высокоэффективного планового технического обслуживания и ремонта с использованием стратегий замены элементов по ресурсу с использованием среднестатистических показателей надежности, которые лежат в основе методов разработки графиков планово-предупредительных ремонтов, заключается в том, что в силу различного сочетания всех факторов, влияющих на надежность деталей и узлов, последние могут иметь различные законы распределения наработки на отказ и изменения вероятности безотказной работы.

Рассмотрим это положение на примере данных таблицы 27.

Таблица 27

Деталь (узел)	Статистический ряд наработки на отказ, сут.	Показатели надежности		Количество отказов
		средняя наработка на отказ $T_{но}$, сут.	среднеквадратическое отклонение, σ	
1	170, 120, 10, 160, 20, 90, 175, 5, 60	90	57,8	4
2	90, 90, 90, 90, 90, 90, 90, 90, 90	90	0	0
3	92, 87, 96, 84, 91, 87, 93, 90, 90	90	2,6	1

Детали 1, 2, 3 имеют равную среднюю наработку на отказ $T_{но} = 90$ сут., но различные значения среднеквадратического отклонения σ .

Если принять при проведении плановых замен резервное время $t_p = 5$ сут., то время плановой замены будет равно $T_{пл} = T_{н.о} - t_p = 90 - 5 = 85$ сут.

В этом случае принятая стратегия замен по ресурсу (плановые замены по времени по среднестатистическим величинам $T_{но}$) будет абсолютно безотказной для детали 2 и дает лишь один отказ по детали 3. Но для детали 1 она является абсолютно неприемлемой, так как дает 4 отказа и в 4 случаях дает значительные величины недоработки (от 85 до 30 сут.), что приведет к повышенным затратам на ремонт, запчасти и потерям в производительности из-за простоев.

Рассмотрим более общее обоснование на следующем примере. На рис.23 предоставлены графики плотности распределения наработки на отказ $F(t)$ деталей 1, 2, 3.

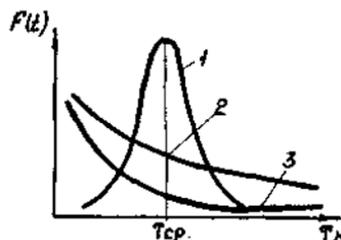


Рис.23 Графики плотности распределения наработки на отказ деталей 1, 2, 3 при нормальном (1), экспоненциальном (2) и Вейбулла (3) законах распределения

Нормальному закону распределения подчиняются обычно случайные величины времени наработки на отказ элементов и узлов оборудования, теряющих свою работоспособность в результате износа. Экспоненциально - случайные величины $T_{но}$ таких деталей и узлов, для которых характерны внезапные отказы. Кривая 3 отражает закон распределения Вейбулла, при котором вероятность безотказной работы $P(t)$ (рис. 24) определяется зависимостью:

$$P(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{a} \right)^b \right]$$

где a и b – положительные постоянные величины.

Величина "а" является наработкой, отвечающей вероятности безопасной работы $P(a) = \exp(-1) = 0,368$ (независимо от величины "b"). На рис. 23 и 24 кривые 3 соответствуют случаю, когда $b < 1$ и закон Вейбулла близок к экспоненциальному, и отражают характер зависимостей $F(t)$ и $P(t)$ для деталей и узлов со скрытыми дефектами при медленном протекании процесса износа.

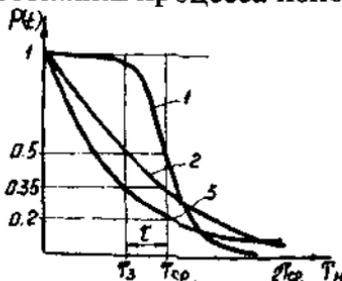


Рис. 24 Вероятность безотказной работы деталей 1, 2, 3 при нормальном (1), экспоненциальном (2) и Вейбулла (3) законах распределения

Из графиков $P(t)$ для этих законов видно, что если вести плановые предупредительные замены деталей 1, 2, 3 через среднее время наработки $T_{ср}$, то ко времени их замены произойдет отказ 50% деталей 1 (нормальный закон), 65% деталей В (экспоненциальный закон) и 80% деталей С (распределение Вейбулла).

Однако, если вести замены деталей через время $T_3 = T_{cp} - \tau$, выйдут из строя только 2% деталей 1, т.е. для детали 1 можно обеспечить такой режим ТОР, при котором практически будут исключены отказы. Для деталей 2 и 3 даже при $T_3 = T_{cp} - \tau$, вести плановые предупредительные замены малоэффективно.

Известно, что при экспоненциальном распределении время наработки $T_{но} \cong \sigma$. Поэтому, как отмечалось, установить значение времени плановой замены $T_{пл}$ нельзя. Так, если $T_{пл}$ принять равным $T_{пл} = T \pm \sigma$, то $T_{пл}$ окажется в пределах $0-2T$. Левый предел означает, что необходимо непрерывно вести замену, хотя бессмысленность такой стратегии ясна, а при правом пределе в соответствии с

законом $P(t) = e^{-\frac{t}{T}}$ к моменту замены откажут 88% деталей. Таким образом, рекомендовать плановые предупредительные замены деталей подземного оборудования можно, если закон распределения наработки на отказ не экспоненциальный и $\sigma \ll T$.

Рассмотрим отдельные виды стратегий.

Стратегия "по времени"

При этой стратегии периодичность проведения плановых работ по замене элементов строго регламентируется независимо от числа unplanned и аварийных ремонтов в межремонтный период. Графически режим стратегии представлен на рис. 25а.

Стратегия "по времени" рекомендуется для элементов, для которых трудоемкость и затраты на проведение ремонтных работ, включая потери из-за простоев, при устранении отказов меньше, чем при проведении плановых предупредительных замен, а сами отказы на вызывают аварийной ситуации и не снижают безопасность эксплуатации.

Стратегия "по наработке"

Данная стратегия целесообразна для оборудования, у которого трудоемкость и затраты на проведение ремонт-

ных работ, включая потери от простоев, при проведении неплановых и плановых замен одинаковы. Графически режим стратегии представлен на рис.25б.

Общая трудоемкость ТОР при данной стратегии ниже, чем при стратегии "по времени". Очевидно, что стратегии "по ресурсу" наиболее целесообразны для оборудования, работающего в стационарных режимах и мало изменяющихся условиях эксплуатации.

Стратегия "по отказу" (рис.25в)

Применяется при отсутствии планового предупредительного ремонта и является эффективной для элементов, у которых параметр потока отказов $\omega(t) = const$, т.е.

$$\omega(t) = \frac{n \cdot (t + \Delta t) - n(t)}{\Delta t} = const, \text{ ч}^{-1}$$

где $n(t)$ и $n \cdot (t + \Delta t)$ - соответственно число отказов элементов к моментам времени t и $t + \Delta t$.

Ситуация, когда $\omega(t) = const$, означает что вероятность безопасной работы не характеризуется износом или старением элемента, а закон распределения наработки на отказ экспоненциальный, который отражает случайные значения времени наработки на отказ $t_{но}$, определяемое внезапным отказом. То есть в этом случае $P(t)$ не может служить основой для прогнозирования технического состояния элемента и определением времени проведения его плановой замены.

Примерами подобных отказов являются: порыв тяговой цепи, поломка зубьев рейки БСП, повреждение силового кабеля, сгорание плавкой вставки автомата и др. В этих случаях плановые замены не устраняют случайного отказа, но могут привести к потере в добыче и к временному снижению надежности элемента за счет режима "приработки", при которых $\omega(t)$ практически всегда увеличивается.

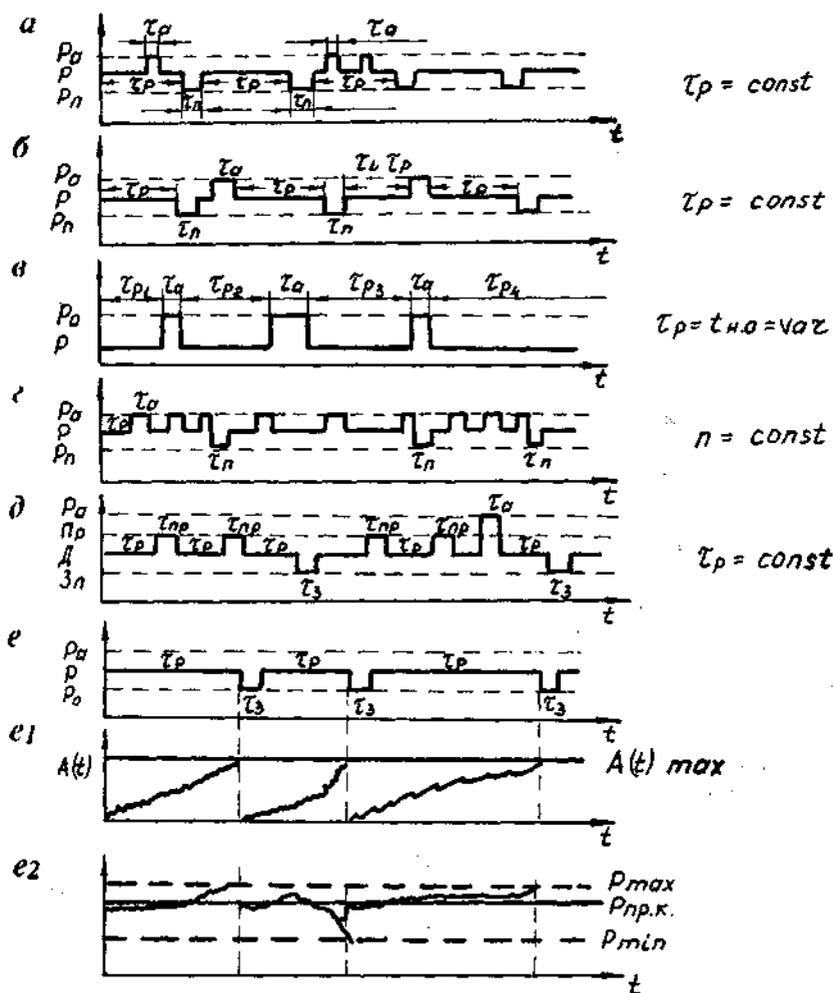


Рис.25 Режимы стратегий замены элементов ГШО: а - по времени, б - по наработке, в - до отказа, г - по числу отказов, д - по плановой проверке, е - по параметру
 Обозначения: t - время, P_0 - режим аварийный (отказ), P - рабочий режим, P_n - режим плановой замены, P_p - плановая проверка, D - дежурный контроль, Z_n - замена плановая, n - число отказов, t_{mo} - время наработки на отказ, T_p - время работы, T_n - время плановой замены, T_a - время замены после отказа, T_3 - время замены

При данной стратегии необходимо весьма строго соблюдать плановый режим работ по ТОР, уделяя особое внимание ремонтным осмотрам.

Стратегия "по числу отказов" (рис.25г)

Применяется в системах, в которых накопление отказов приводит к существенному изменению ее качества, несмотря на выполнение восстановления. Графически режим данной стратегии представлен на рис.25г, где допустимое число отказов не зависит от времени наработки на отказ τ_p . Стратегия обычно реализуется в устройствах систем электроснабжения и автоматики. В этих системах также может приниматься стратегия "плановых проверок" (рис.25д) с плановой заменой элемента при n_n -ной проверке (на рис. $n_n = 2$) при ее работе в дежурном режиме (Д). Если в процессе дежурного контроля обнаружен отказ (τ_a), то время очередной плановой замены τ_p отсчитывается от момента отказа и замены τ_a .

Стратегия "по параметру"

Является наиболее эффективной и может обеспечить безопасную работу системы при наличии необходимых средств диагностики технического состояния, необходимым и достаточном количестве контролируемых параметров и обоснованном диапазоне их изменения. Замена элементов (период τ_3) производится по достижении контролируемым параметром границ допустимого диапазона его изменений. Стратегия предполагает непрерывный или дискретный контроль данного параметра.

Графически система представлена на трех графиках рис. 25е, е1, е2. Время замены τ_3 (рис.25е) наступает при достижении амплитуды вибрации $A(t)$ (корпуса подшипника, кресла машиниста и др.) (рис.25е1) максимально допустимой величины $A(t)_{max}$, или допустимых значений P_{max} и P_{min} (рис.25е2) - величины давления в предохранительном клапане гидростойки крепи или гидродомкрата

при величине настройки предохранительного клапана $P_{пр.к.}$

Стратегия "по результатам осмотра"

Эта стратегия широко используется в системе ППР при проведении всех видов работ по ТОР и может быть достаточно эффективной при наличии определенных нормативных контрольных признаков, определяющих техническое состояние оборудования. Эффективность стратегии высока в том случае, если вероятность отказов в период между осмотрами близка к нулю.

Однако, сложность сборки и разборки узлов ГШО, отсутствие средств безразборной диагностики, отсутствие нормативных признаков и критериев предельных состояний элементов значительно снижают ее эффективность.

Поэтому важнейшей задачей для повышения эффективности ТОР при любой стратегии замены элементов является разработка нормативных признаков и средств диагностики технического состояния ГШО.

2.6. Целевая функция технического обслуживания и ремонта

Целевая функция технического обслуживания и ремонта оборудования в процессе его эксплуатации по назначению позволяет обоснованно выбрать основные показатели цели ТОР, которые должны обеспечить необходимый уровень требований, предъявляемых к оборудованию.

В соответствии со структурой технических требований мы можем выразить целевую функцию ТОР через основные показатели трех групп требований.

Первая группа - показатели надежности и эффективности:

- вероятность безотказной работы - $P(t)$;
- коэффициент готовности - $K_г$;
- коэффициент оперативной готовности - $K_{ог}$;

- параметр потока отказов - $\omega(t)$;

- производительность - $Q(t)$;

- удельные эксплуатационные затраты - $c_{уд}$.

Вторая группа - показатели качества системы ТОР:

- коэффициент технического использования оборудования - $K_{ти}$;

- трудоемкость работ по ТОР - T_p ;

- удельные эксплуатационные затраты на ТОР - $c_{уд.p}$.

Третья группа - показатели безопасности и условий труда:

- вероятность безопасной работы - $P_b(t)$;

- показатели уровня вибрации, шума и др. - κ_i .

Принимая некоторые усредненные условия эксплуатации оборудования и уровня организации и качества работ, можно считать, что все показатели, определяющие целевую функцию зависят от полноты объемов (трудоемкости) проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту - $T_{тор}$.

Следует отметить, что в данном случае трудоемкость работ по ТОР (в часах, чел.-часах) является качественной функцией, т.е. с увеличением $T_{тор}$ происходит качественное изменение показателей целевой функции.

В этом случае мы можем записать целевую функцию в виде выражения:

$$F_{тор} = \{P(t), \kappa_i, \omega(t), Q(t), c_{уд}, K_{ти}, T_p, \rightarrow c_{уд.p}, P_b(t), \kappa_i\} = f(T_{тор}), \quad (106)$$

Но в то же время трудоемкость работ $T_{тор}$ также является многофакторной функцией и в общем случае может быть представлена в виде:

$$T_{тор} = T_p^B (F_{тор}) \cdot K_{тс} \cdot K_{к} \cdot K_{ту} \cdot K_{з} \cdot K_{ор} \quad (107)$$

где $T_p^B (F_{тор})$ - базовая трудоемкость работ по ТОР при заданной целевой функции;

$K_{тс}$ - коэффициент технического состояния оборудования на момент проведения ТОР;

- K_k — коэффициент уровня квалификации персонала, проводящего ТОР;
 $K_{ту}$ — коэффициент уровня технической оснащенности работ по ТОР;
 $K_э$ — коэффициент условий эксплуатации;
 $K_{ор}$ — коэффициент уровня организации работ.

Очевидно, что оптимизировать целевую функцию $F_{тор}$ по всем показателям мы можем в том случае, если выполним условия:

$$P(t) \rightarrow \max, k_2 \rightarrow \max, \omega(t) \rightarrow \min, Q(t) \rightarrow \max, c_{уд} \rightarrow \min, \\ k_{ти} \rightarrow \max, T_p \rightarrow \text{опт}, c_{уд.p} \rightarrow \min, P_{\alpha}(t) \rightarrow \max, k_i \rightarrow \min.$$

Для качественного анализа модели целевой функции, представленной выражением 106, рассмотрим характер зависимости отдельных показателей от трудоемкости работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования. Эти зависимости представлены на рисунке 26.

Рассмотрение этих зависимостей показывает, что увеличение времени $T_{тор}$ для показателей надежности $P(t)$, k_2 , $\omega(t)$ до значения времени $T_{тор}^H$ обеспечивает рост этих показателей, т.е. идет процесс оптимизации целевой функции по этим показателям.

Но с момента $T_{тор}^c$ наступает стабилизация этих показателей и дальнейшее увеличение времени на проведение ТОР приведет только к снижению производительности, объема добычи, темпов проходки за счет увеличения затрат времени на ТОР без роста соответствующих показателей.

Для показателей $Q(t)$, $c_{уд}$, $k_{ти}$, $c_{уд.p}$, k_i существует оптимальные значения времени $T_{тор}$, при которых обеспечиваются соответственно максимальные или минимальные значения данных показателей, при которых достигается оптимизация целевой функции.

На графике $T_p = f(T_{тор})$ рациональная величина $T_{тор}^H$ принимается при достижении трудоемкости, соот-

Цель ТОР	Характер функции цели ТОР
$P(t) \rightarrow \max$ $P(t)$ - вероятность безотказной работы	
$K_r \rightarrow \max$ K_r - коэффициент готовности	
$K_{т.н.} \rightarrow \max$ $K_{т.н.}$ - коэффициент технического использования	
$K_i; \omega(t) \rightarrow \min$ $\omega(t)$ - параметр потока отказов, K_i - показатель шума, вибрации	
$P_B(t) \rightarrow \max$ $P_B(t)$ - вероятность безопасной работы	
$C_{уд.р.}; C_{уд.э} \rightarrow \min$ $C_{уд.э}$ - удельные эксплуатационные затраты $C_{уд.р.}$ - удельные затраты на ТОР	
$Q(t) \rightarrow \max$ $Q(t)$ - объем добычи	
$T_p \rightarrow \min$ T_p - трудоемкость работ по ТОР	
$K_{ог} \rightarrow \max$ $K_{ог}$ - коэффициент оперативной готовности	

Рис.26 Характер зависимостей показателей целевой функции $F_{тор}$ от трудоемкости работ по ТОР. $T_{тор}^H$ - величина $T_{тор}$, необходимая для достижения заданного уровня показателей, $T_{тор}^0$ - величина $T_{тор}$, обеспечивающая оптимальные величины показателей

ветствующей полному объему работ по требованиям целевой функции и всех нормативных документов.

Для показателя $P_{\alpha}(t)$ увеличение времени $T_{\text{тор}}$ будет обеспечивать рост данного показателя с асимптотическим приближением к величине $P_{\alpha}(t) = 1,0$. Но, безусловно, величина $P_{\alpha}(t)$ определяется нормативными документами по уровню вероятности безопасности.

Таким образом для оптимизации целевой функции необходимо решение по уровню всех показателей в пределах существующих нормативов с определением приоритетных показателей и их уровня, обеспечивающих достижение поставленной цели.

2.7. Анализ и оптимизация целевой функции технического обслуживания и ремонта

Оптимизация многофакторной целевой функции ТОР оборудования по всем приведенным основным показателям практически невозможно. Поэтому одной из основных задач при решении данной проблемы является выбор приоритетных и обязательных показателей $F_{\text{тор}}$ и обоснование их предельных уровней.

На основе анализа основных требований к оборудованию и данных научно-технической литературы [4, 7] можно рекомендовать для различных видов горношахтного оборудования приоритетные показатели, представленные в таблице 28.

Критерием же необходимого и достаточного уровня практически всех показателей, кроме показателя $P_{\beta}(t)$ для систем спуска-подъема людей, $P(t)$ для канатов подъемных машин и т.п., должен быть показатель приведенных затрат $c_{\text{пр}}$.

Для оптимизации целевой функции ТОР очень важным является также определить такую необходимую периодичность работ по ТОР, которая обеспечивала бы оптимальную или необходимую величину основного показателя целевой функции.

Таблица 28

Вид оборудования	Приоритетные показатели целевой функции
Оборудование очистных и подготовительных забоев (крепя, конвейеры, комбайны, маслостанции)	кг, $\omega(t)$, $\sigma(t)$
Оборудование конвейерных линий	кг, $\omega(t)$
Аппаратура автоматизации конвейерных линий	кг, $\omega(t)$
Вентиляторы местного проветривания	$\omega(t)$,
Система для спуска-подъема людей по выработкам (лебедка, канат, вагонетка)	$P_6(t)$, $P(t)$
Насосы участкового водоотлива	ко.г
Магнитные пускатели, фидерные автоматы	ко.г, $\omega(t)$,
Аппаратура оповещения об аварии	ко.г
Вентиляторные установки флангового и главного проветривания	$P(t)$, кг, $\omega(t)$,
Элементы или отдельные узлы оборудования: - канаты подъемных машин - блоки аппаратуры автоматики, залитые компаундом - светильники (лампы)	$P(t)$, $P(t)$, $\omega(t)$, $R(\text{ресурс})$

Графики зависимости основных показателей F_{top} от времени проведения работ по ТОР предоставлены на рис.27.

Показатели $P(t)$, $P_6(t)$, $\omega(t)$ и κ_2 имеют одинаковый характер зависимости от времени проведения работ по ТОР с явно выраженным максимумом этих показателей при определенном оптимальном значении времени $T_{онт}$ проведения работ по ТОР. Их снижение при $T_{пл} < T_{онт}$ объясняется фактом приработки замененных или отремонтированных элементов и узлов, что практически всегда имеют место из-за неточности сборки и изготовления.

Необходимый уровень этих показателей, а следовательно и время плановых работ по ТОР, определяется либо по опасности самого факта отказа, либо по допустимым приведенным затратам $C_{пр}$.

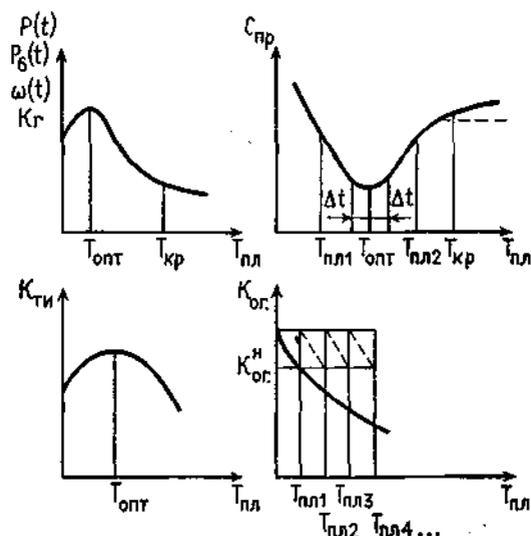


Рис.27 Графики зависимостей основных показателей целевой функции от времени $T_{пл}$ проведения плановых работ по ТОР.
 $P(t)$ - вероятность безотказной работы, $\omega(t)$ - параметр потока отказов,
 $C_{пр}$ - приведенные затраты, $P_0(t)$ - вероятность безопасной работы,
 k_t - коэффициент готовности, $k_{ог}$ - коэффициент оперативной готовности,
 $k_{ти}$ - коэффициент технического использования оборудования

Коэффициент технического использования оборудования $k_{ти}$ определяется отношением:

$$k_{ти} = \frac{\sum_{i=1}^n T_n}{\sum_{i=1}^n T_n + \sum_{i=1}^n T_{ва} + \sum_{i=1}^n T_{тор}} \quad (108)$$

где $\sum_{i=1}^n T_n$ - суммарное время наработки в течение заданного промежутка времени

$\sum_{i=1}^n T_{ва}$ - время восстановления при аварийных ремонтах (неплановых)

$\sum_{i=1}^n T_{тор}$ - время плановых работ по ТОР.

Коэффициент $\kappa_{ти}$ характеризует одновременно уровень организации ТОР и уровень квалифицированности эксплуатации оборудования по назначению. Поэтому, на наш взгляд, он не может являться основным критерием, а должен применяться как стимулятор качества и организации работ.

Критерий $\kappa_{ог}$ не имеет экстремума функции, и всякое уменьшение частоты обслуживания системы, находящейся в дежурном режиме, ведет к уменьшению $\kappa_{ог}$. Поэтому в данном случае ТОР должны обеспечивать неэкстремальное значение функции $\kappa_{ог}$, а поддержание ее в заданном диапазоне, так как после каждого планового обслуживания система возвращается к значению $\kappa_{ог} = 1$. Заданный диапазон $\kappa_{ог}$ определяется областью $1 \leq \kappa_{ог} \leq \kappa_{ог}^H$, где $\kappa_{ог}^H$ - минимальное значение коэффициента оперативной готовности системы, ниже которого по условиям безопасности (или иным причинам) эксплуатировать систему неэффективно.

Для большинства видов ГШО одним из основных критериев целевой функции являются приведенные затраты $c_{пр}$. Их зависимость от продолжительности периодичности проведения ТОР представлены на рис. 27, а формирование из различных видов затрат на рис. 28.

Затраты $c_{пр}$ имеют явно выраженный минимум, который и определяет $T_{опт}$. При $T_{пл} < T_{опт}$ рост затрат происходит за счет роста трудоемкости (объемов) ТОР, увеличения расхода запчастей, снижения режимов в период приработки элементов и узлов.

При $T_{пл} > T_{опт}$ увеличиваются расходы на аварийные ремонты, межремонтное техническое обслуживание, а также потери производительности (добычи, проходки и т.п.) от простоев и от ухудшения технического состояния машины или системы.

Пунктирная линия $c_{пр.тор}$ соответствует приведенным затратам только на проведение работ по ТОР, которые стабилизируются при достижении периода $T_{кр}$, что соответствует применению стратегии замен "до отказа".

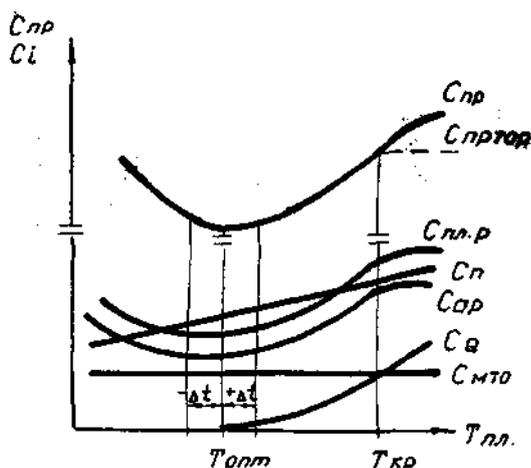


Рис. 28 Формирование зависимости приведенных затрат $C_{пр}$ от планового времени $T_{пл}$ проведения работ по ТОР
 $C_{пр.тор}$ - затраты на плановые ремонты, $C_{п}$ - затраты на восполнение потерь от простоев при проведении ТОР, $C_{ар}$ - затраты на аварийные ремонты, $C_{в}$ - затраты на восполнение потерь от снижения производительности и экономичности машин, $C_{мто}$ - затраты на межремонтное техническое обслуживание

Рациональная величина времени плановой замены по показателю $C_{пр}$ обычно находится в диапазоне

$$T_{рац} = T_{опт} \begin{matrix} +\Delta T \\ -\Delta T \end{matrix},$$

что позволяет осуществлять работы по ТОР без крайне жесткой регламентации времени с учетом условий основного технологического процесса. Безусловно, это возможно в том случае, если нет жесткой регламентации по какому либо показателю целевой функции ТОР, например, по $P_b(t)$, $P(t)$ и др.

Приведенный анализ и возможные варианты оптимизации целевой функции $F_{тор}$ будут иметь положительные результаты лишь при решении целого ряда общих инженерно-технических задач, основными из которых являются:

- повышение эксплуатационной безопасности и восстанавливаемости (ремонтпригодности) оборудования на стадиях проектирования и изготовления;
- организация централизованного и фирменного обслуживания сложных машин и систем оборудования;
- организация бесперебойного и в необходимом количестве обеспечения запчастями и материалами для проведения работ по ТОР;
- подготовка высококвалифицированного обслуживающего персонала;
- организация на базе ЭВМ автоматизированной службы информации о текущем техническом состоянии оборудования и систем ГШО.

Раздел 3. Выбор типа и режима смазки горных машин

Наиболее уязвимыми элементами при функционировании любой машины, как правило (за исключением экстремальных и неожиданно проявляемых процессов), являются места сопряжения ее деталей. При эксплуатации горной техники узлы трения и фрикционные соединения находятся в особо тяжелых условиях динамического нагружения с ярко выраженными пульсирующими составляющими.

В горных машинах условия для смазки также являются чрезвычайно тяжелыми: высокие контактные давления, вибрация, низкие скорости относительного движения в наиболее нагруженных элементах, высокая загрязненность и биологическое воздействие шахтной среды, производство ремонтов и замены смазки в шахтных условиях.

Поэтому вопросы выбора типа смазки, контроля за ее состоянием и режимов смазки имеет для горношахтного оборудования огромное значение.

3.1. Смазочные материалы, их характеристики

Для смазки машин используются два вида смазочных материалов: смазочные масла - жидкие смазочные материалы, находящиеся всегда только в одном жидком (однофазном) агрегатном состоянии, и консистентные (пластичные) смазки - смазочные материалы, состоящие из жидкого смазочного масла и твердого загустителя (кальциевое, натриевое или литиевое мыло) и находящиеся в двухфазном или микронеоднородном агрегатном состоянии.

Масла, применяемые в гидроприводах машин, называются рабочими жидкостями.

Минеральные масла характеризуются, в основном, вязкостью, содержанием вредных примесей, температурой застывания, вспышки и воспламенения.

Вязкость характеризует подвижность масла, его способность сопротивляться сдвигу. Различают вязкость динамическую, кинематическую и условную.

Динамическая вязкость (коэффициент динамической вязкости) выражает зависимость между внутренними касательными напряжениями между граничными слоями жидкости и градиентом скорости потока жидкости.

Единица измерения динамической вязкости $\text{Па} \cdot \text{с}$ ($\text{Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$).

Кинематическая вязкость (коэффициент кинематической вязкости) к ее плотности, измеренных при одной и той же температуре. Размерность кинематической вязкости - $\text{м}^2/\text{с}$.

Таким образом динамическая вязкость μ и кинематическая вязкость ν связаны между собой соотношением:

$$\mu = \nu \rho \text{ или } \nu = \mu / \rho$$

где ρ - плотность жидкости, $\text{Н}/\text{м}^3$.

Динамическая и кинематическая вязкости выражаются в абсолютных единицах и поэтому называются абсолютными; они измеряются приборами, называемыми капиллярными вискозиметрами.

Как физическая величина динамическая вязкость используется при гидродинамических расчетах вязкости масел для смазки трущихся поверхностей, а кинематическая - для расчета прокачиваемости масла по трубопроводам.

Условная вязкость является отвлеченной величиной, выражающей отношение времени истечения из вискозиметра типа ВУ испытываемого масла в количестве 200 г ко времени истечения такого же количества дистиллированной воды при температуре 20°C . Условная, или относительная вязкость выражается в градусах ВУ₅₀ или ВУ₁₀₀. Индекс обозначает температуру масла при испытании, которая принимается равной 50°C , для более вязких масел - 100°C . Вязкость масел изменяется в зависимости от температуры. При повышении температуры вязкость уменьшается, при понижении - увеличивается. Для срав-

нения вязкости различных масел она должна быть определена при одной и той же температуре. ГОСТ предусматривает стандартные температуры 50 °С или 100 °С.

Температура вспышки - это та температура, при которой пары масла образуют с окружающим воздухом смесь, воспламеняющуюся при поднесении к ней пламени. Эта температура служит показателем испаряемости и огнеопасности масла. При сравнении двух масел с одинаковой вязкостью лучшим считается то, которое имеет более высокую температуру вспышки. Испарение масла начинается при температуре на 65-85 ° ниже температуры вспышки.

Температурой воспламенения масла называется температура, при которой не только вспыхивают масляные пары при поднесении пламени, но и загорается само масло и горит не менее 5 с. Температура воспламенения на 15-20° выше температуры вспышки.

Температура застывания масла характеризует потерю его подвижности при низкой температуре, т.е. когда масло после наклонения стандартной пробирки под углом 45 ° останется неподвижным в течение 2 мин. Застывшее масло теряет подвижность, что приводит к сильному износу трущихся деталей и затрудняет холодный запуск машины.

Смазочные материалы или консистентные смазки характеризуются температурой каплепадения и пенетрацией.

Температура каплепадения - это температура, при которой происходит падение первой капли смазки, нагреваемой в строго определенных условиях в капсуле специального прибора. Эта температура должна быть выше рабочей температуры узлы трения для углеводородных смазок на 10°С, для мыльных смазок на 15-20 °С. Чем выше температура каплепадения смазки, тем выше ее работоспособность при высоких температурах.

Пенетрация характеризует степень густоты или консистенции смазки, ее плотность и определяется по глубине

погружения стандартного конуса прибора - пенетрометра при температуре 25 °С в течение 5 с. Чем мягче смазка, тем выше число пенетрации.

Принятые обозначения масел: АК - автотракторное, М - авиационное, И - индустриальное, З - масло с загустителем, П - с присадкой, У - улучшенное, В - веретенное, Т - турбинное, К - компрессорное.

Обозначения смазок: У - универсальная, И - индустриальная, Н - низкоплавкая (до 65 °С), С - среднеплавкая (до 100 °С), Т - тугоплавкая (свыше 100 °С), В - водостойкая, М - морозостойкая, З - защитная, К - кислотоупорная, С - синтетическая.

Для повышения качества минеральных масел в их состав вводят в небольшом количестве - от 0,03 до 10 % специальные вещества, называемые присадками. Присадки способны резко улучшить одно или несколько свойств масел и в зависимости от этого являются одно- или многофункциональными.

Присадки разделяются на несколько основных групп:

1) вязкостные, загущающие присадки, повышающие вязкость;

2) депрессоры-присадки, понижающие температуру застывания;

3) ингибиторы - антиокислительные присадки;

4) антикоррозийные присадки;

5) присадки, повышающие липкость масел;

6) моющие присадки;

7) антипенные присадки.

Присадки добавляются и к некоторым сортам консистентных смазок. В угольной промышленности широко применяется в качестве ингибитора присадка ВНИИ-НП-117 при приготовлении эмульсий для гидрофицированных крепей.

Жидкие смазочные материалы имеют следующие достоинства:

- не теряют смазочных свойств при большой частоте вращения и высокой температуре;

- не требуют больших затрат энергии на перемешивание при невысоком внутреннем трении;
- не проявляют склонности к заметному загустению при низких температурах;
- обеспечивают полную замену смазки без разборки узла;
- позволяют применять систему циркуляционной смазки для охлаждения трущихся поверхностей и фильтрацию смазки.

К их недостаткам следует отнести повышенную возможность вытекания из картеров, а следовательно, потребность в сложных уплотняющих устройствах и регулярном пополнении смазки.

Консистентные смазки обладают значительно меньшей способностью вытекать из картеров, что упрощает конструкцию уплотняющих устройств, надежно заполняют зазоры между вращающимися и неподвижными деталями уплотнений. Но они не применяются в узлах с большой частотой вращения из-за высокого внутреннего трения, а в узлах, подверженных большому температурным изменениям могут подвергаться загустению или разжижению.

3.2. Выбор смазки

Смазочный материал должен создавать между поверхностями трения прочный масляный слой для предохранения от коррозии, а при высокотемпературных режимах трения смазка должна быть эффективным охладителем.

В подшипниках скольжения встречаются три основных вида смазки: жидкостная, полужидкостная и граничная. При жидкостной смазке поверхности вала и подшипника разделены сплошным масляным слоем. Коэффициент трения при жидкостной смазке весьма незначителен ($f_{тр} \cong 0,001$) и износа поверхностей не происходит. Обязательным условием жидкостной смазки является непрерывная достаточная подача масла в подшипник.

Давление в масляном слое, необходимое для несения нагрузок и предупреждения контакта поверхностей создается за счет эксцентричного расположения вала в подшипнике, который, вращаясь нагнетает масло в суживающуюся часть зазора. Это явление называется гидродинамической смазкой.

При недостаточной подаче масла или при отсутствии механизма гидродинамической смазки (например в подпятниках) наступает полужидкостная смазка, сопровождающаяся контактом микронеровностей. Возрастают потери и температура узла.

При граничной смазке поверхности вала и подшипника соприкасаются полностью или на больших участках и разделяются лишь адсорбированной пленкой (0,1 мк). В тяжело нагруженных подшипниках это приводит к перегреву, расплавлению заливки, схватыванию и заеданию подшипника.

На распределение давления в масляном слое существенно влияет качество узла и его сборки, что показано на рис. 29.

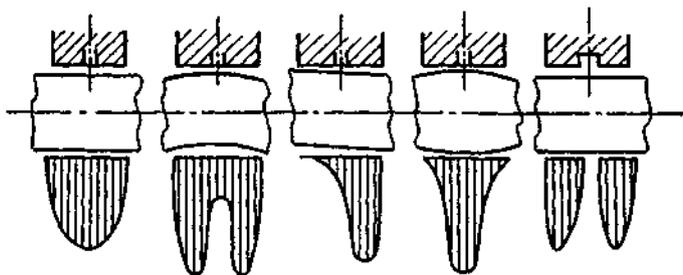


Рис. 29 Эпюры давления в масляном слое вдоль оси подшипника

При выборе смазки должны учитываться огнеопасность, химическая агрессивность, склонность к нагарообразованию и др. Для смазывания деталей высокой чистоты обработки необходимо применять смазки с минимальной примесью влаги, кислот и щелочей.

Применение масла с меньшей чем требуется вязкостью может привести к ее выдавливанию из зазоров между трущимися поверхностями, их перегреву, задирам и ускорению процесса износа.

Применение смазки с большей вязкостью приводит также к перегреву поверхностей и увеличению потерь энергии. Вязкость смазочных масел изменяется с температурой. Так, например, для масла И-45 при температуре 20°C она равна 0,35 Па с, а при 150°C всего лишь (2-3) 10⁻³ Па с, т.е. падает более чем в 100 раз.

При температуре 150°C у большинства масел начинается испарение летучих, образуются паровые мешки, нарушается сплошность масляного слоя, усиливается окисление масла, происходит осмоление и выделение твердых продуктов окисления, что приводит к коксованию масла и закоксовыванию подшипника.

При выборе пластичной смазки увязывается температура каплепадения и температура нагрева узла.

Для смазывания подшипников скольжения требуемая вязкость масла выбирается в зависимости от давления на опору и окружной скорости вращения по таблице 29.

Кинетическая вязкость масла для подшипников скольжения определяется по выражению /17/:

$$\nu = 5250 \cdot \frac{c \cdot q}{n_a} \cdot \left(\frac{\Delta}{d}\right)^2 \quad (109)$$

Таблица 29

Окружная скорость вращения, м/с	Условная вязкость масла (⁰ ВУ) при давлении, МПа		
	≤0,5	0,5-5,0	>5,0
≤0,5	1,7-2,5	5,5-7,0	8,0-10,0
0,5-5,0	1,5-2,0	4,0-5,5	6,0-8,0
>5,0	1,3-1,6	2,5-4,0	4,0-6,0

где $c = 1,5 - 2,5$ — коэффициент отношения длины шейки вала к его диаметру;

q — давление на опору, Па;

n_a – частота вращения вала, 1/мин;

Δ – величина зазора в сопряжении по диаметру, мм;

d – диаметр шейки вала, мм.

В узлах, где жидкая смазка не может удержаться, а непрерывная ее подача невозможна или нецелесообразна, применяются пластические смазки.

При небольшой нагрузке и температуре до 65 °С во влажной среде рекомендуется использовать синтетические солидолы. При большой нагрузке и температуре 100-130 °С рекомендуются литиевые и натриевые смазки или смазки, загущенные графитом.

Для подшипников качения смазка выбирается в зависимости от их размера, нагрузки, частоты вращения, температуры узла трения по таблице 30.

Таблица 30

Внутренний диаметр подшипника, мм	Частота вращения 1/мин	Марка масла при температуре узла, °С		
		60°	60-100°	100°
100	3000	И20А	И45А	МС-14
100-200	3000-4000	И20А	И30А	АК-15
200-320	3000-4000	И20А	И20А	Цилиндровое - 11

Расход масла в г/час определяется по формулам:

- для подшипников скольжения

$$q = 3 \cdot d \cdot l \cdot n_a \quad (110)$$

- для подшипников качения

$$q = 0,075 \cdot d_n \cdot L \quad (111)$$

где d – диаметр шейки вала, мм;

l – длина шейки вала, м;

n_a – частота вращения, 1/мин;

d_n – внутренний диаметр подшипника, см;

L – ширина подшипника, см.

Жидкая смазка для закрытых зубчатых передач выбирается по таблице 31.

Таблица 31

Материал зубчатых колес	Вязкость ($\text{мм}^2/\text{с}$) при 50°C и окружной скорости, м/с				
	<0,5	0,5-1,0	1,0-2,5	2,5-6,0	6,0-12,5
Чугун и бронза	24	16	11	8	6
Сталь (с уменьшением точности и ростом нагрузки)	36	24	16	11	8
	46	35	24	16	11
	60	35	36	36	16

Для червячных передач вязкость масла выбирается в зависимости от скорости скольжения в зацеплении.

Скорость скольжения в зацеплении, м/с	1	1-2,5	2,5-5	5-10	10-15	15-25	25
Вязкость масла при 50°C , ВУ_{50} , $\text{мм}^2/\text{с}$	53	31	21,5	14,5	10,5	7,5	6,0

В некоторых зубчатых передачах используют смесь масел с пластичными смазками (до 60%). Так для открытых зубчатых передач применяют или пластичные смазки, содержащие графит, или высоковязкие масла с добавками графита и нигрола.

При низкой температуре осуществляется подогрев масел, применяются масла с меньшей вязкостью или присадки.

Для холодных условий работы применяют масла: осевое С сезонное ($\text{ВУ}_{50} = 13-14$, температура застывания - 55°C), зимнее ($\text{ВУ}_{50} = 22$, температура застывания - 40°C), ХА-23 ($\text{ВУ}_{50} = 22-24$, температура застывания - 38°C). Присадки (полиизобутилен в количестве 1,5-2,5% и депрессатор АЗНИИ в количестве 0,5-10%) понижают температуру застывания и не оказывают существенного влияния на другие свойства.

В качестве разбавителей основных масел применяют осевые, веретенные и трансформаторные масла в количестве до 20%. Но разбавление масел резко ухудшает их свойства и может применяться лишь временно.

Пластичные смазки (солидолы) при добавлении к ним масла осевого С можно использовать при температурах до -60°C . Без добавок при низкой температуре рекомендуется литол 24, ЦИАТИМ-201, ЦИАТИМ-203 (до 60°C).

Основные марки масел и консистентных смазок, и их основные показатели и области применения приведены в таблицах 32 и 33.

Таблица 32

Масло	Вязкость (при 50 мм ² /с)	Температура, °С		Применение
		вспышки	застывания	
Приборное МВП				В приборах, работающих при температуре от $+120$ до -60°C
Индустриальное: - И-12А	6-8	125	-60	В механизмах с малой нагрузкой и большой частотой вращения (преимущественно при кольцевой системе смазки подшипников скольжения мало-мощных генераторов и электродвигателей мощностью менее 100 кВт), в гидросистемах
- И-20А	17-23	170	-20	В подшипниках электродвигателей, вентиляторов и насосов (мощностью свыше 100 кВт и с частотой вращения до 1000 1/мин) и других механизмов, смазка которых производится разбрызгиванием; в гидросистемах
- И-30А	27-33	180	-15	В механизмах с частотой вращения до 1000 1/мин и сравнительно небольшими нагрузками (в редукторах погрузочных машин, отбойных и бурильных молотках); часто в смеси с другими маслами
- И-40А	38-52	190	-10	То же, но при больших нагрузках и небольшой частоте вращения (в вентиляторах, отбойных и бурильных молотках) в смеси с турбинным маслом или керосином
- И-50А	42-58	200	-20	В механизмах, работающих с большими нагрузками и небольшой частотой вращения, при частых остановках и пусках (в подъемных и погрузочных машинах, центробежных насосах)

Продолжение таблицы 32

Веретенное: АУ	12-14	163	-45	В гидросистемах и перфораторах при температуре от -10 до +65 °С
Компрессорное: - К-12	11-14	216	-25	В поршневых и ротационных компрессорах низкого и среднего давления (для смазки цилиндров) В многоступенчатых компрессорах высокого давления В поршневых и ротационных компрессорах и воздуходушках
- К-19	17-21	245	-5	
- КС-19	18-22	270	-15	
Трансформаторное АМ1	9,6	135	-45	В демферах и гидротолкателях подъемных машин, трансформаторах, масляных выключателях
Турбинное: - Т-22Л - Т-30 - Т-46 - Т-57	20-23 28-32 44-48 55-59	180 180 195 195	-15 -10 -10 -	В перфораторах и электродвигателях
Трансмиссионное автотракторное: - зимнее	17-20	170	-20	В коробках передач, ведущих мостах, зубчатых муфтах (в узлах с очень большой нагрузкой и температурой)
- летнее	28-30	180	-5	
Автотракторное: - АК-10	10	200	-25	В двигателях внутреннего сгорания, редукторах мощных конвейеров, в дробилках В червячных передачах со средней нагрузкой и скоростью скольжения до 10 м/с
- АК-15	15	225	-5	
Карбюраторное: - М-8А - М-8Б - М-8В - М-8Г - М-8Г - М-8Г - М-12Г	8 8 8 8 10 12	200 200 200 210 210 220	-25 -25 -25 -30 -32 -20	В карбюраторных двигателях
Зимнее дизельное: - М-8В - М-10В - М-8Г	8 11 8	200 205 200	-25 -15 -25	В дизельных двигателях

Продолжение таблицы 32

Летнее - дизельное: - М-10Г - М-8ГК - М-10ГК	11 8 11	205 200 205	-15 -30 -15	
Цилиндровое 36	32-50	300	-17	В механизмах, работающих с большими нагрузками, в машинах, работающих на перегретом паре
Цилиндровое 52	50-70	310	-5	
Осевое: - летнее - зимнее - сезонное	42-60 22 12-14	135 125 125	- -40 -50	Для смазывания шеек осей колесных пар То же, в зимних условиях То же в особо холодных условиях
Для холодильных машин: - ХА-23 - ХА-30 - ХА (Фригус)	22-24 28-32 11,5-14,5	175 185 180	-38 -38 -40	В холодильных машинах, работающих на аммиаке или углекислоте
Рабочая жидкость АМГ-10	10	92	-70	В гидравлических устройствах

Примечание. Для масел веретенного, компрессорного, автотракторного, дизельного, цилиндрического вязкость дана при 100°С.

Таблица 33

Смазочные материалы	Температура каплепадения °С	Число пенетрации при 25°С	Применение
Солидол С	75	270-300	В большинстве узлов трения скольжения и качения при рабочей температуре от -20 до +65°С
Пресс-солидол	85	220-270	То же, при рабочей температуре до +50 (заправка с помощью солидолонасоса при температуре ниже -20°С)
Солидол Ж	90	150-220	То же
Пресс-солидол	75	330-355	То же
Графитная смазка	77	250	В тихоходных механизмах круглоходно при высоких нагрузках

Продолжение таблицы 33

Тугоплавкая жировая смазка 1-13	120	175	В подшипниках качения при температуре до 120 °С
Универсальная тугоплавкая смазка: - УТ-1 - УТ-2 - БНЗ	130 150 170	225-275 145-225 175-225 230-280	В закрытых роликовых опорах конвейеров, в экскаваторах, буровых станках и бульдозерах
Литол-24	180	220-250	Во всех узлах трения (кроме тех, где требуются химически стойкие, морозостойкие или приборные смазки); водостоек, не разлагается даже в кипящей воде, заправляется солидолом, негетателем при температуре до -30 °С
ЦИАТИМ-201	175	270-320	В подшипниках закрытого типа, работающих с небольшой нагрузкой при температуре от -60 до +120 °С
ЦИАТИМ-203	150	235-300	В зубчатых и червячных передачах опорах скольжения и подшипниках качения
Каматная	65-75	-	Для смазывания стальных канатов (в интервале температур от -20 до +50 °С)
БОЗ-1	60-75	-	То же
ПВК	60	-	Для защиты металлических изделий от коррозии (в интервале температур от -50 до +50 °С)

На рис.30 и в таблице 34 представлены схема и карта смазки комбайна К103 с вынесенной системой подачи. По данным карты смазки рассчитывается расход смазочных материалов. Схема и карта смазки являются обязательным элементом инструкции по эксплуатации оборудования.

3.3. Режим смазки и нормы расхода

В горных машинах применяются разные виды подачи смазки - разбрызгиванием, ручная, индивидуальная, централизованная, под давлением.

В редукторах жидкая смазка подается на поверхности трения путем разбрызгивания, осуществляемого вращаю-

щимися шестернями, частично погруженными в масляную ванну. При применении различных марок масел полость редуктора разделяется на необходимое число ванн. В редукторах комбайнов для крутого падения применяется принудительная смазка от специального насоса.

Таблица 34

Точка и место смазки Рис.30	Смазочный материал	Начальное количество смазки, кг	Режим смазки	Срок полной замены смазки
ж) Комбайн К103				
1. Редуктор четырехступенчатый ВСП - заливные - 4 - сливные - 44 - контрольные - 12	Шахтол Масло ТАП-15В	16	Доливать раз в неделю	Раз в месяц
2. Электромагнитная муфта ВСП заправочные - 65, 66	Литол-24 Униол-1 Фиол-3 Фиол-2	0,1	Набивать раз в неделю	- " -
3. Редуктор промежуточный ВСП - заливные - 5 - сливные - 45 - контрольные - 33	Шахтол Масло ТАП-15П	8	Доливать раз в неделю	- " -
4. Электродвигатель ВСП заправочные - 67,68	Литол-24 Униол-1 Фиол-3 Фиол-2	0,3	Пополнять раз в неделю	Раз в квартал
5. Ванна гидросистемы - заливные - сливные	Масло И-40А Масло ИТ-34	45	Пополнять раз в неделю	Раз в месяц
6. Подшипниковые щиты электродвигателя заправочные - 17,29	Литол-24 Униол-1 Фиол-3 Фиол-2	0,3	Набивать раз в неделю	- " -
7. Привод шнека заливные контрольные	Шахтол Масло ТАП-15В	7	Пополнять раз в неделю	- " -
8. Первая ступень редуктора - заливные - сливные	То же	15	Пополнять раз в неделю	- " -
9. Вторая ступень редуктора (левая, правая) сливные	То же	12	Пополнять раз в неделю	- " -

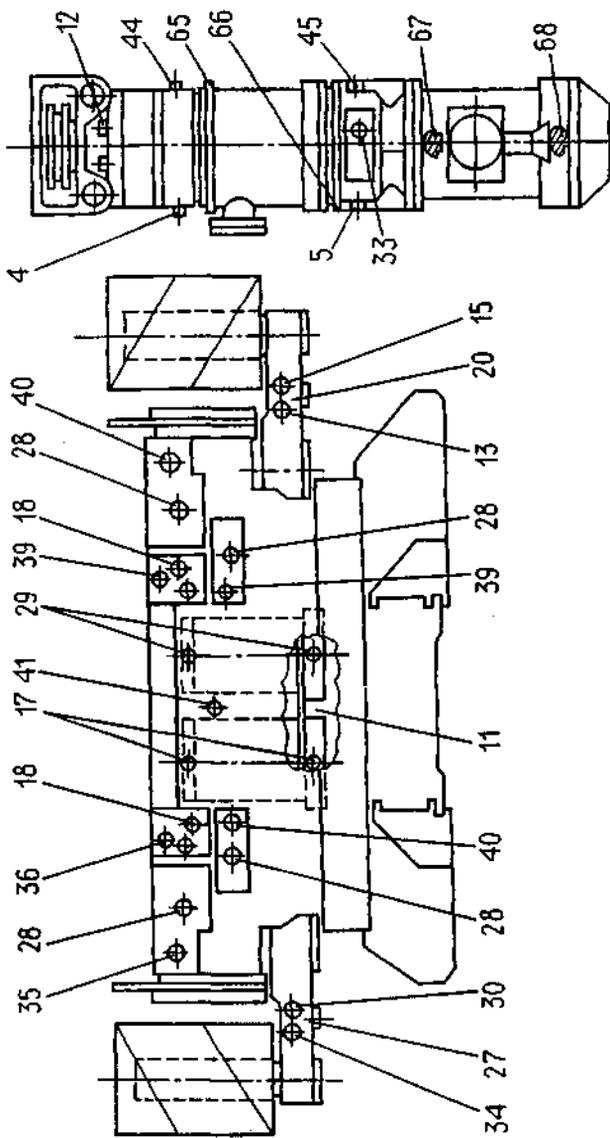


Рис.30 Схема смазки комбайна К103 с вынесенной системой подачи
 Комбайн: 18-28 - пробки для залива масла, 35, 36, 39, 40 - пробки для слива масла из редукторов приводов исполнительного органа, 15, 30 - пробки для залива и 13, 34 - пробки для слива из редукторов приводов шнеков, 20, 27 - пробки для контроля уровня масла в редукторах приводов шнеков, 11 - пробка для залива и 41 - пробка для слива масла из ванны гидросистемы комбайна, 17, 29 - отверстия для смазки подшипников электродвигателей, Вынесенная система подачи: (редуктор четырехступенчатый): 4 - пробка заливая, 44 - пробка сливая, 12 - пробка контрольная, Электроматричная муфта ВСП: 65, 66 - пробки заправочные, Редуктор промежуточный ВСП: 5 - пробка заливая, 44 - пробка сливая, 33 - пробка контрольная Электродвигатель ВСП: 67, 68 - отверстия для заправки подшипников

Подача смазки к трущимся поверхностям поворотных устройств, рычажные системы, втулочно-роликовых и режущих цепей, гусениц, подшипников электродвигателей осуществляется вручную при помощи шприцев-прессов, шприцевых и колпачковых масленок или ручной набивкой.

В перфораторах и других пневматических бурильных машинах и установках масло из специальных масленок разносится по узлам и деталям ударно-поворотных устройств сжатым воздухом, подаваемым в машину.

Смазку машин необходимо производить в соответствии с указаниями инструкции по ее эксплуатации и картой смазки. Карта смазки представляет схему машины с разметкой мест и специальную таблицу с указанием вида смазки для каждого места смазки, норму расхода и режим смазки.

Перед заливкой масла редуктор следует тщательно очистить от штыба (породы) и пыли. Масло заливается через воронку с мелкой сеткой.

Уровень смазки в редукторах контролируется ежедневно; работа редуктора при нижнем уровне смазки на масломере недопустима. Излишнее количество масла приводит к его вспениванию, ухудшению теплоотвода, при этом зубья шестерен и подшипники могут перегреваться, что приводит к задирам рабочих поверхностей.

Глубина погружения колеса в масло должна быть от 10 мм до 2-3 высот зуба колеса и соответствовать высоте зуба червяки при нижнем расположении червячного колеса.

Смазка окунанием рекомендуется при окружной скорости до 12-14 м/с в цилиндрических передачах и до 10 м/с в червячных, так как при более высоких скоростях смазка отбрасывается с поверхности трения.

Пластичная смазка должна заполнять не более 2/3 свободного объема полости подшипника при малой и средней скорости вращения (1200-1500 об/мин) и не более 1/2 этого объема при высоких скоростях.

Нормы расхода смазочных материалов устанавливаются в зависимости от системы смазки, режима и условий работы машин.

Не допускается повышение вязкости смазки более чем на 30% и содержания твердых частиц и воды более чем до 0,2 и 2,5% соответственно.

Перед каждой заливкой масляная ванна и маслопроводы должны быть промыты смесью керосина и веретенного масла.

Расход масла на дозаливку для закрытых зубчатых передач определяются по данным таблицы

Вместимость ванны, кг	<20	20-30	30-60	60-100	100-300	>300
Расход масла на 1 кг вместимости ванны за 8 ч работы	0,5-0,6	0,40-0,44	0,37-0,40	0,30-0,36	0,26-0,30	0,20-0,25

При периодическом обновлении смазки рекомендуется менять 1/3 объема первичного расхода.

Нормы расхода, режимы смазки и смазочные материалы обязательно указываются в карте смазки инструкции по эксплуатации.

Полная замена смазки выемочных и проходческих машин производится, как правило, через 4-6 мес. эксплуатации при текущем ремонте или ремонтном осмотре. Первая замена смазки после получения машин с завода производится через 2 мес. работы.

Норма расхода смазочных материалов по их маркам устанавливается для каждого типа машин по расходу на смазку узлов трения, рабочей жидкости гидропривода и промывочной жидкости для промывки емкостей системы смазки без учета потерь при заправке, транспортировании и хранении. Такая норма расхода называется индивидуальной.

Индивидуальная норма расхода смазочных материалов (СМ) по маркам смазки конкретной машины в общем случае состоит из следующих слагаемых:

- суммарного количества СМ, расходуемых на все периодические замены в рассматриваемый период эксплуатации (год), согласно данным карты смазки - Q_n ;

- суммарного количества СМ за период эксплуатации для компенсации неизбежных расходов (дозаливка) - Q_d (по статистическим данным);

- суммарного количества СМ, расходуемых на все виды технического обслуживания и ремонта, производимых с освобождением смазочных емкостей (определяется инструкцией по эксплуатации) $Q_{тор}$;

- суммарного количества СМ, расходуемых при ликвидации отказов деталей и узлов со сменой смазочных материалов - $Q_{ун}$ (по статистическим данным);

- суммарного количества промывочной жидкости, расходуемой на промывку емкостей перед их заправкой свежими СМ.

Таким образом, индивидуальная норма расхода СМ i -й марки для K -й машины определяется по формуле

$$Q_{ок}^i = Q_{пк}^i + Q_{дк}^i + Q_{торк}^i + Q_{унк}^i \quad (112)$$

Для промывки масляных емкостей применяют маловязкие смазочные масла, например И-12, веретенное.

Смешивание масел запрещается; применение отработанных масел не допускается.

Применение летучих нефтепродуктов (бензин, керосин и др.) в подземных выработок шахт запрещено правилами ТБ.

Раздел 4. **Монтаж горных машин и оборудования**

При выполнении монтажно-демонтажных работ выбор технологической схемы и средств монтажа, путей, способов и средств доставки оборудования определяется целым рядом горнотехнических и производственно-технических факторов.

Опыт монтажно-демонтажных работ на угольных шахтах показывает, что в среднем продолжительность монтажа или демонтажа механизированного комплекса колеблется от одной-двух недель до одного-полутора месяцев, при этом трудоемкость монтажно-демонтажных работ по производственным объединениям требуют их централизации путем создания при них специализированных управлений по демонтажу, монтажу и наладке оборудования. Это позволяет обеспечить необходимую техническую оснащенность процессов, применять отработанные схемы и ритмичные графики монтажа при осуществлении работ высококвалифицированными рабочими и инженерно-техническими работниками. Все это совместно с высоким качеством централизованной подготовки оборудования к монтажу позволяет сократить сроки и трудоемкость монтажных работ при существенном повышении их качества.

4.1. Монтаж очистных механизированных комплексов

4.1.1. Организация и технологическое обеспечение монтажных работ

Организация работ по монтажу оборудования включает следующие этапы:

- комплектование и опробование оборудования на поверхности;
- подготовка монтажной камеры;

- суммарного количества СМ, расходуемых на все периодические замены в рассматриваемый период эксплуатации (год), согласно данным карты смазки - Q_n ;

- суммарного количества СМ за период эксплуатации для компенсации неизбежных расходов (дозаливка) - Q_d (по статистическим данным);

- суммарного количества СМ, расходуемых на все виды технического обслуживания и ремонта, производимых с освобождением смазочных емкостей (определяется инструкцией по эксплуатации) $Q_{тор}$;

- суммарного количества СМ, расходуемых при ликвидации отказов деталей и узлов со сменой смазочных материалов - $Q_{ун}$ (по статистическим данным);

- суммарного количества промывочной жидкости, расходуемой на промывку емкостей перед их заправкой свежими СМ.

Таким образом, индивидуальная норма расхода СМ i -й марки для K -й машины определяется по формуле

$$Q_{ок}^i = Q_{нк}^i + Q_{дк}^i + Q_{торк}^i + Q_{унк}^i \quad (112)$$

Для промывки масляных емкостей применяют маловязкие смазочные масла, например И-12, веретенное.

Смешивание масел запрещается; применение отработанных масел не допускается.

Применение летучих нефтепродуктов (бензин, керосин и др.) в подземных выработках шахт запрещено правилами ТБ.

Раздел 4. **Монтаж горных машин и оборудования**

При выполнении монтажно-демонтажных работ выбор технологической схемы и средств монтажа, путей, способов и средств доставки оборудования определяется целым рядом горнотехнических и производственно-технических факторов.

Опыт монтажно-демонтажных работ на угольных шахтах показывает, что в среднем продолжительность монтажа или демонтажа механизированного комплекса колеблется от одной-двух недель до одного-полутора месяцев, при этом трудоемкость монтажно-демонтажных работ по производственным объединениям требуют их централизации путем создания при них специализированных управлений по демонтажу, монтажу и наладке оборудования. Это позволяет обеспечить необходимую техническую оснащенность процессов, применять отработанные схемы и ритмичные графики монтажа при осуществлении работ высококвалифицированными рабочими и инженерно-техническими работниками. Все это совместно с высоким качеством централизованной подготовки оборудования к монтажу позволяет сократить сроки и трудоемкость монтажных работ при существенном повышении их качества.

4.1. Монтаж очистных механизированных комплексов

4.1.1. Организация и технологическое обеспечение монтажных работ

Организация работ по монтажу оборудования включает следующие этапы:

- комплектование и опробование оборудования на поверхности;
- подготовка монтажной камеры;

- погрузка на поверхности, доставка в шахту и установка монтажных технических средств;
- погрузка на поверхности, доставка в шахту монтируемого оборудования комплекса;
- монтаж оборудования комплекса;
- доставка и монтаж оборудования энергоснабжения, аппаратуры управления и связи, освещения и др.;
- демонтаж монтажных технических средств и доставка их на поверхность;
- наладка, регулировка и опробование оборудования комплекса без нагрузки;
- приемка комиссией смонтированного оборудования;
- вывод очистного и проходческого оборудования из монтажной камеры и его опробование под нагрузкой.

Основным документом для выполнения работ является оргтехпроект монтажа (демонтажа) оборудования комплекса. При подрядном способе шахта за 15 дней до начала работ передает исходные данные для разработки оргтехпроекта:

- паспорт крепления монтажной камеры с выкипировкой из плана горных работ участка и схемой вентиляции;
- схему расположения монтируемого оборудования;
- краткую характеристику выработок, в которых будут проводиться работы.

Оргтехпроект составляется подрядчиком или шахтой с учетом требований инструкции по монтажу и демонтажу очистных механизированных комплексов и других нормативных документов.

Оргтехпроект состоит из пояснительной записки, технологического графика производства работ, графической части проекта и мероприятий по технике безопасности.

В пояснительной записке дается краткая характеристика производства работ, состав и количество монтируемого оборудования, описание средств механизации основных и вспомогательных работ, их наименование, название, техническая характеристика, количество, средства

транспортирования, способ и средства строповки, погрузки, разгрузки, доставки в камеру, разворота, монтажа и демонтажа основных элементов, узлов и машин комплекса.

Технологический график производства работ включает сетевой или ленточный график работ по основным операциям, данные по профессиональному и численному составу исполнителей, график поступления оборудования на монтаж. Графическая часть проекта содержит: общую технологическую схему монтажа в камере с расстановкой средств механизации монтажных работ и схемы выполнения наиболее важных операций по доставке и монтажу оборудования. На схеме указываются средства связи, сигнализации и освещения.

Оргтехпроект утверждается руководством шахты.

На сроки и качество монтажных работ значительное влияние оказывает их технологическое и техническое обеспечение, которое включает выбор рациональных вариантов комплектации оборудования; способы и средства спуска оборудования по стволам; схему и средства транспортирования по горным выработкам, обеспечение средствами механизации погрузочно-разгрузочных, доставочных и монтажных работ; подготовку монтажной камеры, приемочной и комплекточной площадок.

Монтажные камеры проводятся как правило проходческими комбайнами типа ГПК или буровзрывным способом. Паспорт крепления разрабатывается шахтой в соответствии действующими в бассейне и ПО паспортами с учетом конструктивных особенностей крепи и средств доставки оборудования.

Размеры монтажных камер в свету в метрах для различных типов комплексов приведены в таблице.

Тип комплекса	Ширина, м		Высота, м
	по верху	по низу	
"Донбасс", 1КМ97Д	3,6	4,0	0,7-1,2
КМ-87, КМ-88	3,6	4,0	1,1-1,8

Продолжение таблицы

1МКМ, 2МКЭ	3,6	4,5	1,4-2,2
ОКП, 20КП	3,6	4,6	1,9-2,5
ОКП 70	4,0	4,6	2,5-3,0
КМ В1Э	4,0	5,0	2,8
КМ130	4,6-5,0	5,1-6,1	3-8,4
2КГД	4,0	4,0	0,7-1,2
АЩ, АНЩ	5,0	5,0	1,2-2,2

После подготовки монтажной камеры устраивают приемную и комплектуючую площадки.

Приемная площадка представляет собой пункт разгрузки и расположения по крайней мере односменного запаса оборудования под монтаж, а также перегрузки оборудования на другие доставочные средства, обмена транспортных средств и хранения мелких деталей комплекса, резервного монтажного оснащения (рис. 31). Приемная площадка выбирается на пути электровозной доставки у сопряжения с безрельсовой выработкой, ведущей к монтажной камере. В однопутной тупиковой выработке рельсовый путь смещается от оси выработки так, чтобы оставалось место для устройства разгрузочного полка шириной 1,5 и длиной 35-40 м.

Высота выработки на приемной площадке должна обеспечивать возможность установки технических средств механизации работ.

При деревянной крепи выработки на всю длину приемной площадки необходимо проложить (по стойкам крепи) опорную балку 4, состоящую из 4-метровых отрезков спецпрофиля, на которые устанавливают отводные блоки стягивающей лебедки. При металлической крепи блоки крепят за ее элементы без применения опорных балок. Опорную балку устанавливают на высоте 0,3-0,4 м от полка, чтобы при стягивании не происходило опрокидывания груза с площадки.

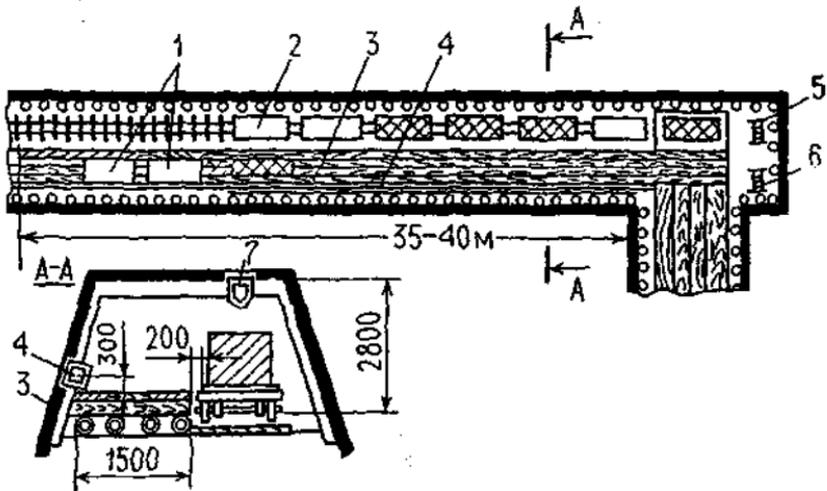


Рис. 31 Приемная площадка. 1 - контейнер для инструмента и монтажных приспособлений, 2 - шахтная платформа, 3 - деревянный настил, 4 - опорная балка, 5 - лебедка ЛПК10Б, 6 - лебедка ЛВД2, 7 - балка для крепления отводного блока.

Для механизации разгрузки оборудования с вагонов необходимо также установить балку 7 крепления отводного блока длиной 4-8 м.

Уровень полка должен соответствовать высоте шахтной платформы, а зазор между полком и площадкой должен быть таким, чтобы свободно заходили площадки при возможном их перекосе или доставке негабаритного груза. Этот зазор практически составляет 200-300 мм.

Приемная площадка должна быть освещена, оборудуется телефонной связью с диспетчером внутришахтного транспорта, а также местной громкоговорящей, телефонной связью с монтажной камерой.

На приемной площадке устанавливают лебедки ЛПК10Б для разгрузки оборудования и вагонов и тяжелых деталей комбайна и ЛВДВ2 для разгрузки оборудования методом стягивания с платформ.

В соответствии с графиком поставки оборудования под монтаж машинист электровоза перед началом смены ставит груженные платформы на приемную площадку в

необходимом количестве, соблюдая технологический порядок.

Комплектовочная площадка - место сборки секций крепи (рис.32а). Ее устраивают на расстоянии 5-10 м от сопряжения монтажной камеры со штреком. На комплектовочную площадку поступает оборудование с приемной площадки.

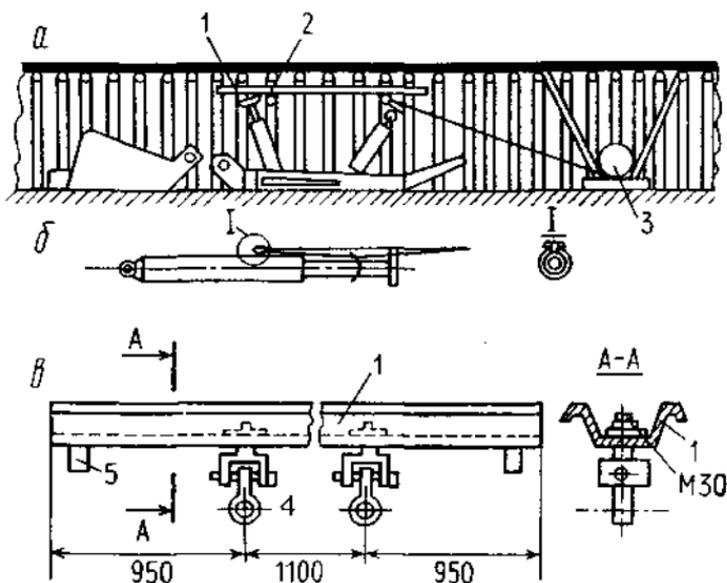


Рис.32 Площадка для комплектовки и сборки секций крепи
1 - подвесная балка, 2 - блок, 3 - лебедка, 4 - вертлюг, 5 - упорный кронштейн

Высота выработки в месте сборки секций должна быть не менее 2,5 м. Крезь выработки не может быть деформированной. Вблизи площадки устанавливают лебедку. К верхнякам крепи в трех местах крепится балка из спецпрофиля длиной 3 м с двумя вращающимися вертлюгами 4 (рис.32в), в качестве которых используют прицепные устройства шахтных 1-тонных вагонеток. На вертлюги подвешивают блоки (рис.32б), за которые заводят специаль-

ные стропы из каната диаметром 15 мм, длиной 8-10 м с петлями. Стропы постоянно находятся на блоках, чем исключается перецепка каната лебедки с блока на блок в процессе сборки одной секции.

Рядом с комплектовочной площадкой располагают два контейнера с высоконапорными рукавами, крепежными деталями, пружинами и другими деталями комплекса, благодаря чему обеспечивают бесперебойность монтажных работ.

Как правило, доставка оборудования в монтажную камеру и его перемещение по камере производится с помощью лебедок типа 1ВДВ2 и ЛКП10Б.

Наиболее рациональные схемы размещения лебедок в монтажной камере представлены на рис.33.

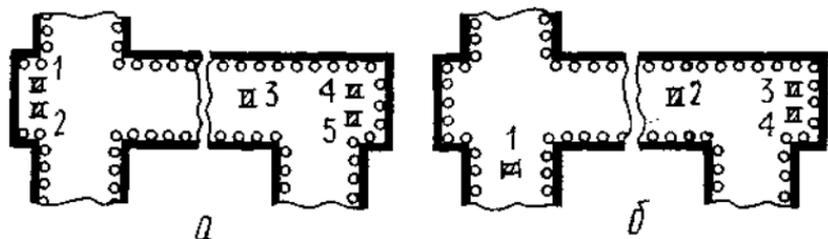


Рис.33 Рациональные схемы расстановки монтажных лебедок в камере

Лебедка 1 (рис.33а) устанавливается в нише по ходу доставки оборудования и предназначена для монтажа забойного конвейера, комбайна, крепи сопряжения и привода. Лебедка 2 служит для доставки оборудования по камере и выдачи порожней волокуши из камеры. Лебедка 3 - для разворота и доставки в камеру собранных секций крепи. Лебедка 4, расположенная в нише со стороны начала монтажа, обеспечивает сборку крепи сопряжения, нижнего привода и подтягивания собранных секций к монтажному крану или месту установки. Лебедка 5 служит для доставки оборудования энергопоезда, крепи со-

пряжения, забойного конвейера, деталей и узлов комплекса или в волокушах или по настилу.

На схеме (рис.33б) представлено рациональное размещение лебедок при монтаже комплексов типа ОКП, у которых рамы забойного конвейера монтируются совместно с секциями крепи.

Для питания двигателей лебедок удобно использовать смонтированные на специальной раме-салазках передвижной распределительный щит, включающей автоматический выключатель АФВ-2, два пускателя ПМВИР-41, шину заземления, средства пожаротушения, ящики для инструмента и запчастей.

Приведенные схемы расстановки монтажных лебедок обеспечивают доставку оборудования одновременно по забойной и завальной сторонам монтажной камеры, механизацию трудоемких процессов по монтажу крепей сопряжения, линейных секций и бортов кабелеукладчиков забойного конвейера, а также в максимально возможной степени позволяют совместить работы по доставке оборудования забойного конвейера и секций крепи, тем самым обеспечивая бесперебойную, ежедневную поставку под монтаж более десяти собранных секций.

На рис.34 представлена схема перемещения секции крепи в монтажной камере.

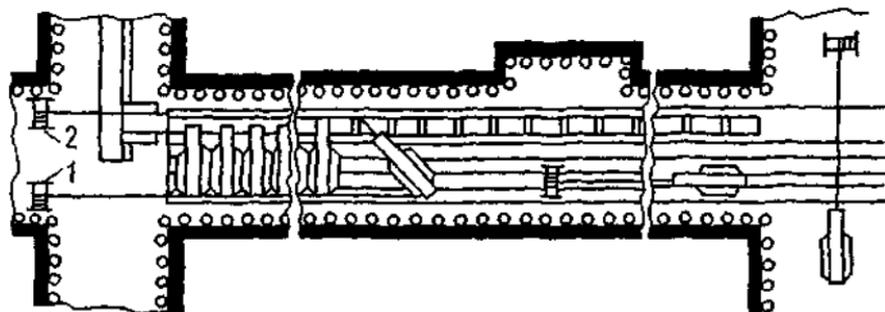


Рис.34 Схема перемещения и установки секции крепи в монтажной камере

4.1.2. Средства механизации монтажных работ

Набор средств доставки и механизации монтажных работ определяется типом очистного комплекса и технологической схемой его монтажа.

Существуют четыре типовые группы комплексов и соответствующие им рекомендуемые средства доставки и монтажа /1/.

I группа - механизированные комплексы с крепями поддерживающего типа для пологих пластов мощностью до 2 м ("Донбасс", КМК97, КМ87 и др.).

Секции механизированной крепи комплексов I группы могут быть погружены на поверхности шахты на платформы в собранном виде и доставлены к монтажной камере, где их перегружают на аккумулирующий ролик штрека, с которого по уголкового направляющим с помощью лебедки или цепи конвейера доставляют к месту установки. При демонтаже транспортирование секций крепи в собранном виде производят в обратном направлении.

II группа - механизированные комплексы с крепями оградительно-поддерживающего и поддерживающе-оградительного типа для пологих пластов мощностью более 2 м (МКЭ, ОКП, КТУ и др.). Секции механизированной крепи комплексов II группы грузятся на платформы в разобранном виде. Стойки и верхние перекрытия укладывают на основание и по рельсовому пути доставляют прямо в монтажную камеру.

III группа - механизированные комплексы с крепями поддерживающего типа для пологих пластов мощностью 2,2-3,2 м (КМ130 и др.). Секции механизированной крепи комплексов III группы занимают промежуточное положение между первыми двумя: до монтажной камеры доставляются по схеме II группы, а в монтажной камере до места установки по схеме I группы, но без уголкового направляющих.

IV группа - механизированные комплексы с крепями поддерживающего типа крутых пластов мощностью до 1,5 м (КГД и др.). Секции механизированной крепи комплексов этой группы доставляют к монтажной камере по схеме I группы, а в месту доставки без направляющих под действием собственного веса с помощью предохранительных лебедок.

Рекомендуемый перечень оборудования, применяемого в монтажных камерах в соответствии с группой комплекса приведен в таблице 35.

В таблице 36 даны рекомендации по средствам механизации погрузочно-разгрузочного и доставочного оборудования.

Таблица 35

Группа механизированного комплекса	Тип оборудования
I	Рольганг, угольные направляющие, лебедки типов МЭЛ, ЛПК, ЛВД и ЛУ, блоки, ручные тали грузоподъемностью 30 кН, тягачи ТОС1 и ТП1, домкраты Д1, ДУ5, ДГ1 и ДГЛ7.
II	Рельсовый путь, монтажно-демонтажные станки типа МС и МСД, Ручные тали грузоподъемностью 30 кН, блоки, тягачи ЛГ1, ГДЛ7, лебедки типов МЭЛ, ЛПК, ЛВД и ЛУ, канаты, счалки, стойки ВК
III	Рольганг, монтажная рама, монтажный гидropодъемник, лебедки типов ЛПК, ЛВД и ЛУ, блоки, ручные тали грузоподъемностью 30 кН, канаты, счалки, стойки ВК
IV	Лебедки типов МЭЛ, ЛПК, ЛВД и ЛУ канаты, счалки, ручные тали грузоподъемностью 30 кН

Таблица 36

Назначение	Тип оборудования
Погрузочно-разгрузочные работы на поверхности шахты	Автокран грузоподъемностью не менее 50 кН, козловой кран, электрический тельфер грузоподъемностью не менее 50 кН
Доставка оборудования	Автотранспорт, трактор, электровоз
Доставки оборудования по горным выработкам	Электровоз, грузовые платформы типа ПТК, платформы из вагонеток типа ВЛ, вагонетки

Строповку оборудования при погрузочно-разгрузочных работах необходимо проводить тщательно и в соответствии с типовыми схемами. Допустимая нагрузка на

строп в зависимости от вида строповки и диаметра каната приведена в таблице 37.

Грузовая платформа ПТК с закрепленной секцией М87 представлена на рис.35.

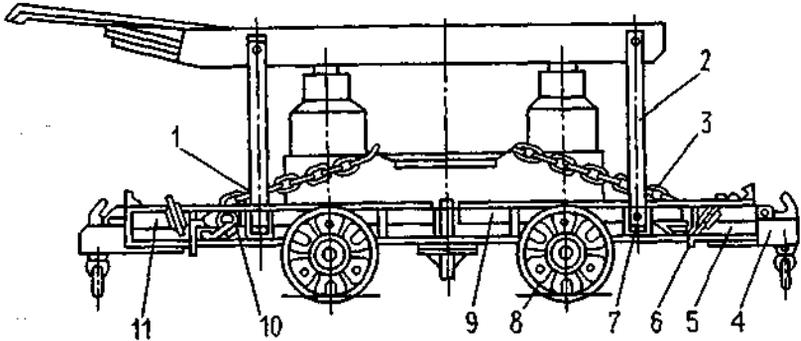
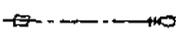
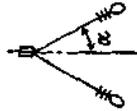
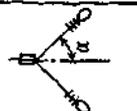
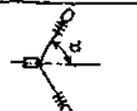
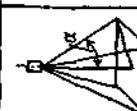
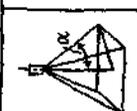


Рис.35 Платформа ПТК

При отсутствии дорог составные части оборудования ОМК можно доставлять с помощью волокуш или волоком по почве, используя тяговые лебедки. Волокуши делают из листовой стали 20 толщиной 15-20 мм. Размеры волокуш: длина до 2,8 м, ширина до 1,4 м. Тип лебедки выбирают по требуемому тяговому усилию и месту, по которому происходит доставка оборудования ОМК. Можно рекомендовать типы лебедок: при доставке оборудования по бремсбергам и уклонам - БЛ-1200/1030 с тяговым усилием $F = 25$ кН и ЛГЛ-1600/1230 (40 кН); при доставке по выработкам, пролегающим к монтажным камерам - лебедки БГ-800 (12 кН), ЛВД34 (12,5 кН), в монтажных камерах - ЛГКН (100 кН) ЛПГ-102 (130 кН).

В монтажных камерах, особенно при слабой почве, целесообразно применять уголкового направляющие с шириной колен 700 и 900 мм.

Таблица 37

		Допустимая нагрузка на строп, кН												
Диаметр каната, мм	Разрывное усилие каната, кН		$\alpha=0^\circ$ $n=7$		$\alpha=30^\circ$ $n=2$		$\alpha=45^\circ$ $n=2$		$\alpha=60^\circ$ $n=2$		$\alpha=30^\circ$ $n=4$		$\alpha=45^\circ$ $n=4$	$\alpha=60^\circ$ $n=4$
		11,5	57,5	9,5	16,6	13,5	9,5	33,2	27,0	19,0	33,2	27,0	19,0	
13,5	82,4	13,7	23,3	19,3	13,7	47,6	38,6	27,4	27,4	47,6	38,6	27,4		
15	112,0	18,6	32,4	26,3	18,6	64,8	52,6	37,2	37,2	64,8	52,6	37,2		
18	146,5	24,4	42,4	34,4	24,4	84,8	68,8	48,8	48,8	84,8	68,8	48,8		
20	185,5	30,9	53,8	43,9	30,9	107,6	87,0	61,8	61,8	107,6	87,0	61,8		

При монтажно-демонтажных работах в лаве, на штреке или в монтажной камере часто приходится применять различные блоки, электрические и гидравлические подъемники, ручные лебедки. Конструктивные размеры монтажных блоков должны соответствовать массе поднимаемого груза. Применяются различные схемы подвески блоков. Подвеска блока на верхняк из дерева (рис. 36) может осуществляться комбинированной цепью $d = 23$ мм с шагом $t - 84$ мм и соединительным звеном ЭС2300Г. При подвеске монтажного блока на верхняк из спецпрофиля необходимо верхняк "связать" расстрелами с двумя соседними верхняками с каждой стороны. Блок может подвешиваться калиброванной круглозвенной цепью с соединительным звеном ЭС2300Г. Если блок используется для подъема груза массой более 3 т, необходимо ставить две упорные стойки $d = 180$ мм в направлении биссектрисы угла между канатами.

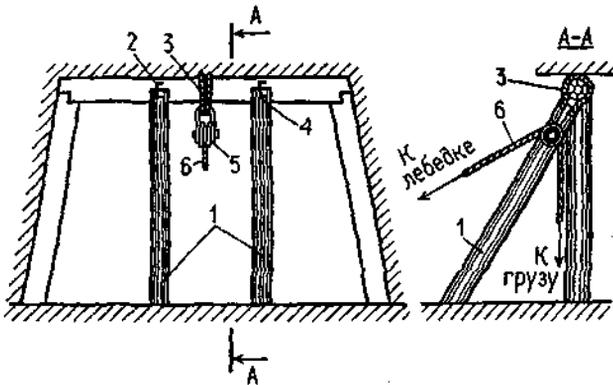


Рис.36 Схема подвеска монтажного блока на деревянный верхняк
 1 - упорная стойка, $\varnothing 180$ мм, 2 - скоба строительная $\varnothing \leq 12$ мм, 3 - кольцевой строп, 4 - ось блока, 5 - блок грузоподъемностью 5 т, 6 - канат стальной

Наиболее трудоемкими при монтаже комплексов типа М81, М130, ОКП, М142 и др. являются работы по монтажу секции, которые доставляются в камеру в разобранном виде.

При монтаже и демонтаже секций крепи М81Э и М130 применяется монтажный станок М130 (рис.37). Максимальный вылет стрелы у станка 4140 мм; ход раздвижения стрелы 1260 мм; грузоподъемность 9 т; масса станка с гидрооборудованием 7 т; габариты станка (длина, ширина, высота) 5980х2030х1210 мм.

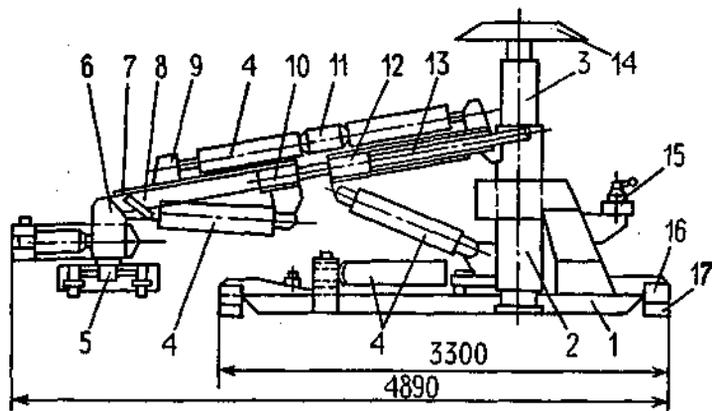


Рис.37 Монтажный станок М130

- 1 - основание, 2 - колонна, 3 - гидростойка, 4 - домкрат, 5 - прицепное устройство, 6 - палец, 7-8 - рычаги, 9 - опора, 10 - концевая стрела, 11 - муфта, 12 - центральная стрела, 13 - скалка, 14 - верхняя опора, 15 - пульт управления, 16 - болт М30х150, 17- захват

Станок представляет собой гидромеханический манипулятор, позволяющий поднять находящуюся на почве или на доставочной шахтной тележке перевернутую секцию, перевернуть ее, повернуть в ряд с устанавливаемыми, продвинуть вдоль лавы, установить в необходимое положение и распереть к кровле на время подключения ее к гидроприводу. Монтажный станок используется также при демонтаже крепи, когда операции производятся в обратном порядке.

Станок включает в себя основание 1, колонну 2, гидростойку 3, домкраты 4, прицепное устройство 5, стрелу 10, центральную стрелу 12, верхнюю опору 14, гидромагистраль, захваты 17.

Завод-изготовитель станка изготавливает и поставляет только его металлоконструкцию. Все гидрооборудование (домкраты, гидростойки, распределители, рукава и т.д.), необходимое для сборки станка, заимствовано из комплекта запасных частей крепи и после монтажа используется по назначению. Гидропривод станка осуществляется от насосной станции.

При недостаточно устойчивой кровле в монтажной камере, на основание станка можно установить дополнительную гидростойку со стороны стенки монтажной камеры. В этом случае вместо опоры 14 используется специальное перекрытие на две стойки. Станок перемещают удерживающей лебедкой при одновременном отталкивании стрелы станка от смонтированной секции.

4.1.3. *Определение продолжительности монтажа оборудования*

Продолжительность монтажа (демонтажа)* оборудования определяется в соответствии с временными нормативами продолжительности монтажа. Продолжительность монтажа исчисляется от комплектования и опробования оборудования на поверхности до опробования комплекса без нагрузки, при этом началом времени монтажных работ является день приемки монтажной камеры.

Перед началом монтажных работ состояние горных выработок должно соответствовать проекту вскрытия и подготовки выемочного участка, подлежащего вводу в эксплуатацию.

Нормативная общая продолжительность монтажа оборудования участка $T_{мо}$ определяется суммой времени продолжительности монтажа оборудования участка $T_{му}$ и вводу участка в эксплуатацию $T_{в}$:

* В дальнейшем будем писать только "монтаж". При расчетах продолжительности демонтажа все нормативные величины берутся по тем же таблицам по графам демонтажа оборудования.

$$T_{\text{мo}} = T_{\text{мo}} + T_{\text{в}}, \text{ сут.} \quad (113)$$

Продолжительность монтажа оборудования участка определяется продолжительностью монтажа оборудования очистного забоя $T_{\text{мoз}}$ и монтажа оборудования в прилегающих выработках $T_{\text{мв}}$

$$T_{\text{мy}} = T_{\text{мoз}} + T_{\text{мв}} \quad (114)$$

Продолжительность монтажа оборудования очистного забоя определяется через базовое значение норматива с его корректировкой на изменение горно-геологических и горнотехнических условий производства и режима ведения работ на данном участке.

При монтаже на пластах с углами падения до 35°C

$$T_{\text{мoз}} = [T_{\text{мб}} + t_{\text{л}} (\pm \Delta l_{\text{л}})] \kappa_1 \cdot \kappa_2 + T_{\text{ип}}, \text{ сут.} \quad (115)$$

где $T_{\text{мб}}$ — базовое значение норматива, принимаемое по табл.38, сут.;

$t_{\text{л}}$ — удельная коррекция базового значения норматива по длине лавы, принимаемая по табл.38, сут/м;

$\pm \Delta l_{\text{л}}$ — увеличение или уменьшение длины лавы от базового варианта $l_{\text{лб}}$, заданного в табл.38, м;

κ_1 — коэффициент усложнения горно-геологических и горно-технических факторов, определяется по данным табл.39;

κ_2 — коэффициент режима ведения работ, принимаемый по табл.40;

$T_{\text{ип}}$ — нормативная продолжительность испытания оборудования на холостом ходу и время на прием участка комиссией, $T_{\text{ип}} = 2$ сут.

Продолжительность монтажа оборудования в прилегающих выработках в выражении 114 определяется по формуле:

$$T_{\text{мв}} = [10 + 0,01 \cdot (\pm \Delta l_{\text{cm}})] \kappa_1 \cdot \kappa_2 + 2, \text{ сут.} \quad (116)$$

- где 10 — нормативная продолжительность монтажа оборудования участковой транспортной выработки при базовой ее длине 1000 м, сут.;
- 0,01 — удельная коррекция базового норматива при изменении длины выработки, сут/м;
- $\pm \Delta l_{ст}$ — увеличение или уменьшение длины выработки, столба, м.

Продолжительность ввода участка в эксплуатацию принимается равным :

$$T_в = T_{об} \cdot k_3, \text{ сут.} \quad (117)$$

- где $T_{об}$ — базовые нормативы ввода участка в эксплуатацию, сут., принимается $T_{об} = 6$ сут.;
- k_3 — коэффициент режима ведения работ при вводе оборудования в эксплуатацию, принимается по табл.40.

При расчете продолжительности демонтажа оборудования естественно не учитывается нормативная продолжительность испытания оборудования и приемки участка $T_{ил}$.

При демонтаже оборудования участков на пластах с углами падения до 35° С при столбовых системах разработки продолжительность демонтажа участка $T_{д.у}$ принимается равной продолжительности монтажа очистного забоя по формуле 115:

$$T_{д.у} = T_{моз} - T_{ил}$$

При сплошных системах разработки продолжительность демонтажа оборудования участка принимается равной:

- при совмещении выполнения демонтажных работ в забое и в прилегающих выработках:

$$T_{д.у} = \max \{ (T_{моз} - T_{ил}); T_{мв} \}, \quad (118)$$

- при последовательном выполнении работ:

$$T_{д.у} = T_{моз} - T_{ил} + T_{дв}, \text{ сут.} \quad (119)$$

где $T_{дв}$ — нормативная продолжительность демонтажа выработок

$$T_{\text{де}} = 0,01 \cdot l_a \quad (120)$$

где 0,01 – удельный норматив продолжительности и демонтажа выработок, сут/м;

l_a – длина демонтируемой выработки, м.

Остальные обозначения в формуле 116 те же, что и в формуле 115.

При последовательном ведении работ в монтажной камере участка и в прилегающих выработках общая продолжительность работ определяется по выражению 114.

При параллельном ведении работ срок ввода участка в эксплуатацию определяется по большому значению $T_{\text{моз}}$ или $T_{\text{мв}}$.

При монтаже оборудования на пластах с углами падения более 35° продолжительность монтажа оборудования участка определяется по выражению:

$$T_{\text{му}} = [T_{\text{мв}} + t_{\text{л}}(\pm \Delta l_{\text{л}}) + t_{\text{ст}}(\pm \Delta l_{\text{ст}})] \kappa_1 \cdot \kappa_2 + 2, \text{ сут.} \quad (121)$$

где $t_{\text{л}}$ – удельная коррекция базового значения норматива по длине лавы, принимаемая по табл.41, сут/м;

$\pm \Delta l_{\text{л}}$ – увеличение или уменьшение длины лавы по сравнению с базовым вариантом $l_{\text{лв}}$ заданного в табл.41, м;

$\pm \Delta l_{\text{ст}}$ – увеличение или уменьшение фактической длины столба по сравнению с базовым вариантом, принятым 500 м

$$\pm \Delta l_{\text{ст}} = l_{\text{ст}} - 500, \text{ м}$$

$t_{\text{ст}}$ – удельная коррекция базового значения норматива по длине столба, принимается по табл. 41 сут/м.

При полевой подготовке щитовых участков при сложной системе разработки, при совмещении монтажа транспортного оборудования с монтажом оборудования лавы и при монтаже транспортного оборудования при проходке принимается $t_{\text{ст}} = 0$.

k_1 и k_2 — аналогичны коэффициентам k_1 и k_2 в выражении 115 и определяются: k_1 по данным таблицы 39, k_2 — таблицы 40.

В выражениях 116 и 121 коэффициент k_1 определяется произведением коэффициентов $k_{1.1} k_{1.2} \dots k_{1.i}$, т.е.

$$k_1 = \prod_{i=1}^n k_{1.i}$$

При этом для выражения 116 величина $n = 7$ (табл. 37), а для выражения 121 величина $n = 9$ (табл. 42).

Таблица 38

Нормативы продолжительности монтажа, демонтажа оборудования добычных комплексно-механизированных лав

Тип комплекса	Базовая длина очистного забоя, м Глб	Монтаж оборудования лавы		Демонтаж оборудования лавы	
		базовый норматив продолжительности, сут. Гмб	поправка норматива на 1 м длины забоя, сут/м Гд	базовый норматив продолжительности, сут. Гмб	поправка норматива на 1 м длины забоя, сут/м Гд
1КМК97Д (комбайновый)	150	17	0,10	18	0,09
КМК-98, КМК-97М	150	18	0,08	19	0,07
"Донбасс", "Донбасс-М"	150	16	0,11	17	0,10
К1МКС (СО75, СН75, УСВ)	200	22	0,10	23	0,09
К1МКС (УСВ667, УСВ667М)	200	20	0,10	21	0,09
1КМ-97Д (СО75, СН75)	200	20	0,08	21	0,07
1ЕМ-97Д (УСВ667, УСТ-2А, УСТ-2М)	200	18	0,08	19	0,07
"Вестфалия Люнен"	150	18	0,11	19	0,10
КМ-87Э	170	18	0,08	19	0,07
КМ-87П, КМ-87УМП	170	20	0,10	21	0,08
КМ-87ДН, КМ-87, ДНПС	150	19	0,08	20	0,07
КМ-88 (КМ-87УМА)	170	20	0,10	21	0,09
МК75, 2МКЭ, 1МКМ	100	18	0,07	19	0,06
КМ81	120	18	0,1	19	0,08

Продолжение таблицы 38

ОКП	100	18	0,07	19	0,06
ОКП-70	100	21	0,1	23	0,07
КМ-130	100	27	0,15	28	0,09

Таблица 39

Коэффициент увеличения норматива на осложняющие ведение работ горно-геологические и технические факторы (k_1)

Наименование фактора	Обозначение	Величина поправочного коэффициента	Примечание
Угол наклона монтажной (демонтажной) камеры, град. 9-18 14-30 30-35	$k_{1,1}$	1,05 1,16 1,30	Применяется при определении нормативов продолжительности монтажа и демонтажа оборудования
Обводненность монтажной (демонтажной) камеры	$k_{1,2}$	1,05	— "
Сложная гипсометрия	$k_{1,3}$	1,1	Применяются при монтаже (демонтаже) оборудования лавы и примыкающих выработок
Сложность схемы внутришахтного транспорта по доставке оборудования	$k_{1,5}$	1,1	Применяется при доставке (выдаче) оборудования двумя и более видами транспорта
Перемонтаж оборудования без выдачи на поверхность при применении мехкомплексов для тонких пластов средней мощности	$k_{1,6}$	1,6 1,4	Применяется при определении нормативов продолжительности монтажа оборудования лавы
Транспортировка и монтаж (демонтаж) секции крепи по узлам	$k_{1,7}$	1,25	— "

Примечание: В особых случаях при ведении монтажных работ сверху вниз и при демонтаже с выдачей секции на верхний штрек величину поправочного коэффициента принимать равной 1,1.

Таблица 40

Режим работы	3x6	4x6	2x6	3x7	2x7
k_2, k_3	1,0	0,75	1,5	0,85	1,3

Таблица 41

Нормативы продолжительности монтажа, демонтажа, перемонтажа оборудования участка с механизированными комплексами и агрегатами и ввода участка в эксплуатацию для условий разработки крутых и крутонаклонных пластов

Типы очистных комплексов	Базовая длина лавы, м дб	Монтаж оборудования			Демонтаж оборудования			Ввод участка в эксплуатацию. Базовое значение норматива, таб. сут
		базовое значение норматива мб, сут	поправка норматива на 1 м изменения длины забоя д, сут/м	поправка норматива на 1 м изменения длины столба ст, сут/м	базовое значение норматива дб, сут	поправка норматива на 1 м изменения длины забоя д, сут/м	поправка норматива на 1 м изменения длины столба ст, сут/м	
1КГУ	120	24	0,156	0,042	23	0,167	0,035	6
2КГУ	120	25	0,164	0,042	23	0,167	0,035	6
3КГУ	120	30	0,206	0,042	23	0,167	0,035	6
1АЩ	40	23	0,500	0,020	16	0,317	0,035	6
АНЦ	60	34	0,500	0,020	24	0,286	0,035	6
АКЗ	60	43	0,250	0,042	26	0,450	0,035	6
КПК-1	100	45	0,180	0,042	29	0,860	0,035	6

Таблица 42

Значение коэффициентов, учитывающих влияние осложняющих факторов

Наименование осложняющего горно-геологического или горно-технического фактора	Условное обозначение по методике	Величина коэффициентов		Примечание
		монтажа	демонтажа	
Неустойчивые боковые породы	к1,1	1,2	1,25	
Опасность пластов по внезапным выбросам угля	к1,2	1,2	1,12	Применяется при монтаже и демонтаже щитовых агрегатов
Опасность самовозгорания угля	к1,3	1,05	1,12	
Обводненность участка	к1,4	1,05	1,1	

Продолжение таблицы 42

Монтаж комплексов в нижнем этаже	к1,5	1,1	-	Применяются при монтаже и демонтаже комплекса КПК и агрегата ЛКВ
Демонтаж перекошенных секций и посаженных на жесткую базу	к1,7	-	1,3	
25% секций		-	1,7	
25-50% секций 50% и выше		-	2	
Увеличение температуры воздуха выше нормы (36 °С согласно § 148 ПБ)	к1,8	1,05	1,05	
1-3		1,11	1,11	
3-5		1,18	1,18	
5-7		1,33	1,33	
7-9				
Перемонтаж оборудования без выдачи на поверхность	к1,9	1,26		Применяется для определения продолжительности монтажа в новом забое

4.1.4. Графики монтажа оборудования

Применяются как сетевые так и ленточные графики производства монтажных работ.

При сетевом моделировании монтажных работ ставится одна из следующих задач:

- выбор такой технологически допустимой последовательности работ, которая обеспечивает минимальную продолжительность монтажа;

- при заданном сроке монтажа выбрать такую последовательность работ, которая обеспечит минимальную трудоемкость;

- при заданном количестве трудовых ресурсов выбрать наилучшую технологию и организацию монтажных работ.

На рис.38 представлен сетевой график последовательности выполнения работ по монтажу механизированного комплекса при максимальном их совмещении. Фиктивные работы в график не внесены.

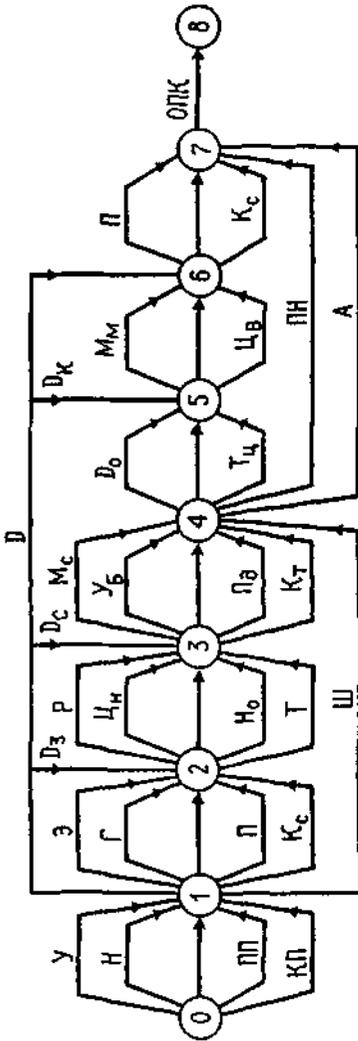


Рис.38 Сетевой график монтажа оборудования механизированных комплексов типа 1КМ88, 2КМ87
 События: 0 - начало монтажных работ, 1 - окончание подготовительных работ, 2 - окончание работ на вентиляционной штреке, 3 - окончание работ по подготовке секций крести к монтажу, 4 - окончание монтажа секций крести, 5 - окончание работ по подготовке комбайна к монтажу, 6 - окончание работ по монтажу лавной части комплекса, 7 - окончание работ по монтажу комплекса на откаточном штреке и пуско-наладочных работ, 8 - начало плановой работы по добыче

На графике обозначено:

У - установка монтажных приспособлений и устройств;

Н - устройство настила, укладка направляющих, настилка рельсовых путей;

ПП - устройство приемной площадки;

КП - устройство комплектовочной площадки.

Все эти подготовительные работы должны быть выполнены до начала доставки и монтажа оборудования и могут выполняться параллельно.

D - доставка оборудования;

D_з - доставка забойного конвейера;

D_с - доставка секций крепи;

D_к - доставка комбайна;

Э - монтаж энергопоезда;

Г - установка монтажного гидрооборудования;

П - установка привода конвейера;

КС - монтаж крепи сопряжения;

Ш - монтаж штрекового оборудования;

Р - монтаж линейных секций (рештаков) конвейера;

Ц_н - укладка нижних цепей конвейера;

Ц_в - укладка верхней цепи конвейера;

Н_о - установка навесного оборудования;

Т - прокладка магистральных трубопроводов;

М_с - монтаж секций крепи;

У_б - установка направляющих балок;

П_д - подсоединение домкратов;

К_т - крепление трубопроводов и подсоединение рукавов;

D_о - демонтаж и выдача из лавы монтажной оснастки;

Т_ц - сборка траковой цепи кабелеукладчика;

А - монтаж аппаратуры управления, связи, сигнализации и совещания;

М_к - монтаж комбайна;

ПН - пуско-наладочные работы;

ОПК - опробование и приемка комплекса комиссией.

На рис.39 представлен ленточный укрупненный график организации работ по монтажу комплекса КМ81Э.

В графике работ нет исполнителей №14-16 - это три дежурных электрослесаря - на каждую рабочую смену по одному.

Рекомендуемый рациональный состав монтажной бригады с учетом непрерывной рабочей недели и скользящими днями отдыха представлен в таблице 43.

Таблица 43

Профессия	Разряд	Кол-во
Комплексный бригадир	IV	1
Сменный бригадир	IV	5
Электрослесари подземные	IV	4
Электрослесари подземные	III	8
Горнорабочие с правами лебедчика	III	12
Электрослесари подземные	II	4
Горнорабочие подземные	II	4
Электрослесари по ремонту оборудования (поверхностные)	III	11
Рабочие на поверхности шахты	II	1
Всего		50

Распределение обязанностей внутри сменных бригад и звеньев с учетом опыта и квалификации каждого рабочего производят комплексные и сменные бригады.

Определение численности монтажной бригады с учетом работ по погрузке, разгрузке и доставки оборудования должны производиться в соответствии с Инструкцией по монтажу и демонтажу механизированных комплексов, Типовым положением о монтажно-наладочных участках и нормах продолжительности выполнения монтажно-демонтажных работ.

На рис.40 дана принципиальная схема организации демонтажа оборудования комплексно-механизированных участков.

4.2. Монтаж проходческих щитов

При глубинах заложения тоннелей (коллекторов) до 12-15 м монтажная камера проходит прямо с поверхности и щит монтируется на промплощадке с последующим опусканием в монтажную камеру в собранном виде. Этот метод технически и экономически эффективен при использовании технически сложных щитов с аппаратурой и механизмами автоматизации режимов работы и управления. При этом не только сокращаются сроки монтажа, но и существенно повышается качество работ.

Этот метод был применен в Мосметрострое при монтаже щита фирмы "Вайс унд Фрайтаг" массой 320 т, диаметром 5,6 м с опусканием его в камеру глубиной 20 м с размерами 24x24 м.

При больших глубинах заложения тоннелей монтаж щитов ведется в подземных монтажных камерах, сооружаемых на оси проходимого тоннеля.

Щиты малых и средних диаметров (до 4 м) могут опускаться по стволу шахты.

Монтаж, как правило, выполняют специализированные монтажные организации, а в отдельных случаях - заводы-поставщики оборудования. Важнейшее условие повышения эффективности работ, связанных с монтажом, - комплексная механизация процессов в сочетании с укрупненной сборкой оборудования.

4.2.1. Подготовка и оборудование монтажной камеры

К камерам любого назначения при приемке предъявляют следующие общие требования готовности под монтаж: крепление забоя должно соответствовать паспортным данным; не должно быть течей; в камере должны быть приспособления для подвески грузоподъемных средств (балки, рымы, крюки и т.п.); направляющие в лотке (для щитовых камер); освещение; подъезды и подходы достаточной ширины, проемы для подачи оборудования. В заключение сдачи-приемки составляют двусторонний акт, в

котором отмечается, что сооружение соответствует требованиям проекта и условия нормального и безопасного ведения работы обеспечены.

В монтажную зону включается непосредственно монтажная камера (рис. 41) и не менее 10 м тоннеля, примыкающего к монтажной камере. Монтажная зона ограждается барьером 6. Лица, не имеющие отношения к монтажным работам, в монтажную зону не допускаются. Внизу монтажной щитовой камеры вплоть до забоя из монолитного бетона устраивают направляющий лоток (опорную подушку) с утопленными в него рельсами 1. Внутренний диаметр "постели" должен соответствовать наружному диаметру щита с накладками. Рельсы 1, выступая не менее 50 мм из бетона, обеспечат правильный монтаж щита и его последующее выдвигание из камеры. Обычно устанавливают четыре направляющих рельса, которые располагают между накладками щита, что позволяет избежать его закручивания при передвижке по "постели" до забоя. Направляющие рельсы 1 устанавливают с погрешностью ± 5 мм в плане и профиле.

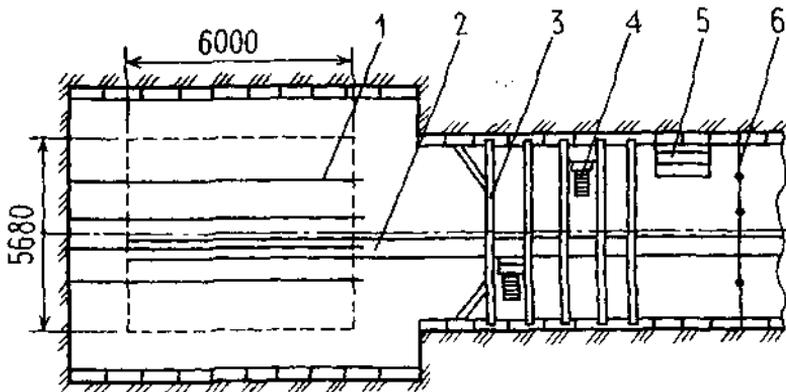


Рис. 41 Монтажная щитовая камера (план). 1 - направляющие рельсы, 2 - опоры, 3 - балки перекрытия, 4 - лебедка, 5 - стеллаж, 6 - ограждение монтажной зоны.

В верхней части участка тоннеля, примыкающего к монтажной камере, в 3... 5 м от нее устраивают перекрытие антресольного типа на балках 3 (настил из досок условно не показан), на котором размещают две лебедки 4 грузоподъемностью 5 т для затаскивания в монтажную камеру составных частей и деталей щита и последующего монтажа их (с применением полиспастов). В пределах монтажной зоны у одной из стен выработки устраивают стеллаж 5, на котором раскладывают крепеж по размерам. В монтажной камере после доставки исполнительного органа 1 (рис.42) механизированного щита и нижних сегментов ножевого, опорного (ножеопорного) колец и оболочки щита, а также установки упоров 2 (рис.41) временные откаточные пути разбирают.

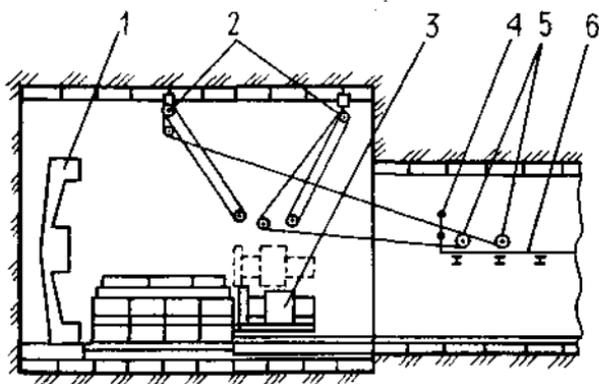


Рис. 42 Монтажная щитовая камера (вертикальное сечение по оси камеры)
 1 - исполнительный орган щита, 2 - полиспасты, 3 - главный вал щита,
 4 - ограждение, 5 - лебедка, 6 - настил

В сводовой части монтажной камеры за ребра тубингов закрепляют полиспасты 2 (рис.42) по три нитки, а на стенах - отводные блоки, устраивают настил 6 и лестницу для доступа на настил. Работают на настиле с применением предохранительных поясов.

До начала монтажа в камере сосредоточивают также тали, домкраты, канаты, блоки, проушины, подвески, клиновые прокладки.

При щитовой проходке тоннелей мелкого заложения щиты в большинстве случаев монтируют в открытой монтажной камере, оборудованной в котловане, с применением грузоподъемных кранов. Наряду с этим монтажная камера оснащается такелажными механизмами и приспособлениями согласно ППР. В монтажной камере маршейдеры задают проектную продольную ось щита (закрепляют в своде не менее чем тремя точками), нормаль к продольной оси щита и проектную отметку условного горизонта, связанного с центром щита.

Конструкция демонтажных камер отличается от монтажных тем, что в демонтажных камерах нет торцовых стен, заменяемых временной крепью.

4.2.2. Монтаж комплекса тоннельного типа КТ1-5,6

Комплекс КТ1-5,6 преимущественно используется при сооружении тоннелей глубокого заложения, поэтому его чаще монтируют в монтажных камерах. При длине примыкающего к монтажной камере тоннеля 35... 40 м комплекс собирают в такой последовательности: монтируют щит, устанавливают технологическую платформу 11 (рис.43), способом наращивания от щита монтируют транспортный мост 7, монтируют укладчик обделки 6; собирают гидро- и электрооборудование.

Для сокращения сроков монтаж организуют так: сооружают примыкающий тоннель длиной 50... 60 м и в нем параллельно монтируют щит, технологическую платформу на расстояние 10... 15 м от щита, транспортный мост с укладчиком обделки на расстоянии 10... 15 м от щита. Транспортный мост с укладчиком обделки и технологическую платформу перемещают к щиту и соединяют с ним. После этого монтируют гидро- и электрооборудование.

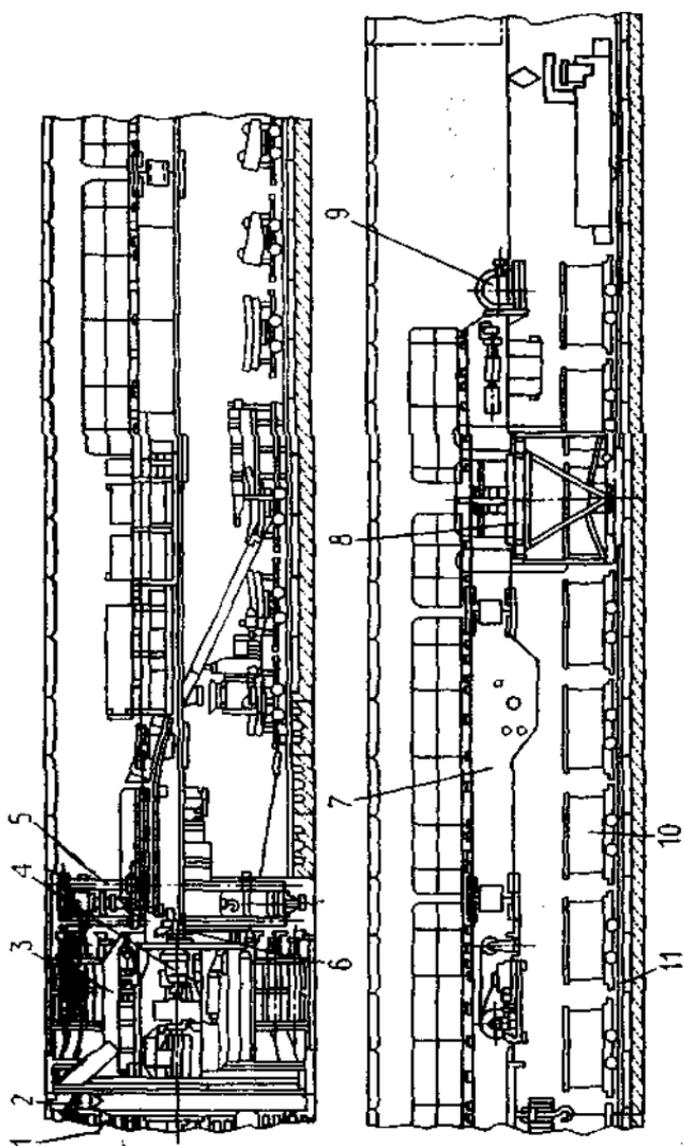


Рис.43 Проходческий щитовой комплекс КТ1-5, 6, 1...11 - сегменты ножевого кольца

Первыми в монтажную камеру доставляют сборочные единицы исполнительного (режущего) органа, диафрагмы, оболочки ножевого и опорного колец, рамы режущего органа, щитовые гидроцилиндры, механизм подачи и привод режущего органа, зашивки ножевого и опорного колец, перегородок, гидроблоков и лестницы. Сборочные единицы режущего органа, диафрагмы и зашивки ножевого кольца складировать у лба забоя.

Монтаж начинают со сборки нижней части корпуса щита из шести сегментов ножевого кольца (рис.44) 6, 7, 8, 9, 10, 11, трех сегментов опорного кольца К6, К7, К8 и пяти сегментов оболочки 06, 07, 08, 09, 010 (рис.45).

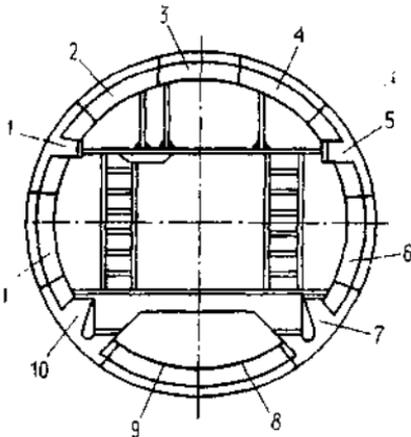


Рис.44
Схема ножевого кольца щита
КТ1-5, 6
1... 11 - сегменты ножевого кольца

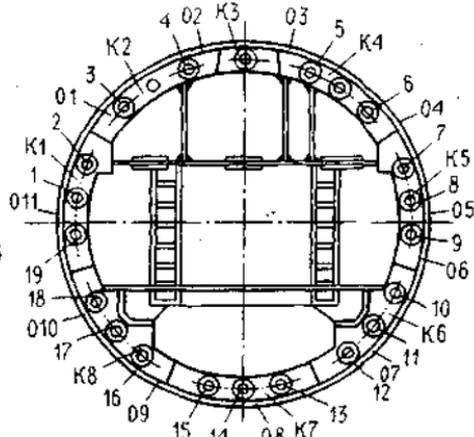


Рис.45
Схема опорного кольца щита
КТ1-5, 6
К1... К8 - сегменты опорного кольца,
1...011 - сегменты оболочки,
1... 19 - щитовые домкраты

Передняя часть сегментов ножевого кольца имеет проточку по внутреннему диаметру, в которую заходит диафрагма и режущий орган в корпус щита. На торцевой поверхности ножевого кольца, обращенной к опорному кольцу, сделан кольцевой выступ, а на торцевой поверхности опорного кольца, обращенной к ножевому кольцу - кольцевой шпоночный паз. При соединении колец коль-

цевой выступ выполняет роль шпонки. В сегментах опорного кольца в продольном (осевом) направлении предусмотрены отверстия для установки щитовых гидроцилиндров.

Первыми на направляющие рельсы в лотке монтажной камеры укладывают литые сегменты 8 и 9 ножевого кольца (рис.44), вслед за ними - сегмент К7 опорного кольца и сегменты 07, 08 и 09 оболочки (рис.45). Все уложенные сегменты соединяют между собой с помощью штифтов и болтов. Маркшейдер проверяет, правильно ли они уложены по отношению к проектной продольной оси комплекса, и дает разрешение на дальнейший монтаж. Перед возобновлением сборки сегменты 8 и 9 ножевого кольца прихватывают сваркой.

Затем постепенно наращивают симметрично относительно продольной оси сегменты 6, 7, 10, 11 ножевого кольца; сегменты К6, К8 опорного кольца и сегменты 06, 010 оболочки. Сегменты всех колец имеют торцовые фланцы для взаимной стыковки с помощью болтовых соединений. В образовавшуюся "подкову" нижней части корпуса щита в гнезда опорного кольца устанавливают и закрепляют болтами девять щитовых гидроцилиндров 10... 18.

К сегментам опорного кольца К6 и К8 крепят раму с гидроцилиндрами подъема и опускания исполнительного органа. Рама представляет собой сборную металлоконструкцию, которая связывает нижнюю часть корпуса щита и служит для размещения на ней механизма подачи исполнительного органа. Боковые вырезы в раме предназначены для установки болтов и удобства строповки. В хвостовой части рамы есть отверстия для крепления опоры и упор для крепления гидроцилиндра подачи исполнительного органа, ей эти же сегменты (К6 и К8) устанавливают станину с гидроцилиндром подачи исполнительного органа и крепят их к раме. Затем на станину поднимают корпус редуктора, заднюю опору и направляющие исполнительного органа.

В отверстия сегментов 6 и 11 ножевого кольца вставляют элероны.

Устанавливают моторные кронштейны главного вала в сборе, крышку и электродвигатель, присоединяют промежуточные редукторы и электродвигатели к корпусу редуктора и моторным кронштейнам.

В монтажную камеру доставляют очередные сегменты корпуса щита, щитовой конвейер, опоры, транспортный мост. Смонтированную ранее подкову симметрично наращивают: сегментами 1 и 5 ножевого кольца; К1 и К5 опорного кольца; 05 и 011 оболочки. На сегментах К1 и К5; 1 и 5 крепят верхнюю перегородку и лестницы. Перегородка представляет собой листовую стяжку с литыми кронштейнами по бокам и служит для увеличения жесткости корпуса щита. Вместе с тем перегородка служит базой для крепления щитового конвейера, щитовых гидрпанелей, пульта управления и сиденья машиниста щита, закрепив все эти сборочные единицы к верхней перегородке, монтируют верхнюю часть диафрагмы из сегментов 1, 4; распорки 2 и течи 3, зашивают центральную часть.

Смыкание колец корпуса щита обеспечивает установка и закрепление в проектном положении сегментов 2, 4, 3 ножевого кольца (см. рис.44); К2, К4, К3 опорного кольца (рис.46). Благодаря этому можно установить десять щитовых гидроцилиндров 1... 9,19 в верхней части щита. После установки и крепления к раме и верхней перегородке опоры собирают четыре сегмента 01, 02, 03, 04, замыкая кольцо оболочки, и закрепляют их.

Затем монтажные работы смещаются к забою, где на вал устанавливают и закрепляют крестовину (рис.46) исполнительного органа.

На крестовине монтируют режущий орган из четырех лучей 2, 3, 9, 10; четырех ковшевых сегментов с двенадцатью ковшами 6; четырех экранов 7.

Зашивают ножевое и опорное кольца, монтируют транспортный мост (рис.43) из шести секций, предвари-

тельно установив на промежуточную секцию тележку электротали. К секции транспортного моста крепят заднюю опору 8. На транспортном мосту собирают конвейер: устанавливают и закрепляют в роликоопорах верхние и нижние ролики, запасывают и сшивают ленты. По транспортному мосту укладывают металлические настилы и крепят их к секциям моста.

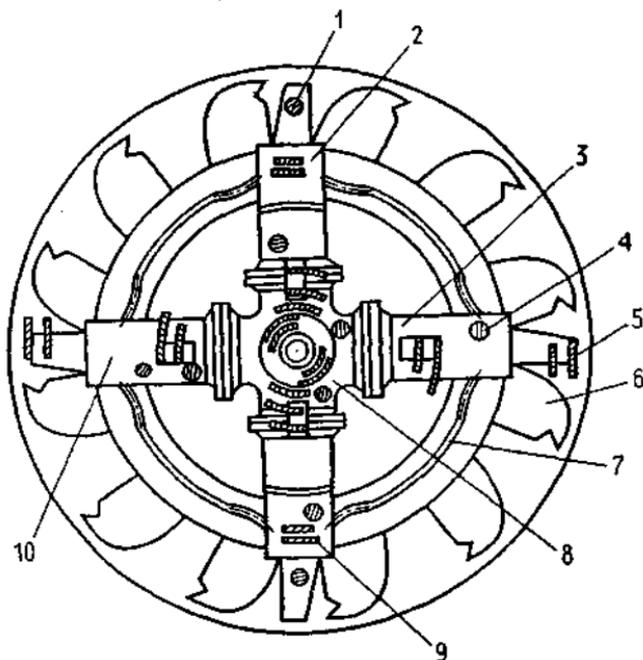


Рис. 46 Исполнительный орган щита КТ1-5,6
 1, 4, 5 - породоразрушающий инструмент, 6 - ковш ротора
 2, 3, 9, 10 - лучи ротора, 7 - экраны, 8 - крестовина

Последними доставляют сборочные единицы укладчика обделки, электро- и гидрооборудования, технологической платформы, троллейные барабаны и смазочную станцию. К секциям транспортного моста крепят привод тележки, систему блоков, лестницы, ограждения, электрошкафы, маслобаки, кронштейны, троллейные барабаны, опорную тележку.

Опорная тележка является базовой конструкцией для монтажа укладчика обделки. Сначала к тележке крепят верхнюю секцию, затем правую и левую. На них навешивают приводы проталкивающего механизма укладчика.

С корпусом щита тягами соединяют технологическую платформу - сварная металлоконструкция из листовой стали и профильного проката. На платформе предусмотрены площадки с кронштейнами для бункера сухой смеси, питателя скребкового, растворагнетателя, а с противоположной стороны - противовеса.

Гидросистемы разводят после установки каждой очередной составной части комплекса. После установки электрических аппаратов, разводки кабельной сети и заземления оборудования (эти работы выполняют электро-монтажники) монтаж комплекса считается завершенным.

Раздел 5. Техническая диагностика горных машин и оборудования

Развитие средств и методов технической диагностики применительно к условиям работы горношахтного оборудования является важным фактором дальнейшего совершенствования процесса эксплуатации оборудования, обеспечивающего ее безопасность и возможность предупреждения аварийных режимов работы и внезапных отказов.

Диагностирование должно являться составной частью технического обслуживания и ремонта оборудования и должно обеспечивать его проведение по фактическому техническому состоянию при решении следующих основных задач: определение вида технического состояния оборудования; поиск места дефекта; определение причин появления дефектов и выдача рекомендаций по их устранению; прогнозирование технического состояния оборудования; контроль правильности действия эксплуатационного персонала по эксплуатации оборудования; накопление статистического материала для совершенствования технологии изготовления и режимов эксплуатации вновь создаваемых машин.

Наиболее эффективными методами диагностирования являются виброакустический, пневмогидравлический, кинематический и электромагнитный (рис.47). Диагностические признаки, определяющие техническое состояние, вызываемые различного рода дефектами, следует оценивать по следующим состояниям: структурному (геометрия, взаимосвязь деталей, состояние материала деталей); функциональному (эксплуатационные показатели и характеристики рабочего процесса и процесса регулирования); вибрационному (совокупность колебательных процессов).

Значительное число дефектов (до 60%) составляют прочностные дефекты, что объясняется сложностью и недостаточным совершенством динамических расчетов, а

Раздел 5. Техническая диагностика горных машин и оборудования

Развитие средств и методов технической диагностики применительно к условиям работы горношахтного оборудования является важным фактором дальнейшего совершенствования процесса эксплуатации оборудования, обеспечивающего ее безопасность и возможность предупреждения аварийных режимов работы и внезапных отказов.

Диагностирование должно являться составной частью технического обслуживания и ремонта оборудования и должно обеспечивать его проведение по фактическому техническому состоянию при решении следующих основных задач: определение вида технического состояния оборудования; поиск места дефекта; определение причин появления дефектов и выдача рекомендаций по их устранению; прогнозирование технического состояния оборудования; контроль правильности действия эксплуатационного персонала по эксплуатации оборудования; накопление статистического материала для совершенствования технологии изготовления и режимов эксплуатации вновь создаваемых машин.

Наиболее эффективными методами диагностирования являются виброакустический, пневмогидравлический, кинематический и электромагнитный (рис.47). Диагностические признаки, определяющие техническое состояние, вызываемые различного рода дефектами, следует оценивать по следующим состояниям: структурному (геометрия, взаимосвязь деталей, состояние материала деталей); функциональному (эксплуатационные показатели и характеристики рабочего процесса и процесса регулирования); вибрационному (совокупность колебательных процессов).

Значительное число дефектов (до 60%) составляют прочностные дефекты, что объясняется сложностью и недостаточным совершенством динамических расчетов, а

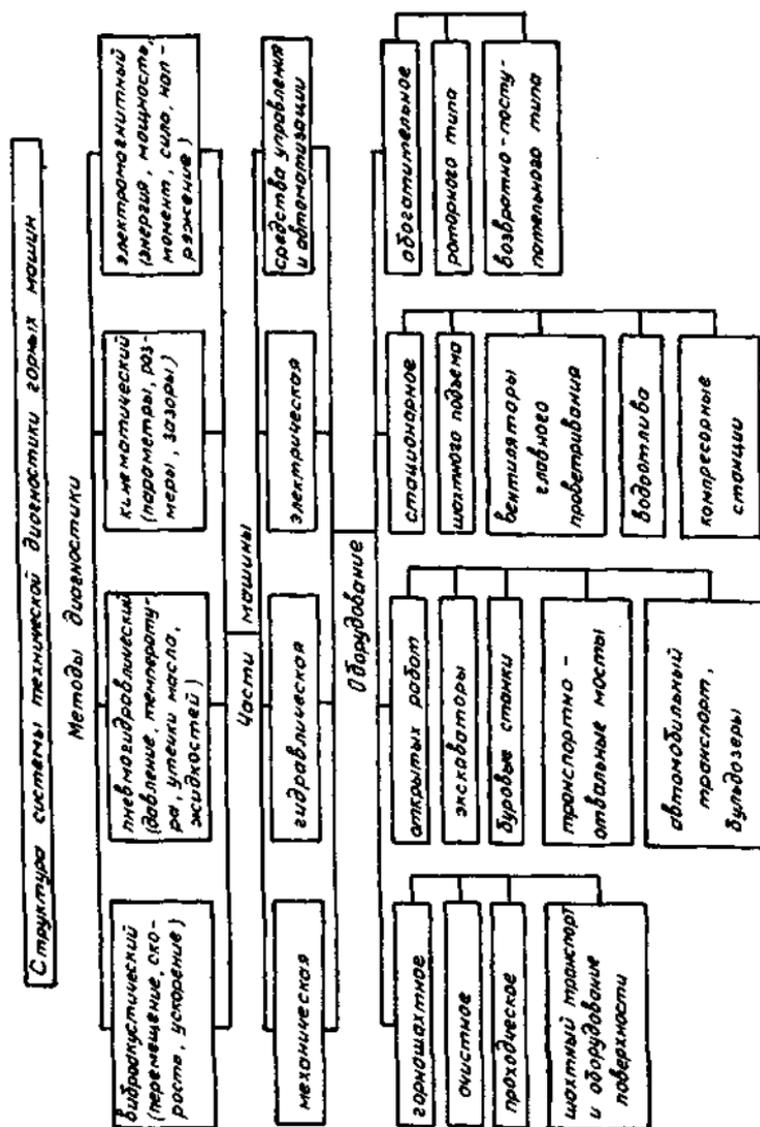


Рис. 47 Структура системы технической диагностики горных машин

также упрощенными представлениями о физике колебательных процессов и вызываемых ими напряжениях.

Значительную роль в обнаружении подобных дефектов играет виброакустическая диагностика, так как возникающие при работе машины вибрации достаточно полно отражают относительное состояние детали или узла, позволяют судить о возникающих динамических нагрузках, а также обнаруживать причины дефектов и прогнозировать техническое состояние (ТС) исследуемых элементов.

5.1. Система диагностирования, диагностические признаки и методы диагностирования

Широкий диапазон условий и режимов эксплуатации горных машин, значительная вариация начального уровня качества как новых машин, так и полученных из капитального ремонта приводят к значительному разбросу скорости потери работоспособности машины и достижения предельного состояния.

Значение момента и характера изменения состояния, а также причины, вызвавшей данное изменение, позволяет предупредить отказ, принять правильное решение и провести профилактический ремонт. Знание же действительного технического состояния и режима работы позволяет использовать технику наиболее эффективно. Для его определения необходимо, во-первых, установить, какие параметры и каким способом следует определить и, во-вторых, какими средствами необходимо провести данное исследование.

Таким образом, система диагностирования включает методы и средства определения действительного состояния объекта, т.е. является системой контроля и одновременно основным задающим звеном процесса управления состоянием объекта. Средства и методы контроля должны быть удобны в эксплуатации, обеспечивать осуществление контроля в минимальное время, проводить его без

разборки машины и желательно без нарушения ее работы. Сами же объекты эксплуатации должны быть приспособлены для диагностического контроля, иметь встроенные датчики и приборы (мощности, давления, напряжения сети, температуры, вибрации, усилий, расхода воздуха и др.) или возможность периодически подключаться к контролирующим устройствам.

Разработка системы диагностирования объекта включает ряд этапов (рис.48).

На первом этапе определяются условия работоспособности, т.е. предельно допустимое состояние объекта при количественных и качественных изменениях параметров отдельных элементов объекта. Этот этап неразрывно связан со вторым - выбором критериев оценки степени работоспособности, а именно контролируемых параметров и допустимого диапазона их изменений. К ним относятся: допустимое снижение тягового усилия, начального распора секций крепи, загрязнение смазки, температура корпуса редуктора, давление в гидросистеме, виброскорости отдельных точек и др.

В общем техническое состояние объекта можно определить, контролируя либо его параметры и характеристики, либо оценивая качество выполняемых им функций. При этом параметр определяется как физическая или математическая величина, характеризующая состояние элемента или объекта, а характеристика представляет собой зависимость одного параметра от другого или от времени.

Кинематические, геометрические, статические и динамические, механические и молекулярные, тепловые, акустические, электрические и магнитные параметры представлены на таблице 44.

Процесс определения действительного состояния объекта должен осуществляться по обоснованной программе и разработанным алгоритмам диагностирования.

Алгоритмы диагностирования разрабатываются на основе диагностических моделей, которые представляют

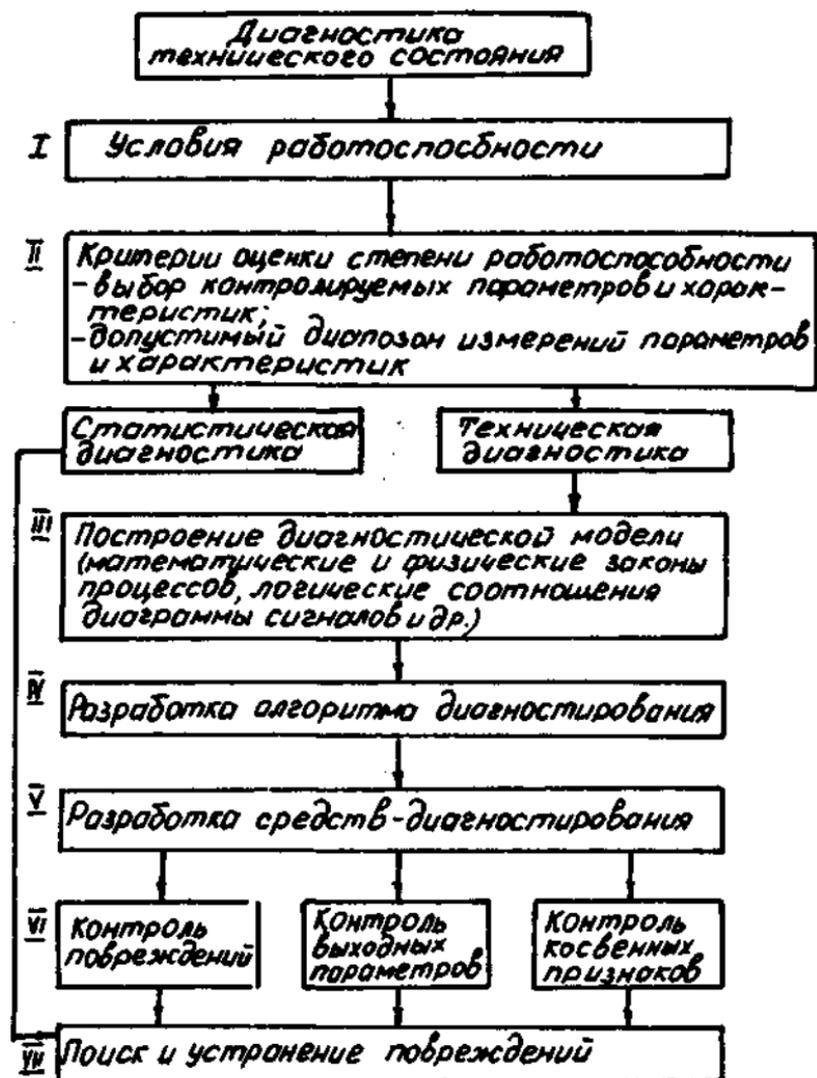


Рис. 48 Этапы разработки системы диагностирования

собой аналитические описания или графоаналитические представления основных свойств технических объектов как объектов диагностирования, выраженные в виде математических и физических законов, процессов, логических соотношений, диаграмм записываемых сигналов. Диагностическая модель предусматривает формулировку условий работоспособности и неработоспособного состояния, наличие критериев оценки степени работоспособности и установление признаков и причин возникших неисправностей.

На основе диагностической модели разрабатываются алгоритмы диагностирования, представляющие совокупность операций, выполняемых в определенной последовательности с целью решения конкретной диагностической задачи. Получаемые в результате измерений (записей) средствами диагностики диагностические сигналы (признаки, параметры) могут быть разбиты на три группы: повреждения, выходные параметры, косвенные признаки, которым потери соответствуют три метода диагностирования.

1. Контроль повреждений, которые приводят или могут привести к отказу элемента или объекта в целом: деформация, износ, коррозия, усталостные напряжения, изменения физико-химических свойств и другие являются диагностическими признаками, по которым можно сделать вывод о техническом состоянии.

Повреждения чаще всего являются первопричиной отказа, но контролировать их в полном объеме очень трудно. Поэтому диагностирование повреждений проводят лишь при установлении снижения работоспособности машины. Однако имеются объекты, требующие непрерывного контроля повреждений по правилам безопасности (силовые кабели) или регулярного контроля (канаты подъемных машин), а также элементы, определяющие работоспособность машин или системы в целом (гидромагистраль механизированных комплексов и др.).

2. Контроль выходных параметров (мощность, скорость, усилие, крутящий момент). Эти параметры дают ответ о работоспособности объекта, но, как правило, не определяют место и вида повреждения. Поэтому при их отклонении от нормы или приближений к границе допустимого изменения приступают к контролю повреждения.

3. Контроль косвенных признаков (состояние смазки, температура элемента, давление в системе, вибрация, уровень шума, АЧХ, входное напряжение сети и др.). Контроль работоспособности изделия по косвенным признакам позволяет дать интегральную характеристику состояния объекта, предупредить развитие повреждения и своевременно произвести профилактические работы.

Преимуществом контроля косвенных признаков является его проведение в процессе работы без остановки и разборки машины, но часто отыскание связи между косвенным признаком и выходным параметром затрудняется из-за воздействия посторонних факторов, накладывающихся на косвенный признак.

Завершающим этапом системы диагностирования является поиск и устранение повреждений, ведущих к снижению работоспособности объекта.

Таблица 44

Параметры диагностирования (физические)

Группа параметров	Параметры
Кинематические	Время, скорость, ускорение, угловая скорость, угловое ускорение, период, частота периодического процесса, фаза, объемный расход, плотность объемного расхода, градиент скорости
Геометрические	Длина, площадь, плоский угол, телесный угол, кривизны линий, кривизна поверхности, момент сопротивления плоской фигуры, осевой и полярный момент инерции площади плоской фигуры.
Статические и динамические	Масса, сила, импульс силы, количество движения, давление, градиент давления, работа, энергия, объемная плотность, энергия, мощность, коэффициент трения, коэффициент сопротивления, коэффициент упругости, момент силы, момент инерции, расход, молекулярная скорость потока, затухание.

Продолжение таблицы 44

Механические и молекулярные	Плотность, удельный объем, удельный вес, количество вещества, относительная молекулярная масса, молярная масса, молярный объем, коэффициент продольного растяжения, модуль продольной упругости, коэффициент всестороннего сжатия, твердость, ударная вязкость, динамическая вязкость, текучесть, кинематическая вязкость, коэффициент поверхностного натяжения, концентрация, коэффициент диффузии, функция распределения
Тепловые	Температура, количество теплоты, температурный градиент, тепловой поток, поверхностная плотность теплового потока, энтропия, теплоемкость (объемная и удельная), теплота фазового превращения, теплота сгорания топлива, коэффициент теплопроводности, коэффициент теплопередачи, коэффициент температуропроводности, температурные коэффициенты
Акустические	Звуковое давление, объемная скорость, звуковая энергия, плотность звуковой энергии, интенсивность звука, акустическое сопротивление, удельное акустическое сопротивление, механическое сопротивление, интенсивность звука, высота звука, тембр звука, громкость звука, акустический коэффициент отражения, акустический коэффициент поглощения, акустическая проницаемость перегородки, время реверберации
Электрические и магнитные	Электрический заряд, поверхностная плотность заряда, напряженность электрического поля, электрическое смещение, поток электрического смещения, потенциал, электрический момент диполя, емкость, поляризованность, диэлектрическая проницаемость, диэлектрическая восприимчивость, сила тока, плотность тока, электрическое сопротивление, электрическая проводимость, удельное электрическое сопротивление, удельная проводимость, магнитная индукция, магнитный поток, напряженность магнитного поля, магнитный момент, магнитодвижущая сила, магнитное сопротивление, индуктивность, взаимная индуктивность, намагнитченность, магнитная проницаемость

5.2. Общая характеристика технических средств диагностики. Анализ диагностического сигнала

Процесс технического диагностирования включает измерительные, контрольные и логические операции, выполняемые оператором и техническими средствами с целью определения действительного технического состояния объекта.

Схема процесса диагностики представлена на рис.49. Информация на объекте диагностики ОД поступает в преобразователь информации ПИ, который выдает результаты оценки РО, используемые для принятия решения Р о необходимости выполнения профилактических работ

или о возможности дальнейшего использования объекта. При этом можно использовать обратные связи B_1 и B_2 либо для уточнения информации, либо для управления объектом диагностирования.

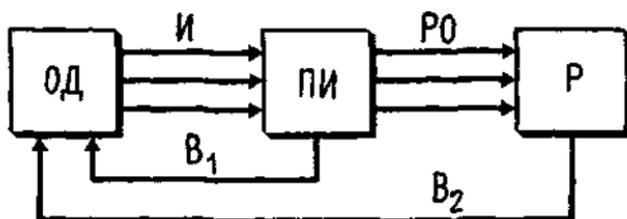


Рис. 49 Схема процесса диагностирования технического состояния оборудования

Выполнение тех или иных функций в процессе диагностирования и их распределение между оператором и техническими средствами обусловлено программой диагностирования, состоящей из отдельных математических и логически связанных алгоритмов диагностирования.

Уровень автоматизации отдельных операций определяет сложность средств и систем диагностирования.

Решение задач технической диагностики, и в частности применение тех или иных средств диагностики, необходимо начинать в процессе проектирования объекта с выбора методов диагностирования и обеспечения возможности их технической реализации. На этом этапе должны быть решены конструктивные вопросы, связанные со встроенными средствами диагностики и возможностью использования внешних средств.

В настоящее время в различных отраслях используются многообразные технические средства, различающиеся по принципу действия, выполнению и назначению.

По самым общим признакам все средства технической диагностики могут быть классифицированы следующим образом.

1. По способу воздействия на объект - активные и пассивные.

2. По принципу диагностирования - для проверки функционирования и оценки параметров или характеристик объектов.

3. По способу представления информации - дискретные и аналоговые.

4. По степени автоматизации - ручные, полуавтоматические и автоматические.

5. По характеру решаемых задач:

- средства для определения работоспособности; средства для определения работоспособности и обнаружения возникшей неисправности;

- средства для определения работоспособности и прогнозирования изменения состояния объекта;

- средства для определения работоспособности, обнаружения неисправности и прогнозирования изменения состояния.

Активные технические средства воздействуют на объект каким-либо сигналом, вызывающим реакцию объекта, используемую для оценки состояния.

Диагностирование, проводимое теми или иными техническими средствами, может быть функциональным, осуществляемым во время работы машины при воздействии рабочих нагрузок, и тестовым, при котором на объект подаются специальные воздействия и по реакции объекта судят о его техническом состоянии.

Весьма важную роль в эффективности диагностирования играет правильность расшифровки диагностического сигнала, его анализа, установления причин изменения регистрируемых показателей, параметров, характеристик по отношению к "эталоны" и достоверность полученной информации.

Эталонные параметр или характеристику получают при их регистрации при номинальных показателях качества объекта, и при последующем техническом диагностировании оценивают степень отклонения в допустимом диапазоне измерений.

Применяемые технические средства диагностирования в зависимости от характера решаемых задач и применяемого принципа диагностирования могут выдавать "простые" и "сложные" сигналы. К простым будем относить сигналы, информирующие об одном параметре.

Например, измерение давления в гидросистеме позволяет оценить работоспособность системы (крепи, насосной станции) и величину изменения его номинального уровня или отклонения к предельному состоянию. При падении давления нужно искать причину и место утечки, при его увеличении - либо местные пережимы или засор трубопровода, либо заклинивание поршня стойки или плунжера, выход из строя предохранительного клапана и др.

В некоторых случаях, особенно при анализе сигнала косвенных признаков, установление истинной причины затруднено. Например, сигнал о повышенной температуре масла или корпуса подшипника качения не позволяет судить о работоспособности последнего, т.к. это может произойти по разным причинам: из-за повышенной нагрузки, повышенной вибрации вала или подшипника, загрязнения смазки или ее недостаточности. В этом случае необходима дополнительная информация для повышения достоверности анализа сигнала.

Значительно большую информацию, чем сигнал в виде одного параметра, несут сигналы, дающие функциональную зависимость, временную характеристику. К ним относятся регистрация крутящих моментов или усилий за цикл, изменения скорости или ускорения элемента во времени, вибрации, акустические явления и др.

Анализ этих данных позволяет из одного сигнала выделить ряд составляющих характеризующих состояние, режима работы различных элементов объекта. То есть сигнал в виде реализации закономерностей процесса может заменить показания целого ряда технических средств, определяющих дискретные значения отдельных параметров.

На рис. 50 приведены возможные варианты результатов диагностирования работоспособности и технического состояния пневмогидроцилиндров, которые оцениваются по эталонной кривой 1, выражающей зависимость скорости движения поршня V при рабочем ходе за время t .

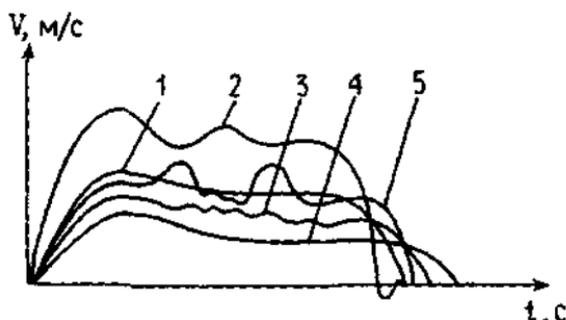


Рис. 50 Возможные варианты результатов диагностирования работоспособности и технического состояния пневмо-гидроцилиндров

Отклонение кривой 2 от эталонной говорит о разрегулировке дросселей и коммутационной аппаратуры, что приводит к высоким динамическим нагрузкам, кривая 3 свидетельствует об износе зеркала цилиндра и кривая 4 - об износе манжет, при котором падает скорость из-за утечки и увеличивается длительность цикла. Кривая 5 свидетельствует о плохой обработке зеркала цилиндра после восстановления.

На рис. 51 приведена структурная схема устройства для определения работоспособности объекта по временной характеристике. Оно работает по дискретному принципу и позволяет сравнивать действительную характеристику с эталонной.

Сравнение осуществляется в точках, определяемых программным блоком ПБ. Степень работоспособности контролируемого объекта характеризуется величиной относительного отклонения характеристики $c_i(t)$:

$$c_i(t) = \frac{f_i(t) - f_{iэм}(t)}{\Delta_i} \quad (122)$$

где $f_i(t)$ и $f_{iэт}(t)$ действительное и эталонное значение временной характеристики;

Δ_i — допуск в i -й точке.

Значения Δ_i и $f_{iэт}(t)$ вырабатываются в блоке формирования эталонов БФЭ, который представляет собой комбинационную схему. Величина $c_i(t)$ вычисляется в арифметическом блоке АБ, который включает сумматор, регистратор памяти и коммутационную схему. Напряжение постоянного тока, поступающего с выхода контролируемого объекта, нормализуется в нормализаторе Н, во вторичном преобразователе ПН, управляемом схемой коммутации СК, кодируется двоичным кодом и подается на обработку в АБ. Затем с выхода АБ контролируемая величина поступает в классификатор К, в котором с помощью дешифратора величина $c_i(t)$ относится к определенной зоне допуска, чем достигается оценка степени работоспособности объекта. Результаты классификаций индицируются индикатором И и регистрируются в блоке регистрации БР.

Существуют также различные типы устройств для определения работоспособности объекта по ограничениям на изменение динамических или статистических характеристик или по совокупности параметров, а также по требованиям выполнения заданных функций в соответствии с определенной логикой.

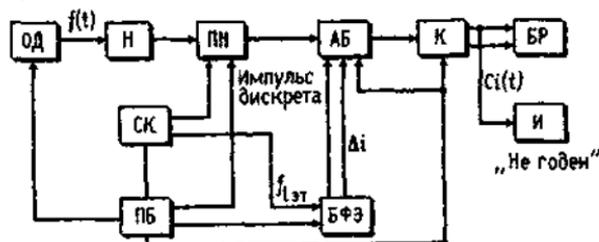
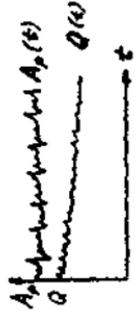


Рис.51 Структурная схема устройства для определения работоспособности объекта по временной характеристике

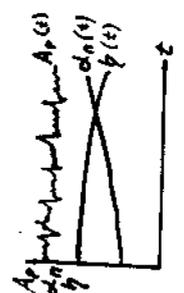
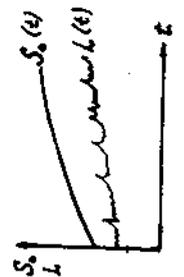
В табл.45 приведен ряд диагностических признаков и характер их изменения для различных узлов оборудова-

Таблица 45

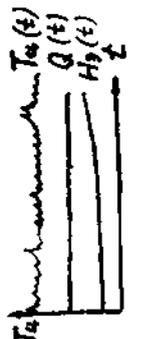
Основные диагностические признаки обслуживания
очистных механизированных комплексов

Тип ГШО	Узел	Основные диагностические	Возможный характер изменения признака	Диагноз
Механи- зированная крепь	Гидросистема	Течь рабочей жидкости q . Пульсация давления P . Скорость перемещения штоков гидродомкратов U . Объемный КПД η_o . Полезная мощность P_n .		Износ системы
	Насосная станция	Полезная мощность P_r . Объемный КПД η_o . Амплитуда пульсаций давления в напорной магистрали A_p . Вибродарные характеристики L . Производительность Q .		Износ элемента гидронасоса
Очистной комбайн	Электрический двигатель	Сопротивление изоляции R		Снижение сопротивления изоляции обмотки статора

Продолжение таблицы 45

Очистной комбайн	Гидравлическая подающая часть	Полезная мощность P_p Объемный КПД η_o Частота вращения вала n Амплитуда пульсации давления A_p Концентрация примесей в рабочей жидкости L_n Виброударная характеристика L		Износ элементов трансмиссии
	Режущая часть (трансмиссия)	Суммарный зазор в передаче S_o Зазор в зубчатых парах S_z Виброакустические характеристики L Мощность механических потерь P_m Концентрация примесей в рабочей жидкости L_n		Износ элементов трансмиссии. Нарушение регулировки элементов трансмиссии и их износ

Продолжение таблицы 45

Скреповый конвейер	Редуктор	Виброакустические характеристики L Рабочая температура корпуса θ Концентрация примесей в масле L_n		Нарушение точности сопряжения элементов трансмиссии и их износ
	Решетчатый ствол и тяговая цепь	Тяговое усилие в цепи T_c Суммарные энергетические затраты (расход энергии) H_p		Износ решетчатого ства, появлению задиров
	Приводная и тяжная головка	Момент сопротивления прокручивания вала M_b		Износ подшипниковых узлов

ния очистных механизированных комплексов. Эти данные могут быть использованы для определения технического состояния оборудования.

5.3. Диагностирование гидропривода

При диагностировании гидропривода могут быть использованы следующие параметры: коэффициент подачи гидронасосов; объемный КПД гидромоторов и гидроцилиндров; механический КПД гидромоторов, гидронасосов и гидроцилиндров, величина пульсации давления, виброакустические параметры, загрязнение рабочей жидкости и др.

Методы диагностирования гидроприводов приведены на рис.52.

Статопараметрический метод основывается на измерении параметров задресселированного установившегося потока рабочей жидкости при постоянных частоте вращения вала насоса и температуре жидкости.

Измерения при диагностировании гидросистем статопараметрическим методом осуществляют с помощью комплекта приборов, включающих в себя расходомер, манометр, термометр и регулируемый дроссель.

При диагностировании гидронасосов чаще применяют последовательную схему включения (рис.53а). Комплект приборов включают между насосом и распределителем. Сначала определяют давление срабатывания предохранительного клапана и при необходимости его настраивают.

Если из-за дополнительных сопротивлений в сливной магистрали не удастся получить достаточно малое давление ($p < 0,05-0,2 p_n$), применяют так называемую байпасную схему (рис.53б), в соответствии с которой выход комплекта приборов соединяют непосредственно с баком системы.

Для диагностирования распределителей комплект приборов включают поочередно на выходы диагностиру

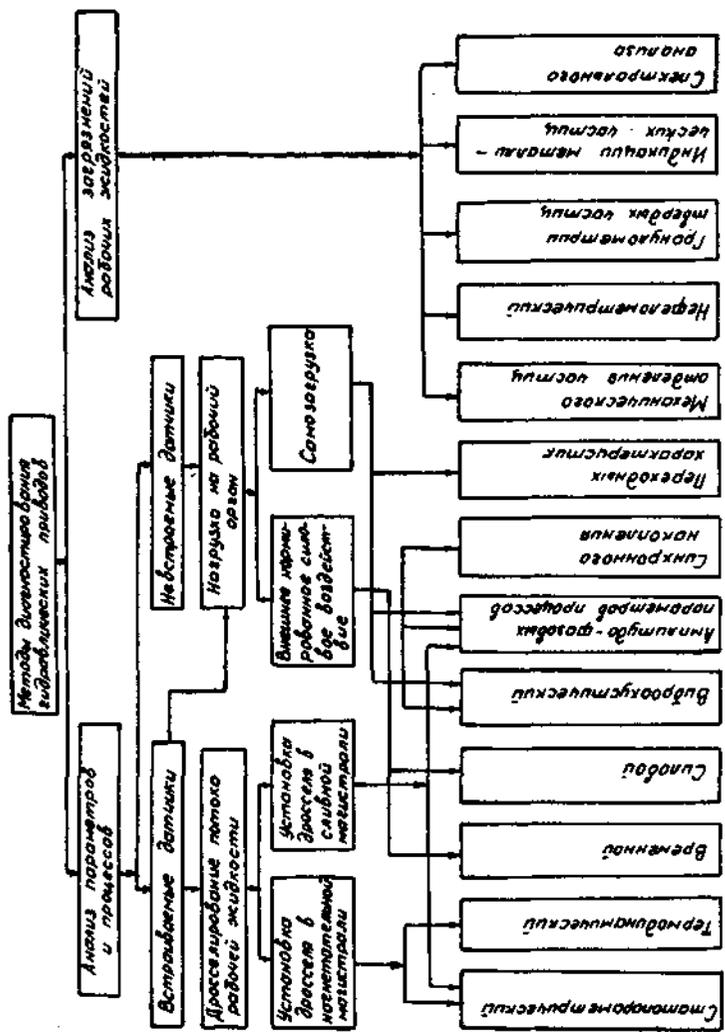


Рис.52 Методы диагностирования гидравлических приводов

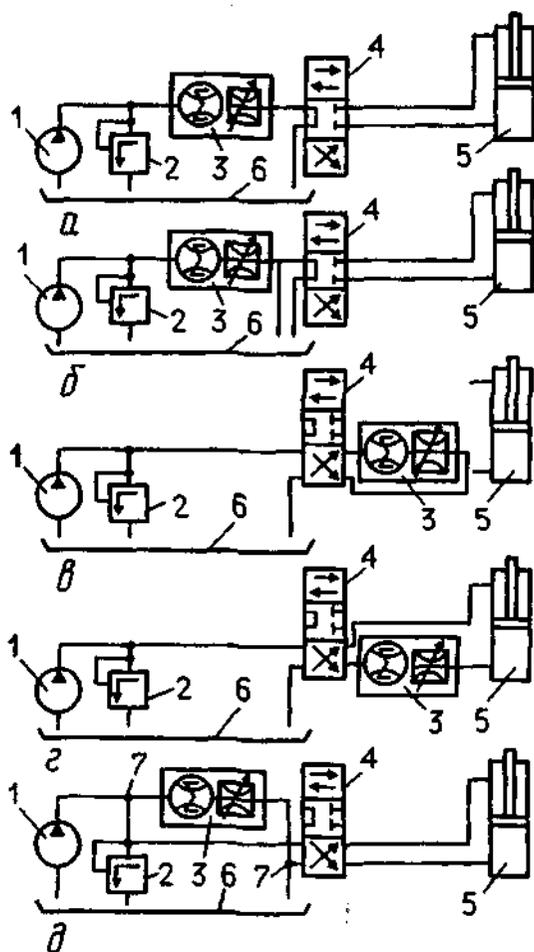


Рис.53 Схемы включения комплекта приборов при диагностировании гидросистемы
 а - последовательная схема, б - байпасная схема, в - схема диагностирования,
 г - схема диагностирования гидроцилиндра, д - Т-схема

емых секций распределителя (рис.53в). На выходе секции распределителя сначала измеряют подачу Q_0^0 при минимально возможном давлении p_0 , затем подачу Q_n^0 при номинальном давлении p_n . Утечки (нормируемые в технической документации) для каждой секции распределителя

$$\Delta Q = Q \cdot (1 - Q_0^0 \cdot Q_n) / (Q_0^0 \cdot Q_0) \quad (123)$$

где Q_0 и Q_n – подачи, измеренные при диагностировании насоса.

При диагностировании гидроцилиндров комплект приборов включают по схеме, показанной на рис.53г.

Переключая несколько раз распределитель, измеряют подачу, давление и время каждого полного хода штока. Если значение подачи соответствует номинальной, но скорость перемещения штока ниже номинального значения, то это указывает на наличие переточек в цилиндре вследствие износа уплотнений. Если подача ниже номинальной, велики утечки в распределителе.

Для быстрого поиска неисправности и качественной оценки технического состояния сборочных единиц гидросистемы применяют Т-схему (рис.53д), которая отличается тем, что комплект приборов включают в систему параллельно, через постоянно установленные в системе и заглушенные пробками (во время работы) штуцера.

При этой схеме могут быть использованы многочисленные приемы диагностирования. Например, доведя цилиндр до упора, можно настроить предохранительный клапан, а затем, регулируя дроссель, оценить по показаниям расходомера подачу насоса и т.д.

Главное преимущество Т-схемы - отсутствие необходимости рассоединения гидросистемы для подключения комплекта приборов, чем обеспечивается высокая оперативность диагностирования, исключается возможность повреждения соединений трубопроводов и рукавов, а также снижается вероятность попадания загрязнений в гидросистему.

Переносными средствами диагностирования сборочных единиц гидропривода машин являются гидро-тестеры, представляющие собой скомпонованную комбинацию датчиков и приборов, предназначенные для измерения параметров потока жидкости в установленном режиме. Гидротестер для диагностирования насосов и других сборочных единиц (рис. 54) состоит из блока датчиков и блока приборов. Блок датчиков (рис. 54а) содержит: турбинно-тахометрический датчик расхода ГДР-13-132, тензорезисторный датчик давления, термисторный датчик температуры и регулируемый дроссель ДР-32, предназначенный для плавного изменения давления в диагностируемой системе.

На входе блока датчиков установлен сетчатый фильтр, служащий для предохранения турбинки расходомера от ила и других загрязнений, содержащихся в гидравлической жидкости.

Конструкция блока датчиков гидротестера ГТ-2 представлена на рис.55.

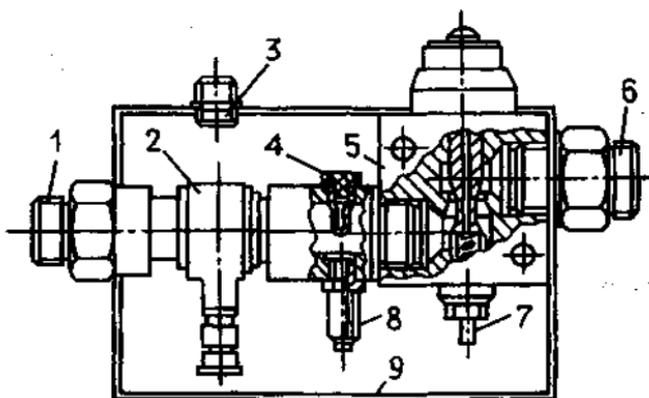


Рис.55 Блок датчиков гидротестера ГТ-2

- 1 - входной штуцер, 2 - расходомер, 3 - штепсельный разъем,
4 - датчик температуры, 5 - дроссель, 6 - выходной штуцер,
7 - дренажная трубка, 8 - датчик давления, 9 - корпус

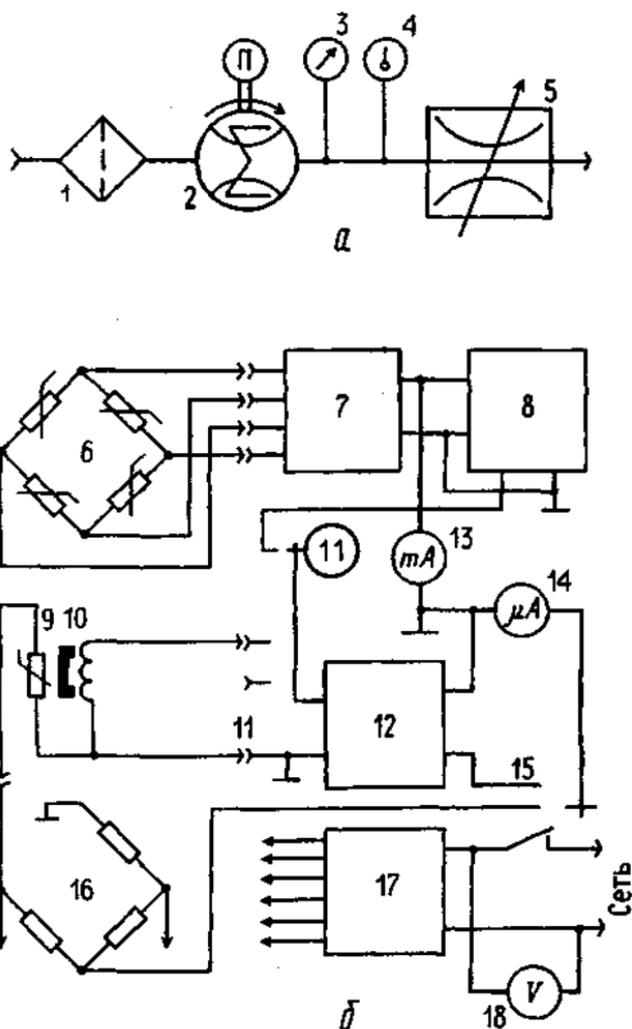


Рис.54 Схемы гидротестера ГТ-2: а - гидравлическая, б - электрическая.
 1 - гидравлический фильтр, 2 - расходомер, датчик давления, 4 - датчик температуры, 5 - регулируемый дроссель, 6 - мостовая схема из тензорезисторов, наклеенных на датчик давления, 7 - аналоговый преобразователь, 8 - электрический полосовой фильтр, 9 - термистор, 10 - индукционный датчик расходомера, 11, 15 - переключатели, 12 - частотомер, 13, 14, 18 - стрелочные приборы, 16 - мостовая схема термистора, 17 - блок питания.

В блоке приборов (см. рис.54б) установлен аналоговый преобразователь 7 типа ПА-1 для усиления сигналов от мостовой схемы из тензорезисторов, наклеенных на датчике давления.

На выходе аналогового преобразователя включен стрелочный прибор 13, показывающий давление; на выход аналогового преобразователя может быть подключен ЭЛО для наблюдения формы и амплитуды пульсации давления с целью получения дополнительной информации о состоянии отдельных сопряжений насоса.

Частоту вращения в гидротестере измеряют путем выделений с помощью активного электрического фильтра синусоидального напряжения (первой гармоники) из сигнала пульсирующего давления. При измерении частоты вращения вала насоса переключателем 11 выход фильтра соединяют со входом преобразователя частоты в аналоговый сигнал. Преобразователь частоты используют также для измерения подачи при подключении к его входу обмотки датчика расхода. На вход прибора при необходимости может быть подан сигнал от дополнительного индукционного или фотоэлектрического датчика, установленного на приводном валу насоса и предназначенного для измерения его частоты вращения.

Прибор 14 с помощью переключателя 15 по выбору оператора может быть соединен с выходом преобразователя частоты при измерении подачи и частоты вращения приводного вала или с измерительной диагональю моста термисторного датчика температуры. Гидротестер питается от сети через блок питания.

Напряжение питания контролируют по стрелочному прибору 18. При питании от аккумулятора гидротестер подключают к нему через преобразователь.

При диагностировании сборочных единиц гидросистем с различными номинальными давлениями и различной подачей насосов применяют несколько типоразмеров блоков датчиков.

Кроме электрического датчика давления в гидротестере устанавливают механический манометр, что повышает безопасность работы в то время, когда цепи питания электрической схемы гидротестера отключены.

Гидротестеры используют при диагностировании сборочных единиц гидроприводов в соответствии со схемами, показанными на рис.53. Диагностирование двух- и трехсекционных насосов можно производить, используя для каждой секции отдельный гидротестер.

С целью настройки регулятора вычисляют приводную мощность по результатам измерения давлений и расходов:

$$N_n = (p'Q'/60) + (p''Q''/60) = q(p'f' + p''f'')/60 \quad (124)$$

где p' и p'' — давление в первой, и второй секциях соответственно, МПа;

Q' и Q'' — подача первой и второй секции, см³/с;

— удельная постоянная расходомеров, см³/Гц;

f' и f'' — показания частотомеров при измерениях подачи на первой и второй секциях, ГЦ.

Проверку и настройку суммарного регулятора мощности можно осуществлять с помощью одного гидротестера. Для определения коэффициентов подачи гидротестер поочередно включают в каждую секцию. После этого с помощью вспомогательной трубки соединяют полости регулятора мощности и присоединяют эту трубку к выходу одной из секций. При этом угол наклона качающего узла этой секции будет пропорционален удвоенному значению давления жидкости, подводимой к регулятору.

Техническая характеристика гидротестера ГТ-2
(с одним из типоразмеров блока датчиков)

Расход, л/мин	20-150
Давление, МПа	5-40
Температура, °С	45-55
Частота вращения, мин ⁻¹	1300-1600

Контрольно-диагностической аппаратурой гидропривода автоматизированных крепей являются аппарат контроля гидросистемы АКГ-2, датчики (реле) давлений и датчики положения секций крепей относительно базы и аппарат автоматической подпитки линии устойчивости. Эта аппаратура применяется для контрольных функций и для цепей управления.

Аппарат контроля гидросистем АКГ-2 предназначен для контроля состояния гидросистемы механизированных крепей и автоматизации работы насосных станций. Аппарат АКГ-2 выполняет следующие функции: автоматическое включение насосной станции механизированной крепи в начале рабочей операции; автоматическое подключение в работу второй насосной станции, если давление рабочей жидкости в гидросистеме падает ниже установленного предела, и ее отключение, если давление поднимается до номинального значения; автоматическое отключение насосной станции после окончания рабочей операции (если промежуток времени между операциями не превышает установленной выдержки времени, насосная станция не отключается), при разрыве трубопровода в гидросистеме крепи, при нижнем предельном уровне рабочей жидкости в напорной и сливной гидромагистралях, величины перетока из напорной в сливную линию; производительности насосных станций, объема рабочей жидкости в баках насосных станций.

Аппарат АКГ-2 состоит из расходомеров, датчиков уровня и аппарата контроля и управления.

Расходомер ДРШ-1 (рис.56а) представляет собой шестеренный гидродвигатель, работающий в режиме холостого хода и конструктивно выполненный в одном корпусе с генератором электрического сигнала. Для получения лучших эксплуатационных показателей постоянный магнит 2, являющийся ротором генератора, закреплен на оси шестерни 1 в полости, заполненной рабочей жидкостью. Статор генератора, состоящий из шести катушек 3, объединенных одним магнитопроводом 5, отделен от яко

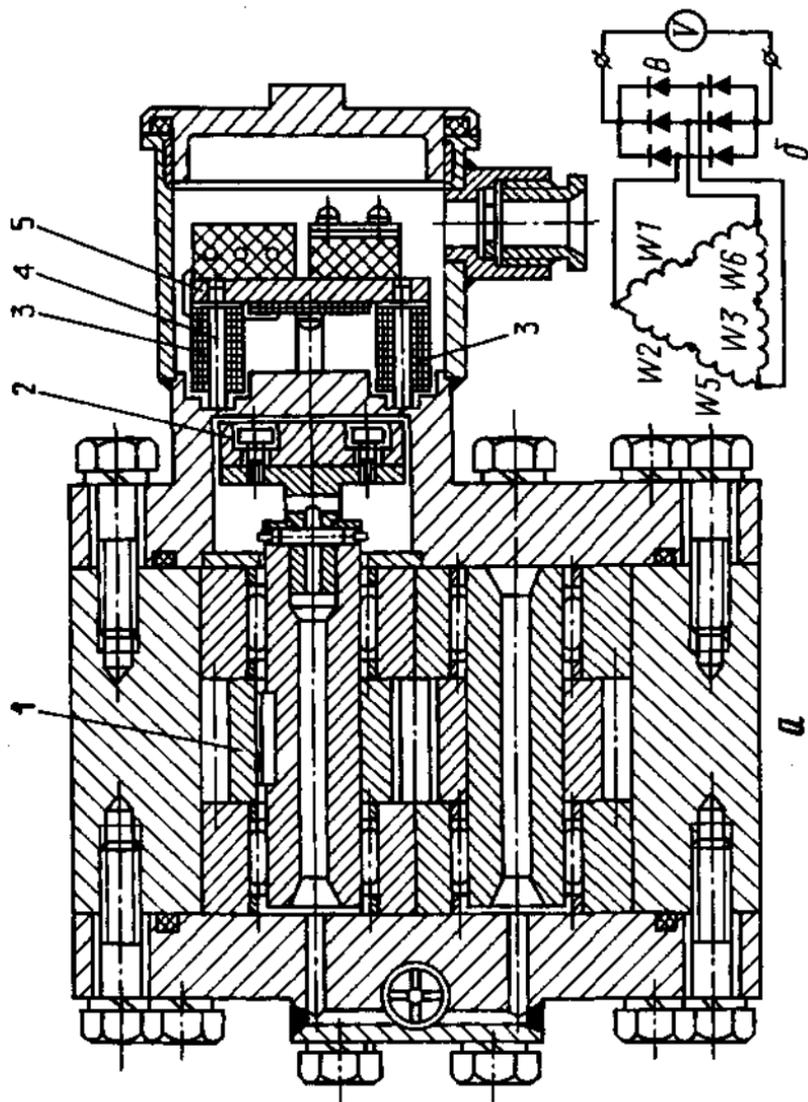


Рис.56 Расходомер ДРШ-1

ря перегородкой из немагнитного материала. Размещение полюсов катушек статора 4 по периметру торцевой части диска постоянного магнита позволило получить достаточную величину электрического сигнала, не требующую усиления.

Принципиальная электрическая схема расходомера приведена на рис.566. При прохождении через расходомер потока жидкости постоянный магнит приводится во вращение и наводит э.д.с. в катушках статора W1-W6. Трехфазный переменный ток с помощью выпрямителя В преобразуется в постоянный и подводится или к показывающему прибору - вольтметру V, отградуированному в л/мин, или к функциональной схеме логической части аппарата.

Расходомер ДРШ-1 имеет искробезопасное исполнение, устойчив к гидроударам и высоким механическим нагрузкам. Расходомеры ДРШ-1 применяются также при исследовании и испытании механизированных крепей.

Техническая характеристика расходомера ДРШ-1

Рабочая жидкость	Водомасляная эмульсия, минеральные масла
Рабочее давление, МПа	20
Диапазон измерения, л/мин	3-150
Перепад давления при расходе 150 л/мин, МПа	Не более 0,3
Уровень электрического сигнала при расходе 150 л/мин, В	20
Основные размеры, мм	130 x 265 x 260

Датчик уровня представляют собой установленную в баке насосной станции трубу из немагнитного материала, внутри которой размещены магнитоуправляемые контакты.

Вдоль трубки перемещается поплавков с постоянным магнитом, который воздействует на магнитоуправляемые контакты.

С помощью показывающего прибора датчик уровня обеспечивает постоянный контроль уровня жидкости в баке насосной станции и выдает дискретный сигнал при предельных верхнем и нижнем уровнях жидкости.

Реле давления в системах автоматизированного управления применяют двух видов - с коммутацией электрических цепей (электрогидравлические реле) и гидравлических цепей (гидрореле).

В качестве чувствительного элемента реле обычно применяют уплотненный подпружиненный поршень, а исполнительным элементом служит микропереключатель, магнитоуправляемый контакт или гидравлический распределительный элемент.

В системах автоматизированного управления крепями комплексов КМ-87А и 2КГД-А применяют реле давления СД5Б и СД-320.

Чувствительным элементом реле СД5Б (рис.57) является поршень 3, помещенный в штуцере 2. Настройка реле на заданное давление срабатывания осуществляется поджатием пружины 7 гайкой 8.

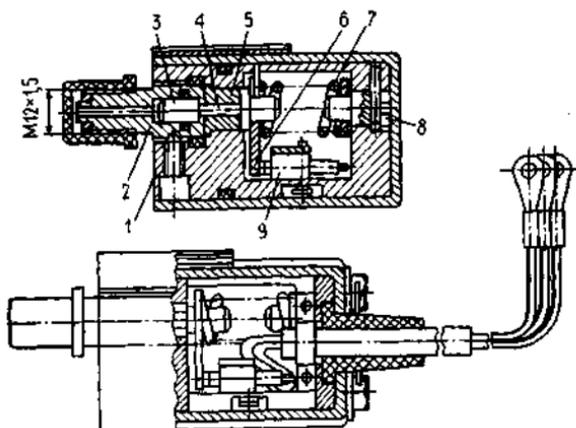


Рис.57 Реле давления СД5Б

Реле работает следующим образом. При подаче давления в канал штуцера 2 поршень 3, сжимая пружину, перемещается. Одновременно с поршнем перемещаются рычаг 6, закрепленный на толкателе 4. Рычаг 6 воздействует на микропереключатель 9 и переключает его контакты. Ход поршня ограничивается втулкой 5, установленной в корпусе 1. Эксплуатационная надежность реле СД5Б характеризуется средней наработкой на отказ $T_{cp} = 5 \cdot 10^4$ ч.

Реле СД-320 конструктивно отличается от реле СД5Б тем, что для обеспечений более высокого уровня контролируемого давления в нем установлена тарельчатая пружина.

Техническая характеристика реле СД5Б, СД-320

	СД5Б	СД-320
Диапазон настраиваемого давления, МПа	5-12	10-32
Допустимая погрешность срабатывания, %	10	10
Коэффициент возврата $\frac{P_{откл}}{P_{вкл}}$	Не менее 0,75	Не менее 0,8
Коммутирующая способность контактов: - по току, А - по мощности, Вт	1 25	1 25
Основные размеры, мм	Не более 50 x 110	Не более 50 x 110
Масса, кг	0,8	0,8

Аппарат автоматической подпитки линии устойчивости крепей наклонного падения предназначен для автоматического поддержания заданного уровня давления в линии. Если давление в линии устойчивости опускается ниже установленного уровня, линия напора соединяется со сливной и работа по креплению забоя прекращается.

5.4. Диагностирование механических передач

При определении технического состояния механических передач могут быть использованы следующие диагностические признаки: суммарный угловой зазор передачи (в градусах); дифференцированное значение угловых зазоров пар передач (в градусах); величины реакций в опорах валов и моментов на валах; виброакустические характеристики; поверхностные и внутренние собственные и приобретенные дефекты сопрягаемых деталей и отдельных элементов и конструкций и др.

Суммарные угловые зазоры измеряются специальными люфтомерами на определенном валу при заторможенном другом валу. Люфтомер объединяет динамометрический ключ и жидкостный угломер. Динамометрический ключ закрепляют на одном из выводных валов механической передачи, второй выводной вал - тормозят. Вручную через рукоятку люфтомера к валу прикладывают силы для создания моментов определенной величины, сначала в прямом, а затем в обратном направлениях вращения механической передачи. По шкале жидкостного угломера проводят отсчеты соответствующих угловых зазоров. Жидкостный угломер имеет поворотную шкалу, что позволяет устанавливать ее на нуль, вне зависимости от начального углового положения рычага люфтомера.

Дифференцированные значения угловых зазоров могут быть получены путем анализа кривых изменений моментов сопротивления на входном или выходном валах механической передачи в процессе выбора предварительно накопленных зазоров. На рис.58 показано изменение момента сопротивления на входных валах ходового редуктора экскаватора (кривая 1) и редуктора отбора мощности автомобильного крана (кривая 3) в зависимости от угла поворота.

Площадки S_1 - S_4 образуются в момент выбора текущего углового зазора и определяют значения боковых зазоров и, следовательно, износов соответствующих со-

пряжений. Различные длины площадок стабилизации момента сопротивления указывают на неравномерность износа сопряжений не только в кинематической последовательности трансмиссии, но и по контуру сопрягаемых деталей (параллельные ветви). Крутизна участков кривых характеризует регулировку подшипников. Отношения соседних участков возрастания момента сопротивления определяют текущие передаточные отношения между соседними парами. По известным из нормативной документации линейным боковым зазорам S определяют номинальные, допустимые и предельные угловые зазоры:

- для эвольвентных сопряжений

$$S^{\circ} = \kappa \cdot c (mz),$$

- для прямобочных сопряжений

$$S^{\circ} = \kappa \cdot c / D,$$

где S° и c — угловые (в градусах) и боковые (в мм) зазоры соответственно;

m, z — модуль и число зубьев;

D — диаметр вала (для шпоночных и шлицевых сопряжений), наружный диаметр сопрягаемых деталей (для кулачково-дисковых и шарнирных сопряжений);

κ — коэффициент, значение которого зависит от вида сопряжения.

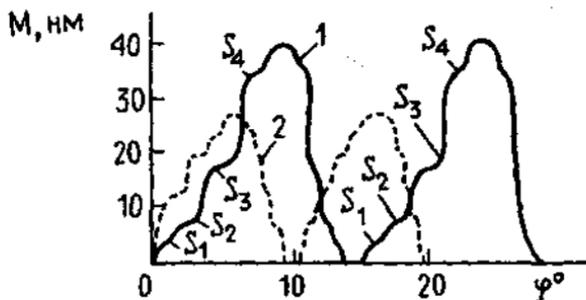


Рис. 58 Изменение момента сопротивления от угла поворота многоступенчатой зубчатой передачи: 1 - ходового редуктора экскаватора, 2 - редуктора отбора мощности автомобильного крана, S_1 - S_4 - площадки стабилизации момента

На рис.59 показано устройство для определения дифференцированных значений угловых зазоров в механических передачах. В устройстве установлены: электродвигатель, редукторы, тензометрическая муфта, тензометрический усилитель, самописец и электронное реле реверса.

Устройство с помощью кулачковой муфты соединяют с выходным валом диагностируемой механической передачи. Включают электродвигатель устройства, при этом выходной вал диагностируемой передачи поворачивается до устранения в ней всех зазоров. При достижении определенного момента срабатывает электронное реле реверса. Приводной двигатель устройства начинает вращаться в обратную сторону с частотой вращения около 6 мин^{-1} . Происходит последовательное устранение накопленных боковых зазоров во всех сопряжениях передачи. При входе в зацепление каждой следующей пары сопряжений ступенчато возрастает момент сопротивления. Изменение момента регистрируется на самописце как в функции времени, так и в функции угла поворота вала диагностируемой механической передачи. В последнем случае привод самописца должен быть осуществлен от вала диагностируемой передачи.

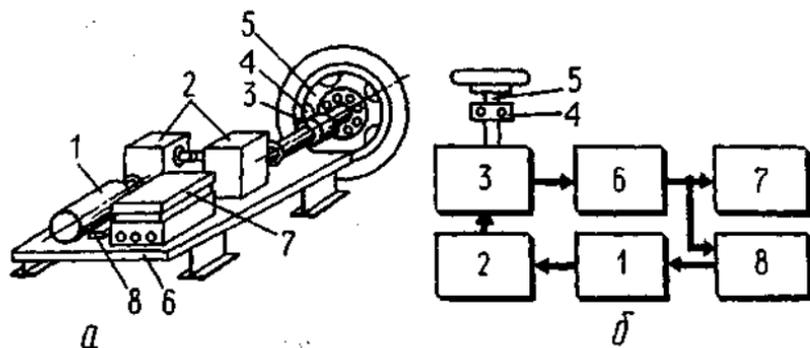


Рис.59 Устройство для определения дифференцированных значений угловых зазоров в механических передачах: а - конструкция, б - структурная схема
1 - электродвигатель, 2 - редукторы, 3 - тензометрическая муфта, 4 - кулачковая муфта, 5 - выходной вал диагностируемой передачи, 6 - тензометрический усилитель, 8 - электронное реле времени

С и л о в ы е р е а к ц и и определяют с помощью двухкомпонентных тензорезисторных или иных силоизмерителей, устанавливаемых в опорах подшипников валов.

Средняя мощность, потребляемая приводом механической передачи или исполнительного органа может определяться с помощью самопишущих ваттметров.

5.5. Виброакустическая диагностика горных машин

Статистический анализ в условиях эксплуатации позволил определить основные виды отказов машин (в процентах от общего числа), которые могут быть диагностированы виброакустическим методом: породопогрузочные машины (редуктор нагребных лап - 51%, гидрооборудование - 20%, конвейер - 12%, редуктор ходовой части - 10%, электрооборудование - 6,5%; проходческие комбайны редуктор нагребных лап - 70,5%, редуктор привода насоса - 10,5%, редуктор исполнительного органа - 9%, редуктор гусеничного хода - 8,7%); струговые установки (тяговые цепи струга и конвейера - 40%, электрооборудование 23%, гидрооборудование - 12%, привод струга и конвейера - 12%). В общих непланируемых простоях доля отказов подшипников горных машин достигает 30-40%.

В редукторах проходческих комбайнов происходит наибольшее число трудноустраняемых отказов. В зубчатых передачах - это износ, питтинг, излом, скол торцов, трещина; в подшипниках - износ сепараторов, наружных колец, выкрашивание дорожек качения роликов и наружных колец, задиры на посадочных поверхностях, пятна цветов побежалости, изломы, трещины; в корпусах - излом посадочных мест опор валов; в валах - износ шлицев.

Основными причинами отказов являются: в зубчатых передачах - концентрация нагрузки на малой площадке контакта зуба из-за погрешностей в изготовлении, сборке

и регулировке, нарушении герметичности ванн, расширение зазоров, увеличение люфтов, приводящих к большим динамическим нагрузкам; в подшипниках - загрязнение, плохое качество или отсутствие смазки, коррозия, высокая нагрузка, некачественная сборка, перекосы и др.; повышенный износ посадочных поверхностей корпусов, вызываемый высокими значениями средних давлений, подвижностью сопряжения, недостаточной твердостью посадочных поверхностей.

К основным причинам повышенной вибрации в электромашинах относят: неуравновешенность вращающихся частей, несоосность линии вала, некачественную установку машины на фундаменте, двойную жесткость ротора, дефекты в подшипниках и т.п. Электромагнитные вынуждающие силы в машинах с электроприводом возникают из-за асимметрии воздушных зазоров, витковых замыканий в обмотках роторов и др.

При выбранной совокупности диагностических параметров определяются предельные значения сигналов. Для этого измеряются значения всех диагностических сигналов при отсутствии в механизме неисправности и при имитации поочередно всех возможных неисправностей.

Совокупность диагностических сигналов дает возможность определить техническое состояние машины в рамках заданного перечня неисправностей. Техническое состояние диагностируемых элементов определяется путем сравнения результатов измерения контролируемых параметров с допускаемыми по нормам и определяемыми согласно ремонтной и эксплуатационной документации.

Для поиска скрытых дефектов замеряется уровень виброускорений в информативных точках под нагрузкой. При этом выявляются частоты, на которых уровень виброускорений превышает допустимый. Дальнейшие измерения производят только на этих частотах, поочередно меняя нагрузку в целях определения приращения уровня виброускорений в информативных точках:

$$\alpha = (\kappa_1 - \kappa_2) / \kappa_2 \quad (125)$$

- где α — коэффициент относительного приращения уровня ускорения при повышении нагрузки;
- k_1 и k_2 — средние уровни виброускорений в полосе частот, где был превышен допускаемый уровень при нагрузке P_1 и P_2 (определяются как среднее арифметическое из пяти измерений), $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$.

Большие значения α свидетельствуют о наличии дефектов. Дополнительными диагностирующими признаками являются характерные шумы на холостом ходу и под нагрузкой. С точки зрения динамической прочности наиболее опасны колебания периодические с ярко выраженными отдельными составляющими, являющимися сильными диагностическими сигналами.

Для определения диагностических параметров (признаков) необходимы экспериментальные исследования вибраций в рабочем и неисправном состояниях. При этом очень многое зависит от виброакустического контроля и ремонтпригодности, т.е. приспособленности машины к предупреждению, обнаружению и устранению дефектов и отказов, что обеспечивается при проектировании, модернизации и путем выбора соответствующих диагностических средств.

Нормы на вибростойкость разрабатываются для предохранения деталей и узлов машины от вибрационных перегрузок, например для большинства электромашин эта величина колеблется от $0,1g$ (70 дБ) до $1g$ (90 дБ). Вибрационная напряженность иногда оценивается с помощью коэффициента перегрузки — отношения действующего ускорения к ускорению силы тяжести.

Методы анализа диагностирования

На объектах диагностирования наряду с другими параметрами ведется непрерывная фиксация текущих спектрограмм виброускорения для последующего сравнения их с базовыми.

Кроме того, сравнения проводят также с данными "Библиотеки аномалий", составление которой требует предварительных исследований. При этом не исключен автоматический анализ и поиск дефекта.

В качестве диагностического параметра виброперемещение целесообразно применять на относительно низких частотах (до 10 Гц) и моногармоническом (или близком к нему) характере вибрации. На средних измеряемых частотах следует использовать виброскорость (при любом характере колебаний).

Эффективность использования виброускорения в качестве диагностического параметра растет с ростом частоты сигнала, что используется при диагностировании механических систем - шестеренные передачи, подшипники качения и др., где зубцовые частоты и частоты собственных (резонансных) колебаний отдельных элементов составляют десятки килогерц.

При исследованиях зубчатых передач в основном ориентируются на кинематический анализ, что дает возможность определять: зубцовые частоты и их гармоники; накопленные частоты (низкочастотные составляющие спектра - по частоте кратные частоте вращения приводного вала); четные гармоники (биение, нарушение в зацеплении и т.д.); циклические частоты (высокочастотные составляющие спектра с частотами, кратными произведениям числа зубьев делительного колеса зуборезного станка, на котором нарезались зубья, на накопленную частоту).

Весьма результативен метод замера вибрации на выбеге, особенно когда при загрузке на полную мощность дефект (например, трещина в валу) не обнаруживается. При этом сравниваются показания от предыдущих выбегов с текущими (анализ записей проводится по амплитуде и фазе основной и первой гармоник вибрации, представленных в виде функции частоты вращения вала).

При ухудшении состояния зубчатых передач появляется модуляция (возрастает уровень боковых частот); при

этом частота зацепления является несущей, а частота вращения вала или одна из ее гармоник - модулирующей.

Изменение вибрации как функции времени наработки носит прямолинейный характер примерно до 75% выработки ресурса машин, после чего идет перегиб и экспоненциальный рост уровней вплоть до отказа, поэтому контроль скорости изменения вибрации более эффективен, чем ее абсолютные замеры.

Вибрационные процессы можно анализировать методом стандартного спектрального анализа, который основан на разложении сложного колебательного процесса на отдельные составляющие, имеющие различные частоты и соответствующим им амплитуды.

Анализ вибрации подшипников качения

Вибросигнал с внешней обоймы подшипников редукторов является наиболее информативным, так как вибрация от зубчатых зацеплений передается по валу к подшипникам и они являются узловыми точками акустических каналов распространения вибрации. Сами подшипники - вероятные очаги неисправностей редукторов.

Все гармонические составляющие вибрации, причиной которых являются подшипники качения, имеют характерные частоты, связанные с частотой вращения внутреннего кольца f_a (c^{-1}) и частотой вращения сепаратора относительно неподвижного наружного кольца f_{cn} (c^{-1}):

$$f_{cn} = \frac{f_a}{2} \cdot \left(1 - \frac{d \cdot \cos \beta}{D}\right), c^{-1} \quad (126)$$

где d - диаметр тел качения;

D - диаметр сепаратора (диаметр окружности, проходящей через центры тел качения);

β - угол контакта тел и дорожек качения.

Частота вращения сепаратора относительно вращающегося внутреннего кольца

$$f_{ca} = \frac{f_a}{2} \cdot \left(1 + \frac{d \cdot \cos \beta}{D}\right), c^{-1} \quad (127)$$

Частота контакта точки тел качения с одной из дорожек качения (частота вращения тел качения вокруг своей оси):

$$f_{mk} = \frac{f_s}{2} \cdot \left(\frac{D}{d} + \frac{d \cdot \cos^2 \beta}{D} \right), \text{ с}^{-1} \quad (128)$$

При вращении ротора в подшипниках качения с радиальными зазорами число тел качения, на которые опирается ротор, а следовательно и жесткость подшипника изменяется с частотой перекатывания тел качения по наружному кольцу f_{nn} , пропорциональной частоте вращения сепаратора f_{cn} и числу тел качения n , т.е.

$$f_{nn} = n \cdot \frac{f_s}{2} \cdot \left(1 - \frac{d \cdot \cos \beta}{D} \right), \text{ с}^{-1} \quad (129)$$

При монтаже подшипников с натягом в спектре вибрации появляются составляющие с частотами, кратными частоте перекатывания тел качения по внутреннему кольцу подшипника f_{en} , пропорциональной частоте вращения сепаратора f_{ce} и числу тел качения n :

$$f_{en} = n \cdot \frac{f_d}{2} \cdot \left(1 + \frac{d \cdot \cos \beta}{D} \right), \text{ с}^{-1} \quad (130)$$

Так, для однорядного радиальноупорного подшипника с размерами $d = 7,9$ мм и $D = 38$ мм; $\beta = 15^\circ$; $n = 12$; $N = 1750 \text{ мин}^{-1}$; $f_{nn} = 140,7$ Гц; $f_{en} = 209,3$ Гц; $f_{mk} = 138,2$ Гц и $f_{cn} = 11,7$ Гц. Причиной случайной вибрации подшипников качения может явиться сухое трение, так как смазка оказывает влияние, аналогичное сглаживанию поверхностей качения. Уровни случайной вибрации сильно зависят от чистоты поверхности качения, частоты вращения подшипника, его размеров и количества смазки. Увеличение объема смазки или ее вязкости приводит к росту сил трения и повышению передачи вибрации от тел качения на кольца, способствуя росту уровня высокочастотной вибрации. К этому же приводит окисление смазки и наличие в ней твердых включений.

Например, дефекты подшипников, вызванные неудовлетворительной смазкой, могут быть обнаружены виброконтролем как возрастание вибрации порядка 20 дБ в области 3 кГц.

Определим основные частоты, возникающие в подшипниках качения из-за изменения формы тел качения или вмятин в обоймах:

$$f_1 = \frac{f_s}{2} \cdot \frac{D-d}{D}, c^{-1} \quad (131)$$

Дефекта тела качения:

$$f_2 = \frac{f_s}{2} \cdot \frac{D+d}{d} \cdot \frac{D-d}{D}, c^{-1} \quad (132)$$

изменения формы внутренней дорожки:

$$f_3 = n \cdot \frac{f_s}{2} \cdot \frac{D+d}{D}, c^{-1} \quad (133)$$

изменения формы внешней дорожки:

$$f_4 = n \cdot \frac{f_s}{2} \cdot \frac{D-d}{D}, c^{-1} \quad (134)$$

Упругие колебания элементов подшипников могут возникать при контактах (ударах) тел качения с возникшими дефектами (трещины, вмятины, сколы и др.) с периодичностью частоты своего вращения, что проявляется в виде высокочастотных, экспоненциально-затухающих импульсов. Так, собственная частота шариков определяется по формуле

$$f_5 = 0,848E/2d \cdot \rho, c^{-1} \quad (135)$$

где E – модуль упругости 1-го рода;

ρ – удельная плотность материала.

Резонансная частота колец подшипника

$$f_6 = \frac{\kappa \cdot (\kappa^2 - 1) \cdot 2\pi \sqrt{\kappa^2 + 1} \cdot r^2}{\sqrt{\frac{EJ}{m}}}, c^{-1} \quad (136)$$

- где k — порядок резонанса;
 r — радиус нейтральной оси кольца;
 J — момент инерции площади поперечного сечения кольца;
 m — удельная линейная масса кольца.

Например, для того же подшипника ($d = 7,9$ мм; $D = 38$ мм), резонансные частоты внешнего кольца $f_6 = 3,49$; $11,4$ кГц и т.д. и внутреннего кольца $f_6 = 9,74$; $52,83$ кГц и т.д.

Дискретные угловые частоты элементов подшипника рассчитывают по формулам:

$$D_6 = \begin{cases} \omega_1 = D_n \cdot \omega_4 / (D_n + D_6), \text{ рад/с} \\ \omega_2 = D_6 \cdot \omega_4 / (D_n + D_6), \text{ рад/с} \\ \omega_3 = D_n \cdot D_6 \cdot \omega_4 / d \cdot (D_n + D_6), \text{ рад/с} \end{cases} \quad (137)$$

- где ω_1 — угловая скорость сепаратора относительно внутреннего кольца;
 ω_2 — то же, относительно внешнего кольца;
 ω_3 — угловая скорость тела качения относительно сепаратора;
 ω_4 — относительная угловая скорость внутреннего кольца по отношению к наружному;
 D_6 — диаметр дорожки качения внутреннего кольца;
 D_n — то же, внешнего.

Виброакустическая аппаратура

Вибрация и шум являются волновыми процессами, близкими по природе возникновения и основным параметрам, поэтому из измерения и оценка часто производятся с помощью одних и тех же приборов, за исключением преобразователей и согласующих элементов (табл. 46).

В качестве вибродатчиков применяют в основном пьезоэлектрические преобразователи (пьезорезисторные и индуктивные преобразователи в отличие от пьезоэлектрических обеспечивают измерение статических напряжений, но уступают им по коэффициенту преобразования и высоким частотам).

Для датчика, измеряющего виброперемещения, собственная частота должна быть в 3-5 раз ниже контролируемой, измеряющего виброускорения - в 3-5 раз выше.

Для измерения ударных процессов используется акселерометр с высокой резонансной частотой и малым демпфированием, что облегчает распознавание и измерение ударных импульсов на осциллограмме.

Для усиления сигналов вибропреобразователей применяют усилители с разрешающей способностью до 200 кГц; для спектрального анализа - октавные, третьоктавные и узкополосные фильтры.

Таблица 46

Аппаратура	Основная характеристика	Изготовитель
Измеритель шума и вибрации ВШВ-003	Переносной прибор для измерения параметров шума и вибрации: динамический диапазон измерения звука 25-140 дБ; частотный диапазон 10 Гц - 20 кГц. Диапазон измерения: виброскорости $5 \cdot 10^{-5} - 10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; виброускорения $5 \cdot 10^{-3} - 10^3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$; масса 4,5 кг	Завод "Виброприбор", г. Таганрог
Шумомер искробезопасный ВШМ-003	Портативный прибор для измерения и анализа шума; динамический диапазон 25 - 140 дБ; частотный диапазон 20 Гц - 20 кГц; масса 4 кг	Тот же
Виброметр искробезопасный ВВМ-001	Портативный прибор для измерения и частотного анализа вибраций; диапазон измерения виброускорения $5 \cdot 10^{-3} - 10^3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$; виброскорости $5 \cdot 10^{-3} - 10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; частотный диапазон 1-11 2000 Гц, масса до 4 кг	Тот же
Виброметр малогабаритный ВМ-1	Портативный прибор для измерения параметров вибрации в абсолютных и относительных единицах	Кокчетавский приборостроительный завод
Фильтры электрические ФЭ-2	Прибор для частотного анализа параметров шума и вибрации; частотный диапазон 1,4-11 200 Гц, масса 5 кг	Тот же
Шумомер Шум-3	Портативный прибор для измерения параметров шума	Запорожский опытный завод дефектоскопии
Шумовиброизмерительный комплект ШВК	Переносный комплект для измерений и анализа шума и вибраций	Кокчетавский приборостроительный завод

Продолжение таблицы 46

Набор измерительных приборов 00022	Набор измерительных приборов 00022 Переносной комплект для измерения воздушного и механического звука: динамический диапазон 30-140 дБ; частотный диапазон 31,5 Гц - 63 кГц; масса 7,5 кг	"Роботрон - Мессэлектроник", ГДР
Набор измерительных приборов 00041	Переносной комплект для измерения воздушного и механического звука: динамический диапазон 35-140 дБ; частотный диапазон 31,5 Гц-63 кГц; масса 7,5 кг	Тот же
Прецизионный импульсный измеритель уровня звука 00023	Переносной комплект для измерения и анализа уровня звука с любой характеристикой во времени: динамический диапазон 19-140 дБ; частотный диапазон 2 Гц - 100 кГц; масса 4 кг	"Роботрон - Мессэлектроник", ГДР
Набор звуко- и виброизмерительных приборов 3527	Переносной комплект для измерения уровня звука и вибрации: динамический диапазон 19-140 дБ; частотный диапазон 20 Гц - 20 кГц	Фирма "Брюль и Кьер", Дания
Портативный виброанализатор 3513	Портативный прибор для измерения и анализа вибраций в полевых условиях: диапазон измерения виброскорости 10 ⁻⁴ - 1,0 м * с; частотный диапазон 0,2 Гц - 20 кГц.	Тот же

Диагностирование механизма подачи очистного комбайна

Техническое состояние механизмов подачи при стендовых испытаниях определяется на основании измерения следующих параметров: максимальных скоростей подачи и тяговых усилий, давлений в гидropередаче, температур рабочей жидкости, изменения объемного КПД, загрязненности рабочей жидкости, общего уровня виброускорений. Блок-схема аппаратурного контроля механизма подачи приведена на рис. 60.

Механизм подачи МП устанавливается на испытательный стенд, масло заливается до уровня, при котором перекрывается приемный фильтр одношунжерного насоса. Затем устанавливается виброаппаратура 1, подключаются датчики давления или манометры 2, 3 и 4, датчики температуры 5 и 6 вибропреобразователи (в контрольные точки а, б, в). Датчики давления подключаются к гидро-

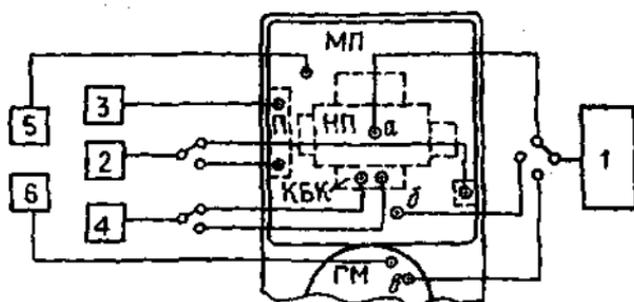


Рис.60 Блок-схема аппаратного контроля механизма подачи Г405

линиям подпитки и управления через переходник П, а к напорной гидролинии - через корпус блока клапанов КБК. Датчики температуры измеряют нагрев жидкости и корпусных деталей, вибропреобразователи устанавливаются на корпусе насоса НП, на крышке механизма подачи и на корпусе гидромотора ГМ или холодильника.

Средства диагностического контроля, применяемые для измерения перечисленных параметров, приведены в табл. 47, допускаемые нормы основных контролируемых параметров - в табл. 48, схема расположения контрольных точек при диагностировании объекта по параметрам давления - на рис. 61. При измерении давления в гидросистеме механизма подачи датчики давления или манометры подсоединяются в контрольные точки при помощи специальных штуцеров. При подключении датчика к корпусу блока клапанов (точки 1-12 рис.61) используются штуцеры.

Максимальная скорость подачи механизма при стендовых испытаниях определяется по частоте вращения звезды за 1 мин и должна быть не менее $0,1 \text{ с}^{-1}$ при $i = 5,26$ или не менее $0,0783 \text{ с}^{-1}$ при $i = 6,66$ комбайн 1К101.

Максимальное тяговое усилие определяется по показаниям приборов нагрузочных устройств в момент срабатывания предохранительного клапана.

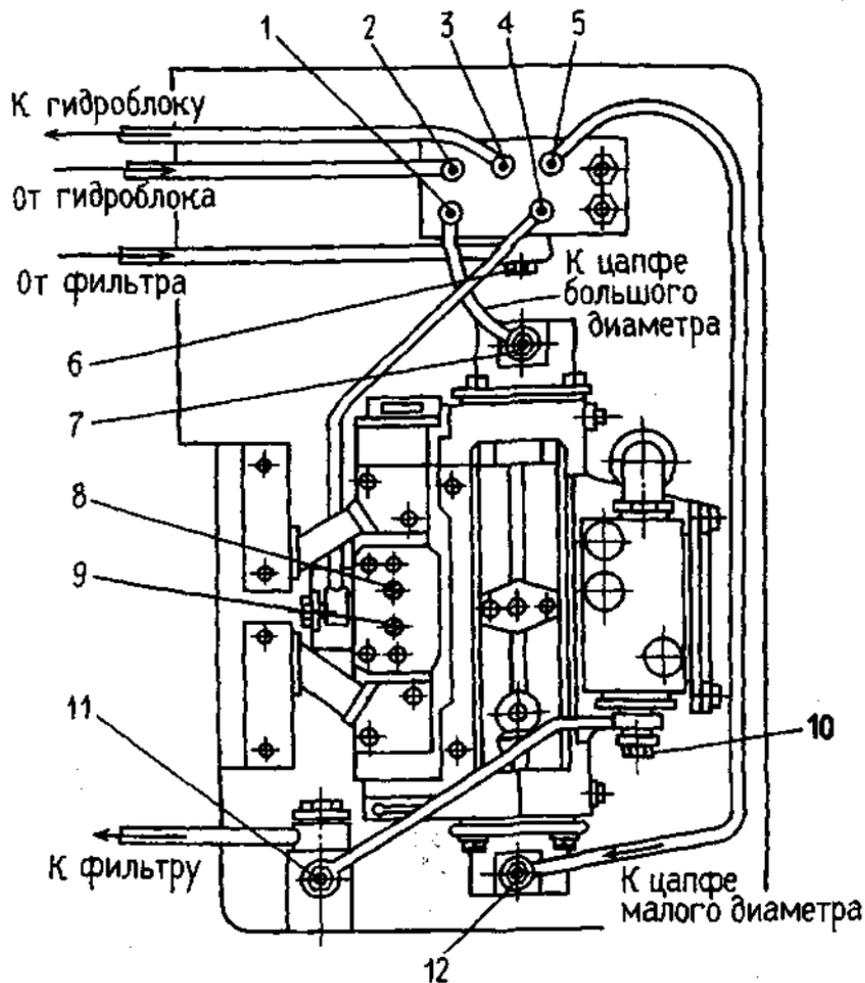


Рис.61 Схема размещения контрольных точек (1-12) в механизме подачи Г405 с насосом НП120

Таблица 47

Средства диагностического контроля и контролируемые параметры в механизмах подачи

Контролируемый параметр	Средства контроля	Цель контроля, выявляемая неисправность
Максимальная частота вращения звезды	Секундомер С-1-3а (ГОСТ 5072-79 Е)	Оценка общего технического состояния механизма
Максимальные тяговые усилия	Динамометр ДПУ-2тс-2 (ГОСТ 13837-79)	То же
Общий уровень виброускорений	Пьезоэлектрические виброизмерительные преобразователи Д14, Д11, измеритель шума и вибраций ИШВ-1, виброщуп, шумовиброизмерительный комплекс ШВК-И	То же
Уровень и тональность шума	Виброщуп, измеритель ИШВ-1	То же
Давление: - в гидрролиниях всасывания - в гидрролиниях управления - в напорной гидрролинии при свободном вращении приводных звезд - в напорной гидрролинии под нагрузкой - перепуска насоса	Манометры М1М16, М1М25, МТП 100/1-16 x 1,5 (ГОСТ 8625-77Е) Манометры М1М27, МТП160/1-60 x 1,5 (ГОСТ 8625-77Е) Манометры М1М26, МТП160/1-40 x 1,5 (ГОСТ 8625-77Е) Манометры М1М29, МТП160/1-160 x 1,5 (ГОСТ 8625-77Е) Манометры М1М30, МТП160/1-160 x 1,5, М2М30 (ГОСТ 8625-77Е)	Настройка подпорного клапана; определение подпора, создаваемого вспомогательным одноплунжерным насосом Оценка технического состояния вспомогательного одноплунжерного насоса и сборочных единиц системы управления Оценка технического состояния гидродвигателя, редуктора, определение потерь в механизме подачи Оценка технического состояния насосов, фильтрующих элементов и других сборочных единиц Настройка и регулировка предохранительных клапанов
Температура масла и корпусов	Термометры (ГОСТ 215-73Е), манометрические (ГОСТ 8624-80), Ртутные стеклянные лабораторные (ГОСТ 2823-73Е), электротермометры сопротивления ТП-2	Оценка общего технического состояния механизма и сборочных единиц
Объемный КПД	Секундомер С-1-3а (ГОСТ 5072-79Е)	То же

Продолжение таблицы 47

Загрязненность рабочей жидкости	Фотометрический спектрометр МФС-3, кварцевый спектрограф ИСП-30	Оценка рабочей жидкости
---------------------------------	---	-------------------------

Таблица 48

Допускаемые нормы основных контролируемых параметров в механизмах подачи (комбайн 1К101)

Контролируемый параметр	Допускаемые нормы
Максимальная частота вращения звезды (не менее), с	0,1 при $l = 5,26$ и 0,0783 при $l = 6,66$
Тяговое усилие, кН: - максимальное, обусловленное давлением перепуска насоса - номинальное (рабочее)	180-240 120-190
Общий уровень виброускорений (под нагрузкой близкой к номинальной), дБ: - корпуса насоса - корпуса гидромотора (или крышки редуктора)	108-113 85-94
Общий уровень виброускорений при срабатывании предохранительного клапана (не менее), дБ: - корпуса насоса - корпуса гидромотора (крышки редуктора)	113 94
Давление, МПа: - холостого хода (не более) - в линии всасывания насоса НП120 - рабочее насоса НП120 - рабочее вспомогательного одноплунжерного насоса - в гидролинии управления производительностью насоса НП120 - перепуска насоса НП120 - перепуска вспомогательного одноплунжерного насоса	0,3-0,4 (Г404); 0,5 (Г405) 1,8 10 3,5 3-4 (Г404) 11,0-12,5 4,5-5,0
Разность давления в гидролинии управления до и после фильтра тонкой очистки, МПа	1,0-1,2
Температура (рабочая), °С	10-70
Объемный КПД (не менее)	0,90
Загрязненность масла	Не ниже 10 (класс чистоты по ГОСТ 17216-71)
Номинальная тонкость фильтрации, мкм	50-70

Давление холостого хода (в напорной гидролинии при свободном вращении приводных звезд) характеризу-

ет потери в механизме подачи (точка 8 или рис.9 рис. 61). По максимальному давлению в напорной гидролинии оценивается техническое состояние насосов (точка 8 или 9 для НП120 и 11 для вспомогательного одноплунжерного). Давление в гидролинии подпитки контролируется в точках 4, 9 или 8 с целью определения подпора, создаваемого вспомогательным одноплунжерным насосом и обусловленного настройкой подпорного клапана подпитки.

Давление в гидролинии управления, контролируемое в точках 1, 2, 3, 5, обеспечивает четкое изменение производительности насоса НП120. Давление срабатывания предохранительного клапана насоса, определяемое при максимальной скорости подачи и нагрузке, близкой к максимальной, характеризует правильность настройки клапанов.

Срабатывание предохранительного клапана сопровождается звуком высокого тона, являющимся следствием возникающих в предохранительном клапане вибраций. В случае работы гидропривода со сработанным предохранительным клапаном резко повышается температура рабочей жидкости, гидросистема подвергается предельным вибрационным нагрузкам, равным 116-122 дБ. Поэтому на предохранительный клапан механизм должен работать на более 3-5с.

Техническое состояние фильтрующих элементов механизма подачи оценивается визуально. Косвенным и параметрами, по которым можно судить о состоянии фильтров, являются давление, шум и вибрация. О техническом состоянии приемного фильтра вспомогательного одноплунжерного насоса можно судить также по давлению в линии управления, которое развивает вспомогательный одноплунжерный насос (оно должно быть не ниже 2,5 МПа). Загрязнение фильтра вызывает резкое увеличение сопротивления на всасе, вследствие чего могут возникнуть явления кавитации, сброс производительности насоса и, как следствие, увеличение общего уровня шума и

вибраций (с частыми толчками и ударами). Техническое состояние фильтра тонкой очистки можно контролировать по показаниям манометров, установленных до и после фильтра тонкой очистки (точки 3 и 11 рис.60). Пропускная способность фильтрующих элементов считается допустимой, если измеренный при номинальных режимах работы механизма подачи перепад давлений не превышает 0,25 МПа.

Температура масла в процессе контрольных испытаний не должна превышать температуру окружающей среды выше чем на 40 °С.

Объемный КПД механизма подачи определяется при температуре 60-65°С следующим образом: электрогидроблоком вручную устанавливается наибольшая скорость подачи; определяется время одного оборота звезды стэнда t_1 при отсутствии нагрузки в цепи (при полностью раскрытом дросселе нагрузочного устройства) и t_2 при давлении в напорной гидрролинии 8 МПа; затем подсчитывается по формуле

$$\eta = t_1 / t_2$$

На герметичность механизм подачи при стендовых испытаниях проверяется в режиме кратковременной перегрузки при температуре рабочей жидкости, соответствующей верхнему допустимому пределу. Время перегрузки не должно превышать 3-5с. Дополнительными диагностическими признаками, свидетельствующими о повышенных утечках в элементах гидросистемы, являются местные перегревы и падение давления.

По степени загрязненности масла косвенно оцениваются состояние фильтрующих элементов уплотнений, интенсивность износа деталей отдельных сборочных единиц. Физико-химический состав масла рекомендуется проверять спектральным, химическими, фотокалориметрическим и другими методами в лабораториях согласно инструкциям. Пробы масла отбираются в процессе работы механизма или сразу после его остановки и доставляются

на анализ в герметически закрытых сосудах. Минимальное количество масла, достаточное для анализа, равно 100 г.

Параметры виброакустического сигнала измеряются в соответствии с требованиями ГОСТ 13731-68. Техническое состояние механизма считается удовлетворительным, если общий уровень виброускорений корпусов насоса и гидромотора (или крышки редуктора) находится в пределах 108-113; 85-94 дБ соответственно (под нагрузкой, близкой к номинальной).

По динамике изменения виброакустических параметров в процессе повышения нагрузки можно судить о техническом состоянии гидропередачи. При увеличении нагрузки до 10 МПа должен повыситься общий уровень виброускорений на 6-8 дБ. Если при повышении нагрузки уровень вибрации не повышается по сравнению с уровнем при холостом ходе, значит насос не развивает нужной производительности. Если уровень вибрации с увеличением нагрузки превышает допустимые нормы, в механизме имеются неисправности (засорение фильтров, гидродлиний, поломки в насосе, гидромоторе, разрегулировка предохранительных клапанов и т.д.).

Данная методика применима и при диагностировании других модификаций и типов механизмов подачи очистных комбайнов при соответствующим им значениях допустимых норм диагностируемых параметров.

Раздел 6. Обеспечение безопасности в процессе эксплуатации горного оборудования

Общие положения. Охрана труда – система технических, санитарно-гигиенических и правовых мероприятий, направленных на обеспечение безопасных для жизни и здоровья условий труда. Основные положения в области охраны труда закреплены Основами законодательства о труде РФ. Требования по охране труда, сформулированные в Основах, конкретизируются в общих, межотраслевых и отраслевых правилах по технике безопасности, в санитарных нормах и правилах.

Охрана здоровья трудящихся, ликвидация профессиональных заболеваний и производственного травматизма – одна из главных забот государства. Профилактика профзаболеваний обеспечивается нормализацией среды с помощью вентиляции, улучшения освещения, снижения уровня шума и т.д.; профилактика травматизма – методами техники безопасности. В основном завершено создание комплекса государственных стандартов системы безопасности труда (ССБТ), требования безопасности включены в стандарты и технические условия на выпускаемую продукцию.

Мероприятия по охране труда проводятся администрацией предприятий под контролем профсоюзных органов. Надзор за охраной труда осуществляют также специализированные государственные органы: Госгортехнадзор, Энергетический надзор, Санитарный надзор. Общий надзор за соблюдением законности в области охраны труда возложен на Прокуратуру РФ.

Условия труда в подземных выработках имеют специфические особенности: оборудование размещено в стесненных условиях, несмотря на то, что машины и механизмы компактны, габаритные размеры рабочих мест и проходов малы, люди перемещаются по узким проходам и вертикальным выработкам; оборудование, рабочие места

и работающие постоянно перемещаются по мере перемещения забоя. Повышенная влажность и запыленность шахтной атмосферы и ее агрессивность способствуют интенсивному износу оборудования, что увеличивает число отказов машин и механизмов, ухудшает санитарно-гигиенические условия труда. В подземных выработках не исключена опасность обрушения породы и затопления, внезапных выбросов породы и газов, проявления горных ударов, возникновения подземных пожаров.

Все это требует глубоких знаний и высокого искусства ведения горных работ и строжайшего соблюдения правил и норм безопасности ведения работ и правил и норм безопасной эксплуатации оборудования.

6.1. Основные меры безопасности при эксплуатации подземного оборудования

Основными мерами безопасности труда при эксплуатации подземного оборудования, которые обеспечивают обслуживающим персоналом, являются:

- ведение работ только исправным оборудованием с обеспечением всех предусмотренных средств защиты и блокировок;

- проведение работ по осмотру, ремонту, смазке и другим видам технического обслуживания при остановленном (а при необходимости и заблокированном) оборудовании;

- недопущение работ по осмотру и ремонту электроаппаратуры и установок, силовых линий под напряжением;

- исключение случаев несогласованных действий людей и добросовестное использование оповещения сигналами и запрещающих знаков;

- качественное выполнение всех производственных работ и работ по техническому обслуживанию и ремонту, предусмотренных инструкциями по эксплуатации данного вида оборудования.

Большую роль в обеспечении безопасности труда и выполнении Правил техники безопасности играют различные формы и методы обучения и повышения квалификации и все виды инструктажа - первичный, проводимый при посылке рабочего на новое место работы или после длительного перерыва в работе; постоянный, проводимый сжесменно при выдаче наряда; периодический, проводимый по специальной программе и в сроки, установленные Правилами техники безопасности или Правилами технической эксплуатации для отдельных профессий, а также внеочередной и дополнительный.

Одной из основных мер, обеспечивающих безопасную эксплуатацию оборудования, является проведение тщательного технического осмотра, контрольной сборки и опробования машины или оборудования на поверхности или в механическом цехе перед ее спуском в шахту или установкой для эксплуатации по назначению.

Все машины и оборудование должны иметь инструкции и технологические паспорта по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту, регламентирующие состав обязательных профилактических работ, требования безопасности при их выполнении и эксплуатации по назначению, порядок выполнения операций по управлению машиной, карту смазки и др. Изучение и соблюдение всех правил и норм эксплуатации и технического обслуживания является одним из основных, главных условий безопасной эксплуатации оборудования.

С другой стороны, меры безопасности при эксплуатации подземного оборудования регламентируются и устанавливаются нормативами по безопасности забойных машин и комплексов, выполнение которых обязательно при создании новых и модернизированных забойных машин и комплексов.

Рассмотрим конкретно некоторые источники опасности и меры безопасности при эксплуатации и техническом обслуживании забойных машин и комплексов.

Основными источниками опасности очистных комбайнов являются работающие исполнительные органы, опрокидывание и сползание комбайна, вибрация и порывы тяговой цепи, разбрасывание кусков угля исполнительным органом.

Мерами безопасности при этом являются: частичное или полное ограждение движущихся частей, установка блокировочных устройств, отключающих машину или механизм для проведения обслуживания. Системы управления машинами забойного комплекса должна быть выполнена таким образом, чтобы все средства контроля и защиты от возникновения производственных опасностей, связанных с пуском машин или подачей напряжения, включались в работу до пуска машин и до подачи напряжения в места, где может возникнуть производственная опасность.

Во избежание затягивания людей под комбайн цепью скребкового конвейера нельзя перелезать через работающий забойный конвейер или располагаться на конвейерной цепи во время остановки конвейера.

При работе струговых установок нельзя допускать искривления забоя более 1,5 м на 100 м длины лавы; следить за исправностью концевых выключателей и других средств автоматизации; приводные головки струга должны быть надежно закреплены; нельзя допускать присутствие людей в забое при работе струга, особенно если пласт склонен к внезапным выбросам и горным ударам.

Травмирование механизированными крепями происходит при передвижке секций (придавливании к комбайну, конвейеру, соседней секции); при внезапном проседании секции (особенно на тонких пластах) при выравнивании потерявших устойчивость или сползших, залыжившихся секций особенно при использовании запрещенных приемов и средств (подающих частей комбайна или скребковой цепи конвейера); при падении перекрытий, при доставке, погрузке, разгрузке, монтаже, демонтаже, осо-

бенно при отсутствии специальных монтажно такелажных средств.

Поэтому кроме соблюдения ПТБ и ПТЭ гидравлическая система крепи должна гарантировать независимую несущую способность каждой гидростойки (или пары стоке), обеспечивающую при потере герметичности одной из них сохранение несущей способности остальных стоке; возможность контроля давления в поршневых полостях гидростоек; управление передвигаемой секцией с пульта, расположенного на соседней секции или комплекте. По всей длине лавы должен быть обеспечен свободный проход под перекрытиями шириной не менее 0,7 м и высотой не менее 0,4 м в сложенном состоянии секции крепи.

При работе проходческих комбайнов со стреловидным исполнительным органом почти 50% травм связаны с исполнительным органом (травмирование резцами коронки, придавливание стрелой) как в процессе непосредственного обслуживания и ведения горных работ, так и при техническом обслуживании и ремонте. Травмирование происходит и при маневрировании комбайна или погрузочной машины. Частой причиной травмирования является потеря устойчивости или "падение", особенно погрузочных машин на рельсовом ходу и с ковшовым погрузочным органом. Источником повышенной опасности являются манипуляторы буровых машин и установок. Основные меры безопасности и профилактики - соблюдение правил технической эксплуатации, постоянный инструктаж и высокая квалификация обслуживающего персонала.

До 80% случаев поражения людей электрическим током происходит от соприкосновения с металлическими частями оборудования и оболочками бронированных кабелей, случайно оказавшимися под напряжением. Около 35% травм наблюдается при случайном прикосновении к оголенным токоведущим частям, нормально находящимся под напряжением, контактными проводам электровозной откатки, шинам и неизолированным счалкам.

В аппаратуре электроснабжения, управления, защиты и автоматизации забойных машин всегда должны быть исправлены устройства, сигнализирующие о причинах защитных отключений или обеспечивающие возможность безопасного отыскания повреждений. В электрических схемах обязательно наличие нулевой и максимальной токовой защиты, защиты от утечек тока и перегрузки, автоматического контроля сопротивления изоляции и заземлений, самоконтроль всех внешних электроцепей. Электрооборудование забойных машин должно иметь механические или электрические блокировки крышек, взрывонепроницаемых оболочек, штепсельных разъемов, ручных аварийных выключателей или блокировочных разъединителей.

К основным причинам, по которым металлические части оборудования оказываются под напряжением, относятся: пробой изоляции током; внешние повреждения изоляции; повреждение арматуры; подключение заземляющей жилы к токоведущей. Поражение током чаще всего происходит по причине отсутствия или выхода из строя заземлений и реле утечки тока.

Важной мерой обеспечения безопасности является систематический контроль за состоянием электрооборудования, изоляции кабелей, средств защиты и блокировок, ограждений шин, жил, проводов.

Кроме оборудования, нормально находящегося под напряжением, следует заземлять также и то оборудование, которое может оказаться под напряжением случайно - трубопроводы, конвейеры, сигнальные металлические тросы и др.

Работы в шахте по проведению профилактики и текущих ремонтов должны выполняться бригадой в составе не менее 2-х человек, при этом в шахтах, опасных по газу, каждые 20-25 минут и перед каждым включением электроэнергии должно контролироваться содержание метана. Капитальный ремонт рудничного электрооборудования в

исполнении РП, РВ, РО производится только в ЦММ или на рудоремонтных заводах.

6.2. Основные факторы и причины производственного травматизма, их анализ и меры по устранению

Улучшение условий труда и обеспечение его безопасности является одной из основных социально-экономических задач горнодобывающей промышленности и имеет чрезвычайно важное значение в связи с особенностями горного производства, в котором человек сталкивается с сильным влиянием природных факторов на ход технологических процессов, работу оборудования, поведение людей.

На предприятии безопасность труда должна быть гарантирована. Обеспечение ее является одной из основных обязанностей конструкторов и машиностроителей, руководителей горного производства и энергомеханической службы шахты, рудника, подземных городских сооружений.

Главное направление работ по обеспечению безопасности труда - создание безопасной технологии и техники, устранение потенциальных носителей травматизма, экранизация и блокировка опасных зон и режимов, дистанционное управление, строгое соблюдение правил и инструкций по охране труда и технике безопасности, т.е. весь комплекс технологических, технических и организационных мероприятий, включая подготовку людей к труду в сложных специфических условиях горного производства.

В шахтах угольной промышленности почти 30% травм, связанных с машинами и механизмами, приходится на очистные комбайны, 5% - на проходческие комбайны, 20% - на скребковые конвейеры, 3% - на ленточные конвейеры, 8% - на механизированные крепи, 13% - на погрузочные машины, 7% - на лебедки и 10% на прочие машины и механизмы.

В шахтах горнорудной промышленности основными источниками травм являются скреперные лебедки - 26-30%, бурильные установки - 20-24%, погрузочные машины - 23-26%, лебедки - 6-10%, конвейеры скребковые и ленточные - 8-11%, прочие машины и механизмы - 7-10% [20].

В процессе управления машинами и механизмами и их обслуживания основными причинами травматизма, зависящими от человека, являются: работа на неисправном оборудовании, неиспользование или умышленный вывод из строя средств защиты и блокировок, проведение осмотра, смазки и ремонта работающего оборудования или находящегося под напряжением, несогласованность действий людей; некачественное выполнение работ.

В табл. 49 представлено распределение случаев травматизма по процессам очистной выемки на шахтах Донецкого и Львовско-Волынского бассейнов [18].

Наибольшее число случаев травматизма при очистной выемке угля происходит при осуществлении процессов крепления и управления кровлей и оформлении забоя. При этом наиболее частое травмирование от оставшихся навесов угля и кровли, отжима угля и нарушения паспорта крепления (табл.50 [18]).

Таблица 49

Процессы	Распределение случаев травматизма по процессам в лавах, %			
	с механизированными комплексами	с узкозахватными комбайнами и инд. крепью	со строгими установками	с широкозахватными комбайнами
Выемка ниш	9,0	5,7	5,8	3,8
Монтаж и демонтаж	4,0	1,6	0,4	3,0
Управление и обслуживание выемочной машины	16,5	11,4	10,2	12,6
Оформление забоя	22,8	13,4	10,9	13,8
Управление кровлей	16,9	37,6	38,5	32,4
Передвижка конвейера	4,9	11,1	10,1	8,4

Продолжение таблицы 49

Передвижение по лаве	4,6	5,0	2,0	5,5
Прочие	21,3	14,2	22,1	20,5

Таблица 50

Распределение случаев травматизма от обрушений в очистных забоях шахт Донецкого и Львовско-Воленского бассейнов

Причины травмирования	Распределение случаев травматизма в лавах от обрушений, %		
	с механизированными комплексами	с узкозахватными комбайнами и инд. крепью	со струговыми установками
Оставление навесов	18,2	13,2	21,2
Отсутствие или отставление постоянной крепи	18,8	16,4	22,2
Отсутствие или недостаточная плотность временной крепи	8,6	16,0	4,4
Несоответствие паспорта горногеологическим условиям	12,9	8,1	8,0
Несвоевременное крепление нарушенной кровли	12,0	1,0	8,2
Неправильное удаление крепи	3,8	2,2	13,3
Нахождение в незакрепленном пространстве без производственной необходимости	8,7	8,3	4,3
Отжим угля из забоя	6,3	20,0	3,0
Обрушения при передвижке крепи	6,6	6,8	4,9
Прочие	8,6	5,0	10,5

Но при этом (табл.49) необходимо отметить, что в очистных забоях, оборудованных механизированной крепью, случаев травматизма на процессах по управлению кровлей в 1,9-2,7 раза меньше, чем при других средствах механизации.

К числу основных факторов, влияющих на частоту производственного травматизма в очистных забоях, отно-

сятся: мощность и угол падения пласта, глубина разработки, газо- и водообильность очистного забоя, класс обрушаемости пород кровли, коэффициент затяжки кровли, длина и скорость подвигания очистного забоя, состав сменного звена рабочих, текучесть и сменяемость рабочих кадров, удельный вес ручных работ в лаве и др.

При этом необходимо ясно представлять, что "несчастный случай" является конечным результатом опасного развития объективных и субъективных процессов, протекающих во времени и пространстве под воздействием многих тесно взаимодействующих друг с другом причин и условий.

Поэтому, говоря о факторах, влияющих на частоту травматизма, мы должны понимать, что сам фактор является лишь гипотетической причиной травматизма и с ним (фактором) мы лишь связываем травматизм через проявление массы объективно-субъективных причин и следствий.

Поясим на примере: травматизм в результате отжима угля из груди забоя. Очевидно в этом случае проявляется много факторов: и мощность пласта, и глубина разработки, и скорость подвигания забоя, и класс пород кровли, и также технические факторы, как средства крепления груди забоя, паспорт крепления, коэффициент затяжки кровли, и, наконец, организационные и психофизические факторы - производственный опыт, наличие команды и производственной необходимости и др.

Главным в действиях людей по предотвращению производственного травматизма является познание объективных факторов, оценка степени влияния гипотетических и субъективных факторов и разработка всеобъемлющей системы мер, предотвращающих превращение этих факторов в движущие силы проявления травмоопасной ситуации.

Все факторы и причины производственного травматизма можно разбить на четыре основные группы:

- природные, действия которых носят объективный характер;
- технико-технологические, определяемые принятой технологией, составом оборудования и схемой работы;
- организационные, определяемые комплексом вопросов по организации производства и труда (скорость подвигания лавы, режим работы, численность и состав бригады и др.);
- социальные и психофизиологические (стаж, возраст, профессиональная пригодность, квалификация, текучесть кадров и др.).

На рис.62 представлено распределение случаев травматизма от обрушения пород кровли и общего числа случаев по ширине очистного пространства при работе комплексов КМ 87 и КМК97.

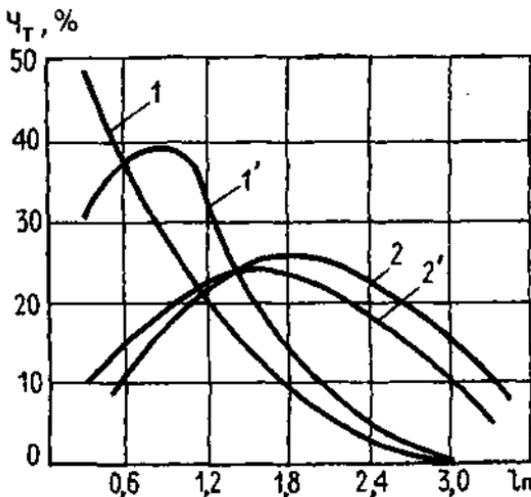


Рис.62 Распределение частоты случаев травматизма χ_t от обрушений пород кровли и общего числа случаев травматизма по ширине очистного пространства % случаев от обрушений: 1 - КМ87, 2 - КМК97, % общего числа случаев травматизма: 1' - КМ87, 2' - КМК97

По комплексу КМ87: 92,2% случаев происходит в зоне, непосредственно прилегающей к забою, из них 57,3% на полосу незакрепленного пространства 0,3 м от груди забоя, 47,7% в зоне передвижки секции крепи.

По комплексу КМК 97: 70% случаев в зоне призабойного пространства на участке с удалением от забоя более 1 м и лишь 10% в непосредственной призабойной зоне.

Такое различие прежде всего объясняется тем, что при работе на пластах 1,2-1,6 м конструктивное расположение домкратов и оснований секций крепи М 87 затрудняет передвижение людей по месту прохода в крепи и рабочие передвигаются в незакрепленной зоне.

В крепи М97 при коэффициенте затяжки кровли $k_3 = 0,55$ травмирование людей происходит в зоне их постоянного нахождения под перекрытиями крепи.

На этом же рисунке показано распределение частоты общего числа случаев травматизма.

Наибольшее число случаев травматизма при работе комплекса КМ87 сдвигается от забоя на расстояние 0,6-1,2 м (63,1%), где возможность травмирования увеличивается за счет случаев травматизма от колебаний и порывов цепи, при эксплуатации и ремонте комбайна и конвейера.

На рис.63 представлено распределение случаев травматизма от обрушений пород кровли и общего числа по длине очистных забоев при работе комплексов КМ 87, КМК 97, "Донбасс".

Наибольшее число случаев травматизма происходит на участках лавы, прилегающих к штрекам, так как сопряжение штреков с лавами является местом повышенной опасности. Кроме того на этих участках лавы (8-16 м от каждого штрека) находится большое количество рабочих на выполнении концевых операций, по подготовке ниш и др. Это приводит к тому, что на этих участках частота травматизма в 2-3 раза выше, чем в среднем по лаве.

На рис. 64 представлена зависимость высоты вывалов h от расстояния между грудью угольного забоя и концами

консолей крепи l . Эта зависимость аппроксимируется уравнением:

$$h = 62,1 - \frac{8,1}{l}, \text{ см}$$

Анализ уравнения показывает, что при уменьшении l от 0,4 до 0,15 м высота вывалов уменьшается с 42 до 8 см, т.е. в 5,2 раза.

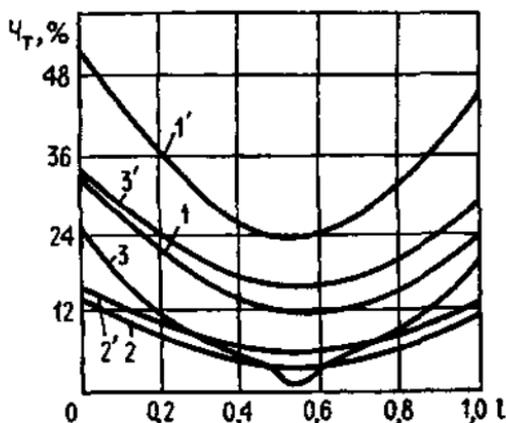


Рис. 63 Распределение частоты случаев травматизма от обвалов пород кровли и общего числа случаев травматизма по длине очистных забоев (в долях длины лавы): 1, 2, 3 - частота общего травматизма
1', 2', 3' - частота травматизма от обвалов кровли,
1, 1' - комплекс КМ87, 2, 2' - комплекс КМК97, 3, 3' - комплекс "Донбасс"

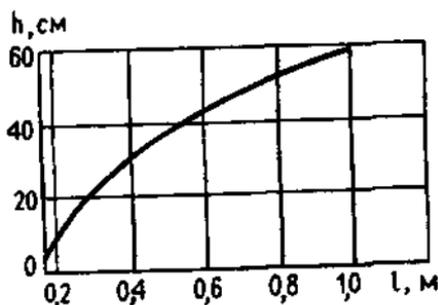


Рис. 64 Зависимость высоты вывалов h от расстояния l между грудью угольного забоя и концами консолей крепи

Частота случаев травматизма от обрушений в существенной мере зависит от коэффициента затяжки кровли, причем для всех комплексов важно знать не среднее значение коэффициента, а его значение по зонам.

На рис. 65 представлена зависимость частоты вывалов породы кровли от отношения длины l обнажения к его ширине H в нишах комплексно-механизированных лав. Кривая, представленная на рисунке 65 аппроксимируется уравнением

$$Ч_в = 2,6 + \frac{38,3}{d}, \%, \text{ где } d = \frac{l}{H}$$

Расчеты показывают, что уменьшение d с 2,0 до 1,0 увеличивает вероятность вывалов с 21,7% до 40,9%. При достижении $d \geq 5$ частота вывалов снижается незначительно и находится на уровне 12-8%.

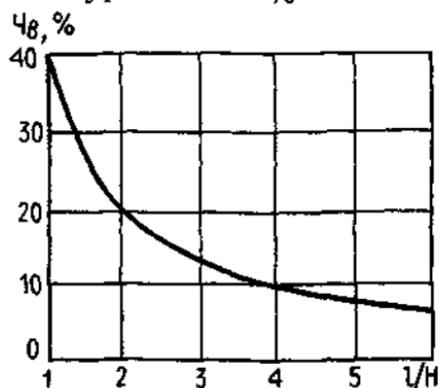


Рис. 65 Зависимость частоты вывалов $Ч_в$ пород кровли от отношения длины обнажения l к его ширине H в нишах комплексно-механизированных лав

Таким образом, механизация процесса выемки и крепления ниш, а в лучшем случае их полная ликвидация являются весьма актуальными задачами.

Анализ коэффициента частоты травматизма от численности сменного звена очистного забоя, производительности забоя (t/cm) и производительности труда

(т/вых), от мощности пласта, от площади выемки ($m^2/сут$), длины лавы (м) и скорости подвигания забоя (м/смену) и от угла падения пласта позволяет сделать следующие выводы.

По безопасным условиям труда состав сменного звена рабочих очистного забоя, оборудованного механизированными комплексами КМ 87 и "Донбасс", не должен превышать 10-14 чел.; КМК 97 - 12-16 чел. и КМС 97 - 10-12 чел. Дальнейшее увеличение численности рабочих, не приводя к существенному росту производительности труда, дает увеличение случаев травматизма.

Увеличение производительности очистного забоя и производительности труда по рассматриваемым комплексам в 5 раз способствует снижению коэффициента частоты травматизма в 4,2-4,9 раз. При этом эта зависимость отражает многофакторные связи технологических и организационных процессов.

Увеличение вероятности травматизма при уменьшении и увеличении мощности пласта от оптимального по фактору k_4 в первом случае объясняется уменьшением высоты рабочего пространства и ухудшением условий труда, а во втором - появлением более интенсивного отжима угля и увеличением трудоемкости ручных работ.

6.3. Вибрация и шум. Средства защиты

Сложные механические колебания частиц упругой среды в диапазоне частот от 20 до 20000 Гц, беспорядочно изменяющиеся по времени, воспринимаются человеческим ухом как шум. С физиологической точки зрения шумом принято называть звуки, оказывающие неблагоприятное воздействие на человека.

Вибрацией называется процесс распространения механических колебаний в любой упругой среде. Колебания механических тел с частотой ниже 20 Гц воспринимаются человеком как вибрация, а с частотой выше 20 Гц - одновременно как вибрация и шум.

Шум и вибрации горных машин вызывают рост профессиональных заболеваний и снижение производительности труда.

Вредность шума и вибрации определяется: значениями уровней звукового давления и виброскорости (характером спекта); временем воздействия за рабочую смену (временными характеристиками).

Чувствительность человеческого слуха к звуку зависит не только от его уровня, но и от частоты. Наиболее чувствителен слух к звукам частотой 1000 Гц. Весь диапазон частот, воспринимаемых человеком - от 20 до 20000 Гц, разделен на 8 октавных полос, в каждой из которых верхняя граничная частота равна удвоенной нижней. В настоящее время все расчеты и нормирование ведутся в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Предельно допустимый уровень звукового давления в рабочих комнатах не должен превышать 50-65 дБА, а на рабочих местах и производственных территориях 80 дБА, в октавных полосах с частотами 5000 и более Гц, и может достигать 95 дБ при более низких частотах.

Вибрация, воздействующая на человека, нормируется среднеквадратическими значениями виброускорения (m/s^2).

Для общей вибрации допустимые значения нормируемого параметра (при длительности воздействия 480 мин) должны соответствовать величинам, указанным в табл.51.

Повышение эквивалентного (по времени) уровня звукового давления с 80 дБА до 115 дБА приводит к вероятности потери слуха на 36% за пять лет работы и на 71% за 10 лет работы.

В таблице 52 приведены шумовые характеристики, а в таблице 53 вибрационные характеристики некоторых типов горных машин, /19/.

Таблица 51

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Среднее квадратическое значение			
	виброускорения		виброскорости	
	м/с ²	дБ	м/с · 10 ⁻²	дБ
8	1,4	73	2,8	115
16	1,4	73	1,4	109
3165	2,7	79	1,4	109
63	5,4	85	1,4	109
125	10,7	91	1,4	109
250	21,3	97	1,4	109
500	42,5	103	1,4	109
1000	85,0	109	1,4	109

Таблица 52

Марка машины	Корректированный уровень звуковой мощности, дБА	Уровни виброскорости, дБ, в октавных полосах частот, Гц						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
Горношахтное оборудование								
Комбайны очистные								
ТЕМП (П)	128	95	105	115	121	125	120	110
ТЕМП (Э)	114	95	97	109	112	106	98	89
КИРОВЕЦ-2	116	98	106	114	115	112	112	97
1ГШ68	107	97	101	104	106	93	89	85
1ГШ68Е	107	97	101	104	106	93	89	85
2КШЭ	118	104	110	111	109	100	93	90
2К52МУ	108	95	103	108	105	98	93	85
К103	102	92	93	96	97	89	80	71
2ГШ68Б	108	97	101	104	106	93	89	85
Комбайны и комплексы проходческие								
4ПУ	112	102	110	108	106	106	100	90
ГПКС	123	116	120	118	119	117	110	97
УРАЛ-ЮКСА	125	121	119	119	120	110	100	100
ПК-ЗР	122	108	112	115	117	116	112	102
Агрегаты очистные								
АНЦ: - с электроприводом	102	93	94	99	98	94	93	86
- с пневмоприводом	123	108	109	112	121	118	109	100

Продолжение таблицы 52

Погрузочные машины								
1ПНБ	121	112	116	117	117	115	110	97
2ПНБ-2У	126	116	116	119	122	120	114	106
2НБ-2БС: - при погрузке - при бурении	121 111	112 94	116 97	117 103	117 105	115 105	110 106	97 97
Перфораторы								
ПП36, ПП50, ПП54, ПП63	112							
Струговые установки								
СО-75: - привод - средняя часть	129 123	113 114	121 113	120 114	126 118	122 121	119 110	114 119
Скребковые конвейеры								
СПМ-130, СП-202	111-113	103	116	112	107	100	89	83

Таблица 53

Марка машины	Уровни звуковой мощности, дБ, в октавных полосах частот, Гц									
	2	4	8	16	32	64	125	250	500	1000
Горношахтное оборудование Комбайны проходческие										
ГПКС, 4ПУ - рабочее место - рукоятки управления	95 - -	94 - -	92 - -	97 106 -	100 106 94	99 104 99	- 98 -	- 100 -	- 97 -	- 94 -
Урал-20КСА	103	103	103	103	94	99	-	-	-	-
Погрузочные машины										
1ПНБ (2, 2У 2Б, 2Б2)	-	-	-	109	105	107	102	99	-	-
2ПНБ-2У	-	-	106	107	104	98	94	95	90	89
1ППН-5Э	131	126	128	128	116	127	-	-	-	-
Шахтные локомотивы										
К-10: - сидение - подножка сидения - рукоятка управления	124 107 -	123 106 -	115 101 98	105 92 95	104 90 97	104 85 84	- - 83	- - 74	- - 73	- - 70
7КР 1У: - пол - сидение - рукоятка управления	100 113 -	101 110 -	97 101 104	93 94 100	87 96 92	87 95 91	- - 87	- - 76	- - 75	- - 70

Продолжение таблицы 53

Молотки отбойные пневматические										
МО-5ПМ, МО-6ПМ, МО-7ПМ	-	-	120	120	117	114	111	108	105	102
Перфораторы										
ПП36, ПП50, ПП54, ПП63	-	-	120	120	119	114	112	107	1107	111
Сверла ручные горные										
СЭР-19М	-	-	-	127	124	123	115	116	115	106
ЭР18Д-2М	-	-	-	127	118	115	107	100	103	95
СРЗ-1М	-	-	-	116	111	110	95	98	107	114
СРЗБ-1М	-	-	-	127	119	116	111	108	110	115

Средства защиты

Широкое использование в технологии добычи полезных ископаемых самоходных горных машин ставит проблему защиты оператора от общей вибрации. К данной категории относятся машины проходческие, для бурения шпуров и скважин, для транспортировки людей и грузов, грузоподъемные, для продольного перемещения насыпного груза и др. Выбор средств изоляции оператора от вибрирующего основания обусловлен особенностями рабочего места. При работе оператора в положении "сидя" применяют виброзащитные сиденья; в положении "стоя" - упругоподвешенные площадки или подножки. Если позволяют конструкция машины и условия среды, используется виброизоляция кабины. В этом случае можно обеспечить защиту и от шума. Сиденье не обеспечивает защиту ног оператора, площадки и подножки чувствительны к положению центра масс, применение кабин сдерживается стесненностью рабочего места и ограниченностью обзора, поэтому целесообразно применять комбинированные системы или устранять указанные недостатки. Используемые в настоящее время упругие подвесы показаны на рис.66 и 67. Опорный вариант получил большее распространение, чем подвесной. Наиболее простая подвеска с направляющей типа "ось-втулка" применяется в конструкциях погрузочных и бурильных машин и обеспечивает

гашение только вертикальной вибрации. Подвески с направляющими типа "шток-втулка" тоже гасят вибрацию в одном направлении. Еще одной разновидностью однонаправленных направляющих механизмов являются "параллелограммы", ножничные и рычажно-роликовые системы. Применяются также подвески, в которых параллельность опорной плиты и основания достигается за счет гибкой связи, пропущенной через направляющие ролики.

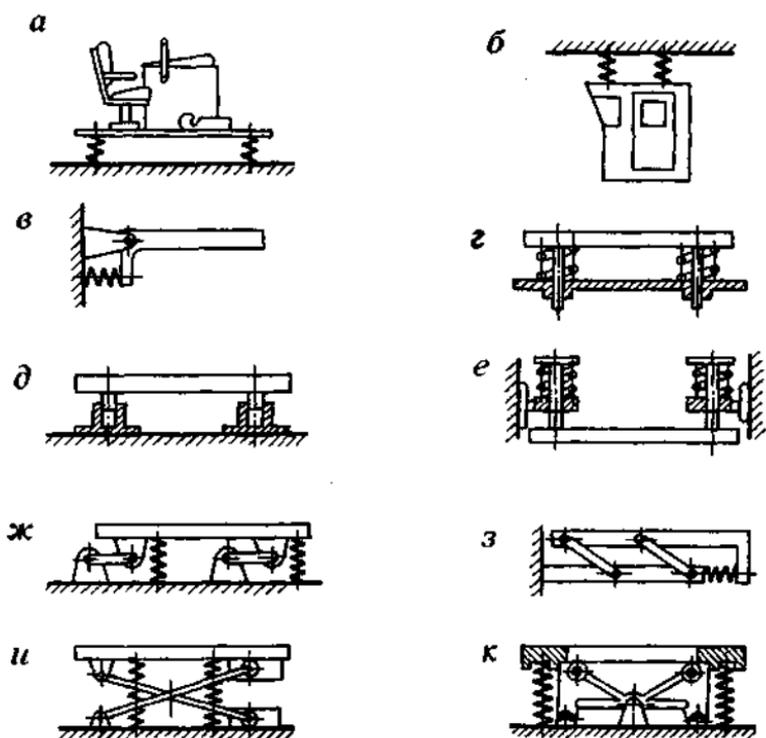


Рис. 66 Схемы систем виброзащитных площадок
а - опорная, *б* - подвесная, *в* - с направляющей типа "ось-втулка",
з, *е* - с направляющей типа "шток-втулка", *ж*, *з* - с направляющими
 типа параллелограмма, *и*, *к* - рычажно-роликовые

Для защиты от вибраций в нескольких направлениях применяют комбинации рассмотренных направляющих устройств, располагая их в ортогональных плоскостях; при этом возрастает сложность и стоимость подвески. Каждой степени свободы соответствует свое направляющее устройство.

Особенностью погрузочно-доставочных машин на самоходных пашах является стесненность рабочего пространства в кабине оператора, что требует создания малогабаритных сидений с шириной, глубиной, высотой соответственно 340, 320 и 400 мм.

Виброзащитное сиденье (рис.66) имеет основание, двухкаскадный канатный виброизолятор, собственно сиденье и спинку. Основание выполнено в виде стойки по принципу "винт-гайка", что обеспечивает его регулировку по высоте. Для машины ПД-2Б основание опоры выполнено наклонным, так как пол кабины имеет уклон.

Двухкаскадный канатный виброизолятор состоит из верхней, промежуточной и нижней опорной плит, которые соединены между собой упругими элементами, установленными по краям плит в два ряда параллельно продольной оси виброизолятора.

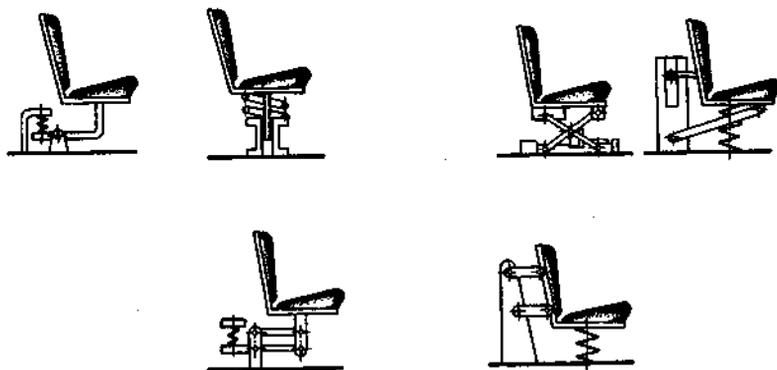


Рис.67 Схемы систем виброзащиты сидений

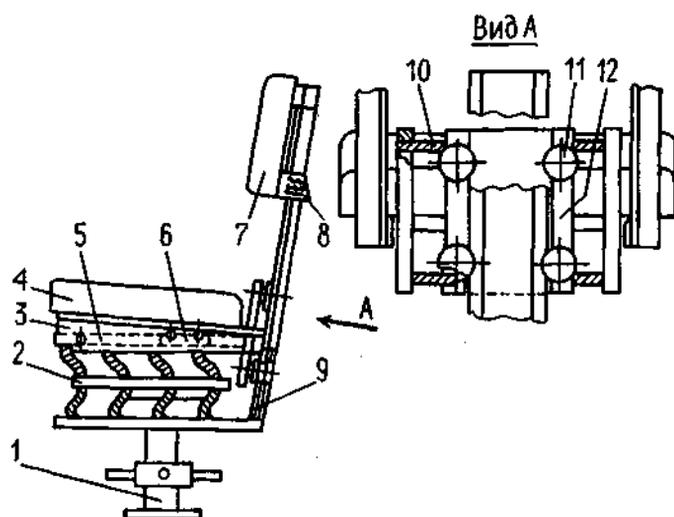


Рис. 68 Виброзащитное сиденье

- 1 - основание, 2 - двухкаскадный канатный виброизолятор,
 3 - пластины соединения сиденья со спинкой, 4 - сиденье,
 5, 6, 8 - регулировочные пазы, 9 - направляющая,
 10 - виброизоляторы (отрезки канатов), 11 - ролики, 12 - каретка

Список литературы

1. Солод В.И., Зайков В.И., Первов К.М. Горные машины и автоматизированные комплексы. - М.: Недра, 1980.
2. Зайков В.И., Разумов Н.В. Методические указания по лабораторным и практическим занятиям. - М.: МГИ, 1990.
3. Гетопанов В.Н., Рачек В.М. Проектирование и надежность средств комплексной механизации. - М.: Недра, 1986.
4. Коровкин Ю.А. Механизированные крепи очистных забоев. - М.: Недра, 1990.
5. Справочник механика угольной шахты. Пархоменко А.И., Остапенко К.И., Митько И.М. и др. - М.: Недра, 1985.
6. Гимельштейн Л.Я. Техническое обслуживание и ремонт подземного оброрудования. - М.: Недра, 1984.
7. Орлов А.А., Баранов С.Г., Мышляев Б.К. Крепление и управление кровлей в комплексно-механизированных очистных забоях. - М.: Недра, 1993.
8. Зайков В.И. Проходческие щиты. - М.: МГГУ, 1994.
9. Шуплик М.Н. Строительство подземных сооружений. Справочник. - М.: Недра, 1990.
10. Храпов В.Г. Тоннели и метрополитены. - М.: Транспорт, 1989.
11. Кантович Л.И., Гетопанов В.Н. Горные машины. М.: Недра, 1989.
12. Машины и оборудование для шахт и рудников: Справочник. - М.: МГГУ, 1994.
13. Кантович Л.И. и др. Методические указания по практическим занятиям. - М.: МГГУ, 1994.
14. Остапенко В.И. и др. Капитальный ремонт горношахтного оборудования. - М.: Недра, 1986.
15. Технические средства диагностирования: Справочник. - М.: Машиностроение, 1989.
16. Справочник механика-шахтостроителя / Ред. Ма-ливанов Д.И. - М.: Недра, 1986.

17. Зайков В.И. Эксплуатация горных и транспортных машин и комплексов: В 2 ч. - М.: МГИ, 1984-1985.

18. Зайков В.И. Эксплуатация и ремонт оборудования подземных разработок. - М.: МГИ, 1987.

19. Флавицкий Ю.В. и др. Защита от шума и вибрации на предприятиях угольной промышленности. - М.: Недра, 1990.

20. Пархоменко А.И. Безопасная эксплуатация забойного оборудования. - М.: Недра, 1989.

21. Намакштанский В.Я., Котлов Э.С. Безопасность труда в комплексно-механизированных очистных забоях. - М.: Недра, 1979.

Содержание

Введение	5
Раздел 1. Выбор оборудования и обеспечение рациональных режимов эксплуатации.....	7
1.1. Основные показатели эффективности и безопасности эксплуатации оборудования.....	7
1.2. Горнотехнические условия применения очистных механизированных комплексов	8
1.3. Выбор основных параметров механизированной крепи	16
1.4. Расчет и анализ эксплуатационной производительности очистных комбайновых комплексов	23
1.5. Расчет и построение планограммы и организация работ в очистном комплексно-механизированном забое	33
1.6. Расчет эксплуатационной производительности проходческих комбайнов. Планограммы работ.....	45
1.7. Области применения и выбор типа проходческого щита	54
1.8. Расчет и анализ производительности проходческих щитов. Темпы проходки и сооружения тоннелей	68
1.9. Определение усилий передвижения щита и допустимого давления домкратов на обделку.....	79
Раздел 2. Стратегия и структуры систем эксплуатации, технического обслуживания и ремонта оборудования и их оптимизация	89
2.1. Системы эксплуатации.....	89
2.2. Структура состояний и виды технического обслуживания и ремонта оборудования	93
2.3. Разработка структуры ремонтного цикла	99

2.4. Разработка годового графика ППР с учетом остаточного ресурса и плановой производительности	102
2.5. Законы распределения случайных величин и выбор стратегии замены элементов оборудования	109
2.6. Целевая функция системы технического обслуживания и ремонта.....	117
2.7. Оптимизация целевой функции системы технического обслуживания и ремонта.....	121
Раздел 3. Выбор типа и режима смазки горных машин	127
3.1. Смазочные материалы, их характеристики.....	127
3.2. Выбор смазки	131
3.3. Режим смазки и нормы расхода смазочных материалов	139
Раздел 4. Монтаж горных машин и оборудования.....	145
4.1. Монтаж очистных механизированных комплексов	145
4.1.1. Организация и технологическое обеспечение монтажных работ.....	145
4.1.2. Средства механизации монтажных работ	153
4.1.3. Определение продолжительности монтажа оборудования.....	159
4.1.4. Графики монтажа оборудования.....	166
4.2. Монтаж проходческих щитов.....	172
4.2.1. Подготовка и оборудование монтажной камеры	172
4.2.2. Монтаж комплекса тоннельного типа КТ1-5,6	175

Раздел 5. Техническая диагностика горных машин и оборудования.....	182
5.1. Система диагностирования, диагностические признаки и методы диагностирования.....	184
5.2. Общая характеристика технических средств диагностики. Анализ диагностического сигнала.....	189
5.3. Диагностирование гидропривода.....	198
5.4. Диагностирование механических передач.....	211
5.5. Виброакустическая диагностика горных машин.....	223
Раздел 6. Обеспечение безопасности в процессе эксплуатации горного оборудования.....	231
6.1. Основные меры безопасности при эксплуатации подземного оборудования.....	232
6.2. Основные факторы и причины производственного травматизма, их анализ и меры по устранению.....	237
6.3. Вибрация и шум. Средства защиты.....	245
Список литературы.....	253

**Витольд Иванович Зайков
Гаррий Павлович Берлявский**

**Эксплуатация горных машин и оборудования
(Учебник для Горного университета и вузов)**

Редактор издательства Полетаева С.В.
Компьютерная верстка на настольной издательской системе IBM

Заведующий производством Богачева В.А.
Подписано в печать 06.12.96

формат 29,6x42 1/8, гарнитура "Datch", ризография,
усл.печ.л. 16,1, заказ No.170, тираж 1000 экз.

**ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

Лицензия на издательскую деятельность ЛР No.062809, код издательства 5х(03)

Отпечатано в типографии Издательства Московского государственного горного
университета, 117935, Москва, Ленинский проспект, 6
Тел.: 236-97-80