

УДК 622.838

С.В. Мазин

ПРИБОРНЫЙ КОНТРОЛЬ, ПРОГНОЗ И РЕГУЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ ШИТОВОЙ ПРОХОДКИ

Приведена классификация возможностей предупреждения встречающихся на тоннелепроходческих комплексах аварийных ситуаций, описана система приборного отслеживания силовых и других параметров проходки, определены направления прогноза и контроля.

Ключевые слова: шитовая проходка, аварийные ситуации, система контроля.

1. Встречающиеся аварийные ситуации на шитовых комплексах

Применение проходческих щитов по сравнению с горным способом сопровождается более низкой аварийной обстановкой в строящихся тоннелях. Однако обрушения грунта по причине принимаемого ущерба и частоте случаев продолжают стоять на первом месте среди прочих видов аварий в тоннелестроении. Даже из 60 проектов тоннелей протяженностью более 322 км, построенных щитами «Херренкнехт», ведущей фирмы-производителя тоннелепроходческой техники, зафиксировано 2 случая обрушения грунта, 1 случай частичного затопления выработки, простой при встрече свай и т. д. [1]. Исходя из этого, предотвращение таких видов случающихся аварий, приводящих к материальному ущербу, является актуальной задачей исследования проблем мониторинга щитовой технологии и механики взаимодействия грунтов и проходческой машины.

Обобщенная классификация основных ситуаций, негативно влияющих на эффективность проходки ТПМК, то есть снижающих безопасность, качество и скорость данной

строительной геотехнологии, и возможности их предупреждения и отслеживания, исходя из накопленного автором личного опыта [2] и анализа мировой информации о простоях в тоннелестроении, приведены в табл. 1. Эти технологические ситуации условно подразделены автором на следующие типы и виды (в порядке убывания частоты проявления негативных последствий, приблизительно рассчитанной на 1 км тоннеля):

- 1) аварийные (аварии в тоннеле и на ТПМК);
- 2) нештатные (износ ротора и щита, отказы ТПМК, критичные деформации массива и обделки);
- 3) штатные (некритичные деформации массива и обделки, неэффективные и эффективные простои ТПМК).

Экспертная оценка автором текущего применения контроля и прогноза штатных, нештатных и аварийных ситуаций говорит о большом внимании со стороны подземных строителей к контролю и предупреждению штатных ситуаций, касающихся простоев ТПМК и некритичных деформаций массива и обделки. Представляемыми современным уровнем развития техники и технологии возможностями мониторинга и прогноза нештатных и

Таблица 1

Технологические ситуации, возможность их контроля и прогноза

Тип ситуаций	Вид ситуаций	Количество часов на ликвидацию негативных последствий: 1 случай / на 1 км	Число случаев на 1 км	Средство прогноза	Средство контроля
Аварийные	Аварии в тоннеле	1000	0,005	—	Горный надзор
	Аварии ТПМК	1000	0,01	—	Горный надзор, датчики
Нештатные	Износ ротора и шита	24	0,5	Модель, зондирование	Горный надзор, датчики
	Отказы ТПМК	24	1	Модель	Горный надзор, датчики
	Критичные деформации массива и обделки	48	1	Модель	Геомониторинг, датчики
Штатные	Простои ТПМК сверх регламента	24	5	Циклограмма	Горный надзор, датчики
	Некритичные деформации массива и обделки	12	50	Модель	Геомониторинг, датчики
	Регламентные простои ТПМК	6	100	Циклограмма	Горный надзор, датчики

аварийных ситуаций тоннельщики прибегают редко и непоследовательно, без учета взаимовлияющего поведения системы «грунтовый массив ← ТПМК → тоннельная обделка» при критических параметрах работы шита. Поэтому без надлежащего контроля и прогноза технологических процессов становится возможным быстрое перетекание штатных ситуаций в нештатные ситуации, а нештатных — в аварийные со снижением темпов и безопасности проходки. Особую роль в предотвращении нештатных и аварийных ситуаций играют встроенные в шит, эксплуатируемые системы приборного контроля технологических процессов проходки.

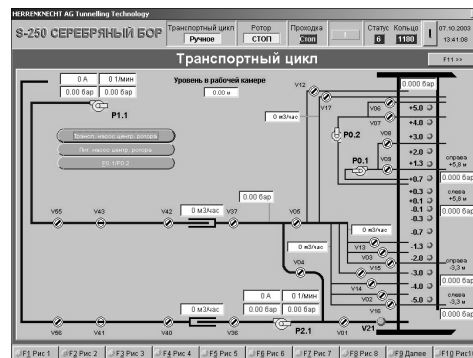
2. Приборный контроль встроенными системами шита

Современный тоннелепроходческий комплекс оснащен системами управления и навигации шита по трассе тоннеля, а также контроля, измерения и регистрации параметров ТПМК и технологического процесса. Немецкие фирмы-разработчики данных систем: «Херренкнехт», «VMT», «Эндрэс+Хойзер», «МТС-Сенсор» и другие.

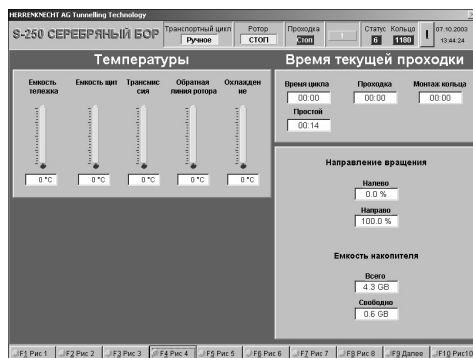
В связи с невозможностью визуального контроля процессов, происходящих в забое и контурах рабочих сред при проходке, механизированные щиты с активным пригрузом забоя оснащаются приборами для контроля основных технологических параметров проходческого цикла.



1 экран визуализации ТГМК 14,2 м: проходческие домкраты, нагнетание раствора, ротор



2 экран визуализации ТГМК 14,2 м: транспортный цикл (общее)



3 экран визуализации ТГМК 14,2 м: температура гидравлики, текущее время цикла, направление вращения ротора



4 экран визуализации ТГМК 14,2 м: нагнетание мастики щеточного уплотнения

Рис. 1. Основные экраны контроля процессов проходки

Объектами контроля являются гидравлические контуры и электрические сети комплекса, а также перемещение и положение щита и отдельных его узлов в пространстве. Приборами контролируются следующие основные рабочие характеристики проходческого комплекса:

- величина и состояние пригрузки (давление, уровень бентонита);
- техническое состояние и функционирование механизмов, узлов и устройств, находящихся в забойной зоне за герметичной перегородкой (движение и нагрузки ротора и дробилки, расход бентонитовой промыв-

ки, движение защитных экранов, расход уплотнительной мастики привода);

- функционирование транспортно-го цикла (положение задвижек, давление, расход, ток, число оборотов насосов и т. д.);
- работа проходческих домкратов (давление, перемещение);
- состояние уплотнения хвостовика (давление, расход мастики);
- работа нагнетания за обделку (давление, расход раствора);
- состояние гидросистемы (температура, давление и расход масла);
- ориентация щита в пространстве и положение кольца обделки;

- опережающая геолокация препятствий в забое.

Все измерительные параметры графически изображаются на мониторах пульта управления (рис. 1).

Отдельные содержания текстов и обозначений на экранах подразделены согласно типу машины на функциональные группы:

- Привод ротора и проходческие домкраты;
- Транспортный цикл;
- Система смазки, нагнетание раствора и уплотнительной мастики;
- Температуры;
- Навигация;
- Сообщения об ошибках;
- Прочее.

Оператор может листать страницы на экране и получать (на основании появившихся значений измерительных параметров на пульте управления) общую картину соответствующего рабочего состояния проходческой машины. Сигналы могут отображаться измерительными приборами или цифровыми дисплеями. Взаимосвязанные процессы имеют символы. В качестве элементов ввода информации в распоряжении оператора находятся кнопки управления задвижками, переключатели или панели с клавиатурой.

На верхней заставке экрана каждой страницы permanently высвечиваются следующие рабочие параметры:

- Актуальное время и дата;
- Текущее рабочее состояние машины подающего контура;
- Текущее рабочее состояние ротора;
- Сведения модуля о режиме или остановке;
- Показания об ошибках.

Актуализация появляющихся на мониторе измеренных данных про-

исходит синхронно со сбором данных. Измеренные данные собираются, если необходимо перерабатываются, вносятся в память и затем выносятся на экран. Обслуживание происходит через простое интуитивное компьютерное управление: меню, мышь и клавиатура.

Если параметры следует изменить или передать на пульт системы управления, соответствующий оператор должен внести свой пароль, фамилию. Далее оператор получает информацию о фактическом состоянии машины. Через размещенные внизу посередине страницы панели после ввода пароля можно менять различные регулируемые параметры. Некоторые показания служат только информации и не позволяют никакого или ограниченного вмешательства в процесс работы ТПМК. К примеру, отключаются максимально 2 пары домкратов во избежание трещин на тубингах.

Текущие сбои (неисправности), которые возникают на ТПМК, загораются на дисплее вместе датой, временем и адресом их появления, что позволяет оперативно предпринимать меры по их устранению.

Увеличение габаритов и сложности комплексов приводит к возрастанию объема регистрируемых рабочих параметров (табл. 2.). На практике оператор шита при управлении технологией сложного механизированного комплекса пользуется ограниченным набором показателей проходки. Перспектива использования все более сложных тоннелепроходческих комплексов вызывает насущную необходимость классификации и ранжирования рабочих параметров шита по степени значимости на результаты проходки.

Таблица 2

Количество контролируемых рабочих параметров ТПМК «Херренкнехт»

ТПМК		Количество контролируемых параметров			
Диаметр, м	Тип	Измеряемых	Рассчитываемых	Сигнальных	Всего
6,25	Грунто-пригруз	94	19	12	125
6,28	Гидро-пригруз	104	20	36	160
14,2	Гидро-пригруз	201	32	39	272

Сложность приборного и системного обеспечения видна на примере ТПМК диаметром 14,2 м с гидро-пригрузом. Автором рассмотрены узлы комплекса и установленные на них датчики контроля, в принцип действия которых заложено взаимодействие слабых полей различного типа. Здесь автором сделана попытка классификации неисправностей на контролируемых узлах тоннелепроходческого комплекса с указанием возможных аварийных ситуаций в тоннеле (обрушение, деформации и затопление, загазованность и пожар) и ТПМК (причина, последствия и их устранение), по причине неисправности узлов, а также вида противоаварийной защиты и функций контроля. Вид защиты — это сигнал и отключение, а функции контроля — это давление, расход, температура и уровень жидкостей. Функции контроля механизмов включают в себя частоту вращения и перемещение. Кроме того, для каждого узла указан объект и среда контроля. Для многих параметров есть возможность визуализации, как на экране оператора, так и в офисе участка, Все измеряемые и расчетные параметры архивируются в памяти компьютера визуализации в офисе участка, многие из

них распечатываются в виде протокола проходки.

3. Направления перспективных исследований опасных процессов приборным контролем

В табл. 3 автором представлен временной охват проходческой технологии системами контроля и прогноза горнотехнической обстановки на примере ТПМК диаметром 14,2 м из расчета средней скорости проходки 4 цикла (или 8 м) в сутки. Показаны самые важные с точки зрения безопасности и качества, контролируемые и прогнозируемые данные, указаны средние сроки сбора данных. Кроме того, приведены сроки, на которые возможно спрогнозировать ситуацию, имея ранее выявленные закономерности и последние собранные данные. В таблице выделены виды контроля и прогноза, обеспечиваемые датчиками систем и которые расположены автором в порядке возрастания степени возможного прогноза (по данным контроля) и убывания времени сбора контрольных показателей. Определены перспективные, проводимые автором исследования систем технологического контроля и прогноза на ТПМК:

Таблица 3

Средний временной охват проходки контролем и прогнозом на примере ТПМК Ш 14,2 м

№ п/п	Вид данных	Объект	Прошедшие циклы проходки										Текущий цикл	Будущие циклы					
			Время																
			Количество суток	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2		-1					
			Количество циклов	-40	-36	-32	-28	-24	-20	-16	-12	-8		-4					
		Количество метров	-80	-72	-64	-56	-48	-40	-32	-24	-16	-8							
			Контроль										Контроль и прогноз	Прогноз					
1	Износ	Резцы, ковши, шарошки, поверхность ротора	Визуально и дистанционно износ резцов, ковшей, шарошек и поверхности ротора										Дистанционно износ резцов, ковшей и поверхности ротора						
2	Количество выемки	Вес вынимаемого грунта											По весу за несколько циклов						
		Объем выемки грунта											По объему за цикл	По текущему объему в цикле					
3	Деформация	Обделка		Всплытие и деформация колец по маркшейдерским данным							Контроль всплытия по статистической модели								
		Поверхность массива		Осадка по геодезическим данным							Осадка по статист. модели «осадка — щитовые данные»								
4	Давление пригруза	Бентонитовая суспензия + сжатый воздух										Коррекция по расчетным данным о геометрии и напоре «опускающегося столба» массива							
5	Контраст	Твердые включения перед ротором										Измерения акустической локации		Визуализация акустической локации					

 — контроль внешними системами

 - контроль и прогноз системами щита

1) износ ротора по дистанционным датчикам щита и визуальному осмотру [3];

2) выемка грунта по объемным и весовым расходомерам щита [4];

3) смещения обделки и поверхности грунтового массива по инклинометрам, датчикам давления в гидрав-

лике щита и внешним измерительным системам [5];

4) давление пригруза и сопротивления массива по датчикам давления грунта и гидравлики щита [6];

5) твердые включения в массиве перед ротором акустическим зондированием со щита [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власов С.Н., Маковский Л.В., Меркин В.Е. Аварийные ситуации при строительстве и эксплуатации тоннелей и метрополитенов. — М.: ТИИР. — 2000. — 198 с.

2. Арбузов М. Ю., Мазеин С. В., Власов С. Н., Синицкий Г. М., Яцков Б. И. Итоги первого этапа проходки тоннелей в Серебряном Бору // Метро и тоннели. — 2005. — № 2. — С. 12—15.

3. Мазеин С.В., Песков С. М. Опыт внедрения системы контроля режущего инструмента ротора на ТПМК «Херренкнехт» // Горный информационно-аналитический бюллетень. — МГТУ, — 2005. — № 9. — С. 58—63.

4. Мазеин С.В., Вознесенский А.С. Оперативный контроль пористости грунта на тоннельной щитовой проходке // Горный

информационно-аналитический бюллетень. — МГТУ. — 2008. — №1. — С. 140—149.

5. Мазеин С.В., Стафеев Г.М., Маслов М.И. Непрерывный контроль деформаций кольца обделки при щитовой проходке тоннелей // Метро и тоннели. — 2007. — № 3. — С. 20—15.

6. Мазеин С. В., Вознесенский А. С. Влияние нагрузок от щита на вертикальную деформацию здания на поверхности вдоль трассы тоннеля // Горный информационно-аналитический бюллетень. — МГТУ. — 2007. — №11. — С. 155—164.

7. Опыт геоакустической локации твердых включений при щитовой проходке тоннелей большого диаметра / С.В. Мазеин, А.С. Вознесенский // Сборник трудов XVIII сессии Российского акустического общества. — Т. 1. — М.: ГЕОС, 2006. — С. 272—275. **ИДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Мазеин С.В. — кандидат технических наук, сервис-инженер ООО «Херренкнехт Транспортные Тоннели», e-mail: maz-bubn@mail.ru.

