НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

и электромеха



Учредитель: Издательство "НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"

Главный редактор КАНТОВИЧ Л.И.

Зам. гл. редактора

ИВАНОВ С.Л.

Редакционный совет:

КОЗОВОЙ Г.И.

ЛАГУНОВА Ю.А

(сопредседатель)

ТРУБЕЦКОЙ К.Н.

(сопредседатель)

АНТОНОВ Б.И.

ГАЛКИН В.А.

КОЗЯРУК А.Е.

КОСАРЕВ Н.П.

МЕРЗЛЯКОВ В.Г.

НЕСТЕРОВ В.И.

ЧЕРВЯКОВ С.А.

Редакционная коллегия:

АНДРЕЕВА Л.И.

ГАЛКИН В.И.

ГЛЕБОВ А.В.

ЕГОРОВ А.Н.

ЕДЫГЕНОВ Е.К. ЖАБИН А.Б.

(ответственный за номер)

ЗЫРЯНОВ И.В.

КАРТАВЫЙ Н.Г.

КУЛАГИН В.П.

МАХОВИКОВ Б.С.

микитченко а.я.

МЫШЛЯЕВ Б.К.

ПЕВЗНЕР Л.Д.

ПЛЮТОВ Ю.А.

ПОДЭРНИ Р.Ю.

САВЧЕНКО А.Я.

САМОЛАЗОВ А.В.

CEMEHOB B.B.

СТАДНИК Н.И.

СТРАБЫКИН Н.Н. ТРИФАНОВ Г.Д.

ХАЗАНОВИЧ Г.Ш.

ХОРЕШОК А.А.

ЮНГМЕЙСТЕР Д.А.

Редакция:

БЕЛЯНКИНА О.В.

ДАНИЛИНА И.С.

Телефоны редакции:

(499) 269-53-97, 269-55-10

Факс (499) 269-55-10

E-mail: gma@novtex.ru http://novtex.ru/gormash

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДСТАВЛЯЕМ	
ООО "СКУРАТОВСКИЙ ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ЗАВ	ОД'

Антипов В. В. СОЭЗ: Вчера, сегодня, завтра
Антипов Ю. В. Обзор оборудования, серийно выпускаемого Скуратовским опытно-экспериментальным заводом
Никитин Г. А., Зубков А. Н., Наумов Ю. Н. Технологические возможности Скуратовского опытно-экспериментального завода
ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ РАЗРАБОТКИ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ
Антипов В. В., Антипов Ю. В., Наумов Ю. Н. Комплекс КТПМ-5,6/6,0: Новый шаг в проектировании отечественной техники для строительства тоннелей для метрополитенов
Жабин А. Б., Поляков Ан. В., Поляков Ал. В., Фомичев А. Д., Антипов Ю. В. Расчет роторного исполнительного органа тоннелепроходческого механизированного комплекса КТПМ-6,0
Рыбаков А. С., Наумов Ю. Н. Разработка системы определения пространственного положения головной секции става грунтопроходческой машины 33
Кузичкин А. Н., Тараньжин С. Ю. Некоторые вопросы обеспечения герметичности тюбинговой крепи вертикальных стволов рудников в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей
Бессолов Д. П. Опыт эксплуатации установок управляемого бурошнекового бурения типа УМТ, выпускаемых ООО "CO33"
Стафеев Г. М., Леонов А. Г. Ведение тоннелепроходческого механизированного

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, и входит в систему Российского индекса научного цитирования.

комплекса с применением российской навигационной системы SN-PAi 46

ПРЕДСТАВЛЯЕМ ООО "СКУРАТОВСКИЙ ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ЗАВОД"

УДК 622

В. В. Антипов, канд. техн. наук, директор, ООО "СОЭЗ", г. Тула

E-mail: seztula@mail.ru

СОЭЗ: Вчера, сегодня, завтра

Изложена история развития предприятия. Описаны ключевые производственные достижения и рассмотрены пути дальнейшего развития.

Ключевые слова: угольная промышленность, буровые станки, бурошнековые машины, опалубка, тоннелепроходческий комплекс, строительство стволов.

V. V. Antipov

SOEZ: Yesterday, Today, Tomorrow

The history of development of our factory is described. The key industrial achievements are resulted and ways of the further development are shown.

Keywords: mining industry, drill rigs, thrust boring machines, tunnel building complex, shaft building.

Скуратовский опытно-экспериментальный завод (ранее — экспериментальный) основан в 1955 г. в Центральном районе Тулы на базе шахты № 9 треста "Скуратовуголь" комбината "Тулауголь". Целью создания завода являлось изготовление экспериментальных образцов новой техники для проведения научно-исследовательских работ по тематике института ЦНИИподземмаш. До 1995 г. основным производственным профилем завода было изготовление (за счет централизованного финансирования) опытно-экспериментальных образцов новых машин и оборудования для угольной промышленности, шахтного строительства и метростроя. К ним относились:

- горные проходческие комбайны для проходки магистральных штреков КП-15, КП-20Б, КП-25, ПК-200;
- проходческие щитовые комплексы для проведения горизонтальных горных выработок КЩ-5.2, КЩ-4.0;
- щитовые проходческие комплексы для проходки наклонных горных выработок в метростроении КПЭ-9.5;

- исполнительные органы и режущие коронки проходческих комбайнов с применением новых резцов типа 1РКС-1, РКС-2, РКС-3;
- опытно-экспериментальные образцы вспомогательного оборудования при проходке вертикальных стволов и горизонтальных выработок БУС, БУ-2, БУР-1 для бурения шпуров в шахтах механизированным методом;
- взрывогенераторные установки типа ВГУ, предназначенные для разрушения горных пород большой крепости с применением микровзрывов.

Во времена перестройки завод, как и большинство предприятий машиностроительного комплекса, пережил не лучшие времена, так как наука и опытно-конструкторские работы тогда практически перестали финансироваться, а из-за спада в промышленности происходило массовое закрытие шахт.

Для экспериментальных предприятий, входивших в это время в систему Минуглепрома, ситуация усложнилась и тем, что эти заводы практически не имели прямых договоров с потребителями. Все образцы техники изготавливались заводом по заказу Минуглепрома, как экспериментальные образцы, и в случае положительных результатов

в дальнейшем передавались на серийное производство другим предприятиям министерства. В результате завод, обладавший опытным коллективом, широкими технологическими возможностями, позволяющими изготавливать самое совершенное на тот момент горное оборудование, оказался без произведенной продукции, которую он мог бы предложить потребителю. Перед коллективом встал вопрос о формировании новой стратегии развития предприятия во вновь сложившихся условиях.

Главными задачами этой стратегии стали поиск новых направлений деятельности предприятия, формирование инженерного ядра — конструкторского бюро завода, которого ранее на предприятии никогда не было.

Конечно, вначале все было очень непросто. Брались за любую работу. При этом оказалось, что набор технологического оборудования экспериментального предприятия позволял удовлетворить любые потребности заказчика в машиностроительной продукции. Это могли быть любые запчасти, гидроцилиндры, шестерни, стальное литье, металлоконструкции. Такая практика на первом этапе работы в новых условиях позволяла предприятию поддерживать не только оборудование, но и коллектив в работоспособном состоянии.

В начале 2000-х гг. в экономике страны начали ощущаться первые признаки стабилизации, начался подъем в строительном комплексе крупных городов и в первую очередь в Москве.

Географически Москва и Тула — соседи, поэтому быть в центре событий не составляло большого труда, тем более, что одним из важнейших приоритетов строительного комплекса Москвы всегда было подземное строительство, которое мы рассматривали как одно из возможных направлений деятельности завода.

Еще в доперестроечные времена завод по документации, разрабатываемой институтом ЦНИИподземмаш, изготавливал проходческие щиты и другое оборудование для коммунальных тоннелей, а также для строительства метрополитена. Мы стали планомерно восстанавливать связи с горно-проходческими организациями Москвы и строительными организациями Мосметростроя, изучать их потребность в части горно-проходческой техники, анализировать возможные направления ее развития. Этот анализ показал, что, к сожалению, в тот момент мы оказались не готовы предложить оборудование, которое требовало время.

На рынке подземного строительства начали появляться образцы современной техники ведущих фирм Германии, Канады, США, которым наша

промышленность на тот момент ничего не могла противопоставить. Конечно же, десятилетия застоя давали о себе знать. За это время многие предприятия, которые в 1970—1980 гг. были вполне конкурентоспособны на рынке горного машиностроения, либо прекратили свое существование, либо растеряли свои коллективы и были не способны возобновить выпуск конкурентоспособной продукции.

Однако в этой, казалось бы безнадежной, ситуации мы обнаружили для себя, по крайней мере, два положительных момента.

Во-первых, по крайней мере среди отечественных производителей на рынке этого вида продукции нет предприятий конкурентов.

Во-вторых, мы получили доступ к современной технике ведущих зарубежных фирм. Мы стали наблюдать ее в условиях эксплуатации, принимать участие в ее ремонте, изучая ее изнутри, так как даже самые современные машины иногда ломаются. Мы освоили выпуск запчастей и инструмента для импортного оборудования.

Параллельно с этим шло формирование собственного конструкторского бюро завода, подбирались кадры, нарабатывались связи с предприятиями-разработчиками электросиловых и электронных компонентов, без которых современное машиностроение уже не может обойтись. Это позволило предприятию, изготавливающему запчасти, стать полноценной фирмой, 100 % выпускаемых изделий которой являются собственными оригинальными разработками.

Я попробую изложить в хронологической последовательности то, что было создано нашим коллективом за последние 10—12 лет.

Пожалуй первой заметной работой стало создание семейства переносных и самоходных буровых станков типа СБГ-2 и СБГ-3 различных модификаций. Эти станки предназначены для возведения грунтоцементных, буроинъекционных и анкерных скважин (вертикальных, горизонтальных и наклонных), в том числе и в труднодоступных для других технических средств местах (например, из подвальных помещений зданий).

Станки оказались востребованными строителями, показали свою высокую надежность в первую очередь из-за простоты заложенных в них технических решений. На сегодняшний день их выпущено уже более двухсот единиц.

География поставок данного вида оборудования включает практически все крупные города России, Белоруссии и Казахстана. Станки применялись для усиления фундаментов при реконструкции уникальных исторических объектов, таких как

Московский Кремль, зданий Гостиного двора, Большого театра, дворцового комплекса Царицыно в Москве.

Следующей крупной работой для предприятия стало производство семейства машин для бестраншейной прокладки трубопроводов.

Этот тип оборудования значительно сложнее, чем буровые станки, и требовал решения уже более серьезных инженерных и организационных задач. Успешному решению этих задач помогло то, что в течение ряда лет завод принимал участие в выполнении государственных оборонных заказов по разработке и изготовлению специального оборудования для прокладки подземных коммуникаций. Выполнение этих заказов включало проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, которые заканчивались изготовлением образцов. Приобретенный в результате реализации этих работ опыт, в первую очередь в части освоения современного гидропривода, средств автоматики и навигационных систем, явился основой для создания машин для бестраншейной прокладки трубопроводов УМТ-0,6 и УМТ-1,4. Хотя это оборудование во многом является аналогом машин, выпускаемых рядом зарубежных фирм, оно существенно привлекательнее по цене и востребовано сегодня в городах для прокладки коммунальных сетей, в основном самотечной канализации.

Одна из задач, которую нам пришлось решать для отладки такого рода продукции и для обучения покупателей, — это формирование подразделения, которое ведет подрядные работы, используя произведенное на заводе оборудование. Это позволяет нам иметь обратную связь, постоянно работать над усовершенствованием изделий.

Одновременно с освоением производства установок УМТ велись разработка и изготовление мелких серий различного оборудования для бестраншейной прокладки инженерных магистралей, начиная от простейших продавливающих установок (УДП-1500), установок неуправляемого (УП-30) и управляемого (УП-40 и УП-60) прокола и заканчивая комплексами для возведения минитоннелей методами щитовой проходки (КМТП-1,5). Это оборудование необходимо там, где активно осваивается подземное пространство: прокладываются коммуникационные тоннели, линии связи, трубопроводы.

Все, кому знаком порядок постановки на производство новых технологий, знают, что прежде он включал в себя проведение экспериментальных, опытно-конструкторских работ, которые занимали 2—3 года, прежде чем продукция становилась серийной. Финансирование всех этих этапов обеспечивалось из госбюджета. Сегодня такое финансирование отсутствует и все издержки по осваиванию новой техники предприятию приходится брать на себя. В современных рыночных условиях заказчик хочет получить от производителя надежное эффективное оборудование не за 2-3 года как раньше, а как иногда говорят — "вчера". Работа в таких условиях позволила наработать собственные ноу-хау, которые позволяют значительно сократить сроки создания новой техники. Это и унификация отдельных узлов изделий, и единые технические решения, и поузловой запуск в производство по мере разработки технической документации. На первый образец полная техническая документация на изделие, как правило, появляется в момент сдачи изделия заказчику. Сегодня время от подписания договора и согласования технического задания с заказчиком до окончания изготовления, включая выполнение проектных работ, даже для самых сложных изделий, как правило, не превышает одного года.

Успешный опыт такой организации работ с заказчиками привел к тому, что постепенно существенную долю в объеме производства завода стало занимать проектирование и изготовление различного нестандартного оборудования для метростроения, которое в последние годы вновь набирает обороты. Так, в 2003—2005 гг. для метростроителей Казани заводом была изготовлена опалубка передвижная механизированная ОПМ-18, которая предназначена для бетонирования свода однопролетной станции метрополитена мелкого заложения (с пролетом 18 м).

Завод может заслуженно гордится своим участием в строительстве Серебряноборских тоннелей в Москве, подобных которых нет нигде в мире. Их уникальность состоит не только в размере (диаметр в свету 14 м и протяженность более 1,5 км), но и в том, что в тоннеле совмещены автомагистраль и ветка метрополитена. Работа над этим проектом длилась почти три года совместно с "Мосметростроем", институтом "Метрогипротранс" и фирмой "Тоннель-2001".

Для сооружения плиты проезжей части в Серебряноборских тоннелях коллективом завода был разработан и изготовлен комплекс КСПП-14. Оборудование комплекса состоит из семи основных самоходных сборочных единиц (платформ, перестановщиков опалубки центрального и боковых пролетов) и ряда комплектов технологического оборудования (оснастки), поставляемых в составе комплекса. При работе комплекса применяется следующая оснастка: комплекты опалубки правой и левой боковых опорных стен, комплекты опалубки плиты центрального и боковых пролетов, опорные балки опалубок плиты с опорами, комп-

лект рельсовых путей. Общая масса оборудования составила более 1500 т. Оборудование комплекса обеспечивает выполнение всех технологических операций по сооружению плиты: монтаж арматурных каркасов; перестановку опалубок; бетонирование стен тоннеля метрополитена, боковых опор и плиты проезжей части (в согласованном режиме поточного выполнения всего комплекса работ с заданной скоростью до 250 м/мес). Эти технологии и оборудование являются оригинальными, защищены патентом РФ и рекомендованы к применению при обустройстве транспортных тоннелей, в том числе с совмещением в одном тоннеле автомобильной магистрали и метрополитена.

Еще один базовый проект 2007—2008 гг. — разработка и изготовление по заказу корпорации "Трансстрой" комплекса КО-15 для прокладки под железной дорогой двух тоннелей прямоугольного сечения 8×20 м общей протяженностью 200 м методом продавливания железобетонных секций, предварительно изготавливаемых перед входом в тоннель, каждая из которых имела вес около 6000 т. Комплекс состоит из ножевой и трех продавливающих секций, между которыми размещались три группы домкратов, включающие свыше ста мощных гидроцилиндров, объединенных в единую систему, управляемую с помощью телеметрии.

В 2008—2009 гг. заводом были изготовлены два проходческих щита с экскаваторным рабочим органом ПЩМ-3,6 и ПЩМ-4 диаметром соответственно 3,6 и 4 м. В этот же период для строительства станций метро глубокого заложения в Москве нами были разработаны и изготовлены два тоннельных укладчика ТТС-5,5/11 легкого типа, особенностью конструкции которых является возможность работы в расширяющемся тоннеле от диаметра 5,5 до 11 м и два укладчика ТТС-8,5/11 тяжелого типа, которые помимо рукояти для монтажа тюбинговой отделки станционных тоннелей оснащены фрезой для механизированной отбойки породы без применения буровзрывных работ.

Накопленный за последние годы опыт создания разнообразного горно-строительного оборудования позволяет сегодня браться за выполнение заказов самого высокого уровня сложности. Так, в течение 2010—2011 гг. предприятием по техническому заданию Метростроя Санкт-Петербурга разработан и изготавливается тоннелепроходческий комплект КТПМ-5,6 для строительства перегонных тоннелей диаметром 5,6 м в условиях Санкт-Петербурга. Комплекс представляет собой роторный щит с закрытой головной частью, самыми современными электрогидроприводами, системой нави-

гации автоматического управления и телеметрией всех основных систем комплекса. К выполнению данной работы нами привлечен ряд подрядных организаций в части изготовления крупногабаритных деталей главного привода разработки и изготовлении электросилового оборудования, систем автоматического управления и навигации.

В настоящий момент сборка щита находится в завершающей стадии.

Следует отметить, что это будет, пожалуй, первый щит такого диаметра, изготовленный в современной России.

Задача по проектированию и изготовлению такого оборудования конечно очень сложна, но уверенность в ее выполнении у нас есть, тем более, что в лице коллектива специалистов Метростроя Санкт-Петербурга мы имеем не просто заказчика, а единомышленников, которые принимают самое активное участие на всех этапах создания этого комплекса.

В 2011 г. завод приступил к проектированию и изготовлению уникального стволопроходческого агрегата АСП-8,0. Агрегат разрабатывается по техническому предложению горно-строительной компании "ОГСК-Шахтспецстройпроект" для строительства стволов диаметром в свету 8 м. Эта машина позволяет вести проходку стволов в породах крепостью до 6 ед. по шкале проф. М.М. Протодьяконова без применения буровзрывного способа, что наряду с использованием оригинальной схемы монтажа чугунной обделки ствола обеспечит более высокое качество строительства.

В заключение хочу отметить, что помимо выполнения конкретных работ по договорам с заказчиками, сегодня мы практически по каждому направлению, освоенному нашими специалистами, имеем интересные собственные предложения и наработки.

В настоящее время завод уверенно занял свою нишу на рынке производителей оборудования для подземного строительства. Удержать занятые позиции помогает, прежде всего, сплоченный коллектив, имеющий в своем составе высококвалифицированных специалистов, способных решать сложные инженерные задачи. Коллектив завода всегда настроен на установление взаимовыгодных партнерских отношений с заказчиками, с неизменным успехом принимает участие в решении стоящих перед ними инженерных задач и оказывает всестороннюю помощь. Стабильная команда профессионалов, отсутствие текучести кадров, общая заинтересованность в результатах труда дают предприятию уверенность в завтрашнем дне.

Ю. В. Антипов, канд. техн. наук, техн. директор, ООО "СОЭЗ", г. Тула E-mail: seztula@mail.ru

Обзор оборудования, серийно выпускаемого Скуратовским опытно-экспериментальным заводом

Выполнен обзор серийно выпускаемой продукции предприятия. Приведены краткие технические характеристики оборудования.

Ключевые слова: буровые станки, бурошнековые машины, опалубка, тоннелепроходческая техника, строительство стволов.

Yu. V. Antipov

The Review of Skuratov Experimental Plant the Serial Equipment

The review of serial equipment of our plant is executed. Brief characteristics of the equipment are resulted.

Keywords: drill rigs, thrust boring machines, tunnel building technique, shaft building.

Сегодня основным направлением производственной и научно-технической деятельности ООО "Скуратовский опытно-экспериментальный завод" является изготовление оборудования, обеспечивающего проведение комплекса строительных работ, связанных с сооружением различных подземных сооружений, в том числе бурового оборудования и оборудования для бестраншейной прокладки инженерных коммуникаций различного назначения.

Приоритетным направлением предприятия являются разработка и изготовление тоннелепроходческой техники, оборудования для строительства метрополитена и тоннелей большого диаметра, устройств, позволяющих механизировать процессы, связанные с проходкой стволов, машин для бестраншейной прокладки коммуникаций, нестандартного оборудования по техническому заданию заказчиков. Отдельным направлением предприятия является проведение научно-технических работ как по внутренним планам, так и с участием в работах на конкурсной основе. Также на предприятии создан участок бестраншейных технологий, эксплуатирующий оборудование собственного производства, – установки типа УП-30, УП-40, УМТ-0,6. Опыт эксплуатации установок данного типа позволяет вести модернизацию машин и апробирование новых технических решений. При реализации оборудования проводится шефмонтаж или обучение методам работы на установке. На предприятии всегда имеется ремфонд на серийно выпускаемые изделия, позволяющий оперативно реагировать на запросы потребителей. Ниже приведена основная номенклатура изделий, находящихся на разных стадиях реализации.

1. Тоннелепроходческая техника

Заводом освоен выпуск щитовых тоннелепроходческих комплексов следующих диаметров: 1,5; 2,0; 3,2; 3,6; 4,0; 5,6 м. Планируется освоение выпуска комплексов диаметром до 10,5 м. Ниже приведены основные характеристики оборудования.

1.1. Комплекс тоннелепроходческого оборудования *KTП-1,5*

Предназначен для строительства в благоприятных для щитовой проходки инженерно-геологических условиях коммунальных и промышленных минитоннелей (для последующей прокладки трубопроводов различного функционального назначения) и каналов систем электроснабжения и связи (рис. 1). Комплекс может применяться и в неблагоприятных условиях с использованием методов искусственной стабилизации грунтов (химическое закрепление, замораживание) и искусственного строительного водопонижения. Комплекс КТП-1,5 не предназначен для проходки во взрыво- и пожароопасных средах любых категорий. Отличительной особенностью комплекса является то, что прокладка минитоннелей осуществляется с минимальными затратами по выемке грунта.

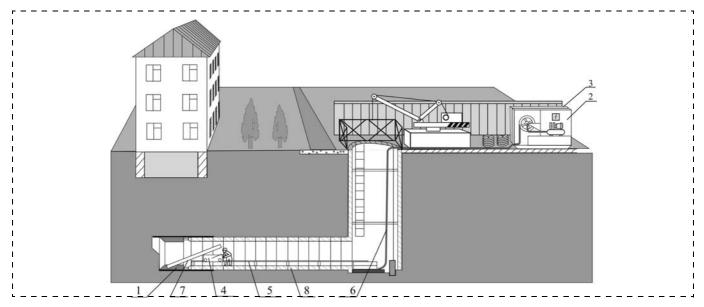


Рис. 1. Схема размещения комплекса КТП-1,5 на объекте:

1 — минищит; 2 — контейнер № 1 (маслостанция, барабаны гидро- и пневмосистемы); 3 — контейнер № 2 (компрессор и система фильтрации); 4 — тележка транспортная; 5 — рельсовый путь; 6 — пневмо-, электро- и гидрокоммуникации; 7 — шнековый забойный конвейер (поставляется по отдельному заказу); 8 — блочная обделка

Составляющие комплекса доставляются на объект легким грузовым транспортом. Обделка тоннеля сборная, железобетонная. Масса каждого блока составляет всего 25 кг. Завод изготавливает формы для блоков повышенной точности. Основные характеристики комплекса приведены ниже.

Основные характеристики комплекса КТП-1,5

Диаметр минитоннеля, в проходке/в свету, м	1,5/1,2
Скорость проходки, м/мес	До 100
Глубина проходки, м	До 20
Исполнение электрооборудования по ГОСТ 14254—96	
по ГОСТ 14254—96	
	IP54
Расход воздуха на вентиляцию, M^3 /мин, не менее	12
Масса оборудования, кг, не более	5000

Продолжением развития данной работы стало изготовление модернизированного комплекса КТПМ-1,5 (рис. 2, см. 1-ю стр. вкладки), дополнительно оснащенного продавливающей установкой, позволяющей вести монтаж металлического трубопровода диаметром до 1,5 м непосредственно из стартового котлована.

1.2. Проходческие щитовые комплексы ПЩМ (рис. 3)

Предназначены для проходки коллекторных тоннелей внутренним диаметром 3,2; 3,6 и 4,0 м с креплением железобетонными модульными бло-

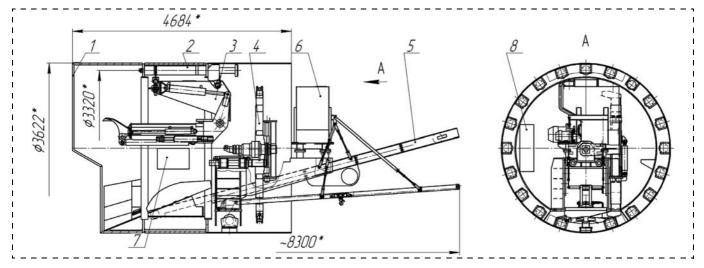


Рис. 3. Проходческий щитовой комплекс типа ПЩМ:

I — корпус щита; 2 — щитовые гидромкраты; 3 — экскаватор; 4 — блокоукладчик; 5 — щитовой конвейер с лебедкой; 6 — маслостанция; 7 — гидрооборудование; 8 — электрооборудование

ками в неводоносных или осушенных водопонижением грунтах I—IV категорий по СНиП, а также в водонасыщенных грунтах в сочетании со специальными способами работ (замораживанием, химическим закреплением, избыточным давлением сжатого воздуха и др.).

Основные технические характеристики комплексов приведены ниже.

Основные характеристики щитовых комплексов ПЩМ

	ПЩМ-3,2	ПЩМ-3,6 (рис. 4, см. 1-ю стр. вкладки)	ПЩМ-4,0
Диаметр тоннеля по корпусу	• • • • •		•••
щита, мм	3190	3590	3980
Ширина кольца блочной кре-	750	750	750
пи, мм	/30	/30	730
Общая длина щита (с направляющей и конвейером), мм	8000	8300	8500
Корпус щита:			
наружный диаметр, мм	3220	3622	4020
масса щита, т	35	38	43
число щитовых домкратов,			
ШТ	15	19	20
ход штока щитовых дом- кратов, мм	800	1000	1200
Исполнение электрооборудования по ГОСТ 14254—96	Не ниже І	P54	

1.3. Проходческие комплексы семейства КТПМ

Учитывая все возрастающую потребность в технике для строительства перегонных тоннелей метрополитена, было разработано семейство тоннелепроходческих комплексов.

На сегодняшний день завершается изготовление и проводятся заводские испытания комплекса КТПМ-5,6 с роторным исполнительным органом (рис. 5) для условий применения в Санкт- Петербурге, особенность которых обуславливается малой обводненностью и хорошей устойчивостью пород.

Для условий работы в Москве разработана щитовая машина в герметичном исполнении со стреловидным рабочим органом (рис. 6).

Особенностью конструкции корпуса щита в обоих вариантах является его разбираемость на модульные элементы в габаритах, позволяющих спускать их по стандартному стволу, транспортировать к месту монтажа и проводить монтажные работы стандартными средствами. Данная особенность является немаловажным условием их возможного применения при строительстве линий метрополитена глубокого заложения.

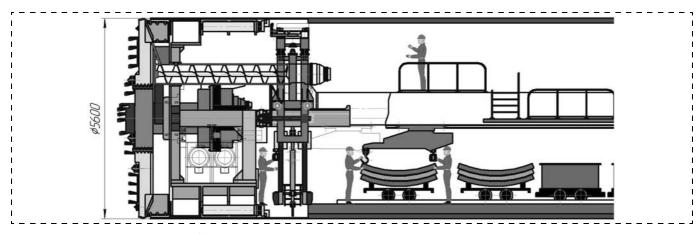


Рис. 5. Комплекс КТПМ с роторным рабочим органом

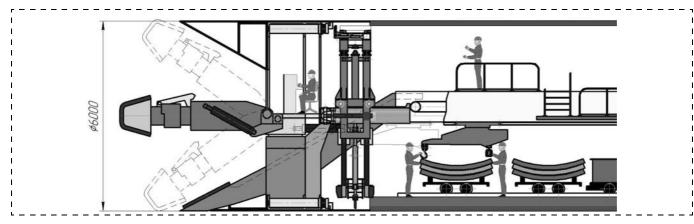


Рис. 6. Комплекс КТПМ со стреловидным рабочим органом

Основные технические характеристики КТПМ-5,6

Общие характеристики:	
диаметр выработки, мм	5600/6000
привод рабочего органа	Гидравлический (электрический)
установленная мощность комплекса, kB_{T}	450
производительность по проходке тон- неля, м/мес, не менее	
Рабочий орган:	
тип	(стреловилный)
частота вращения, мин $^{-1}$	1,24,0 (48)
величина раздвижки, мм	600
число ковшей, шт	12 (0)
Щитовые домкраты:	
число домкратов, шт	
усилие прямого хода (наибольшее), тс ¹	100
Блокоукладчик:	
конструкция	Кольцевая
обделка	Ж/б тюбинги
Перегружатель	Ленточный или шнековый (скребковый)
Скорость движения, м/с	\ I /

Примечание. В скобках приведены значения для исполнения комплекса со стреловидным рабочим органом.

В 2008 г. на нашем предприятии были изготовлены:

- тюбингоукладчик ТТС-8,5/11,0 (рис. 7) для сооружения тоннеля с наружным диаметром обделки от 8,5 до 11,0 м 2 шт.;
- тюбингоукладчик TTC-5,5/11,0 (рис. 8) для сооружения тоннеля с наружным диаметром обделки от 5,5 до 11,0 м 2 шт. На рис. 9 (см. 1-ю стр. вкладки) показан общий вид TTC-5,5/11,0 во время заводских испытаний.

2.2. Комплекс КСПП-14

Предназначен для сооружения плиты проезжей части в Серебряноборских тоннелях Москвы (диаметр тоннеля в свету 14 м). Оборудование комплекса состоит из семи основных самоходных сборочных единиц (платформ, перестановщиков опалубки центрального и боковых пролетов) и ряда комплектов технологического оборудования

2. Оборудование для строительства метро и тоннелей большого диаметра

Данное оборудование представлено различными тюбингоукладчиками и оборудованием для проведения опалубочных работ.

2.1. Тюбингоукладчики тоннельные станционные типа TTC

Предназначены для работы в комплексе проходческого оборудования для установки тюбинговой обделки с закачкой цементного раствора в затюбинговое пространство при проведении горизонтальных тоннелей диаметром 8,5; 9,5 и 10,7 м буровзрывным способом с креплением чугунными тюбингами. Предусмотрены механическая зачистка и оконтуривание фрезой профиля выработки (после проведения буровзрывных работ до монтажа тюбингов). При проведении тоннелей по породам крепостью до f = 4 ед. по шкале проф. М.М. Протодьяконова возможно разрушение породы забоя механически фрезой исполнительного органа.

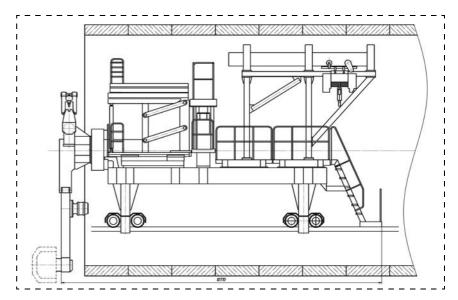


Рис. 7. Тюбингоукладчик ТТС-8,5/11,0

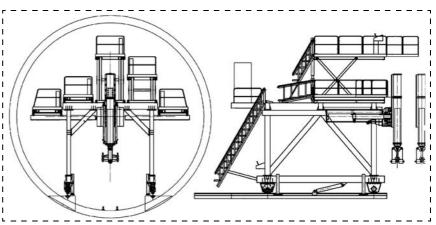


Рис. 8. Тюбингоукладчик ТТС-5,5/11,0

¹ 1 τc ≈ 10 κH.

(оснастки), поставляемых в составе комплекса (рис. 10—12, см. разворот вкладки). При работе комплекса применяется следующая оснастка: комплекты опалубки правой и левой боковых опорных стен, комплекты опалубки плиты центрального и боковых пролетов, опорные балки опалубок плиты с опорами, комплект рельсовых путей боковых пролетов и рельсового пути. Оборудование комплекса обеспечивает выполнение всех технологических операций по сооружению плиты проезжей части (в согласованном режиме поточного выполнения всего комплекса работ с заданной скоростью до 250 м/мес). Эти технология и оборудование являются оригинальными, защищены патентом РФ

и рекомендованы к применению при обустройстве транспортных тоннелей, в том числе с совмещением в одном тоннеле автомобильной магистрали и метрополитена.

2.3. Комплекс КО-15/3 (рис. 13-15)

Предназначен для возведения обделки тоннелей методом продавливания при бестраншейной прокладке инженерных коммуникаций, путепроводов в различных (и соответствующих конструкции головной секции) инженерно-геологических условиях. Комплекс может применяться совместно с головными (ножевыми) секциями различной конструкции (при совмещении продавливания

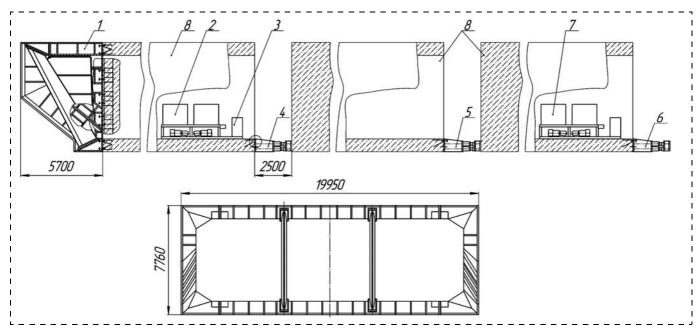


Рис. 13. Общий вид комплекса КО-15/3: I — секция ножевая; 2 — маслостанция № 1; 3 — пульт управления; 4 — секция домкратная № 1; 5 — секция домкратная № 2; 6 — секция домкратная № 2; 6 — секция домкратная № 2; 8 — секция домкратная домкратная № 2; 8 — секция домкратная домкра



Рис. 14. Домкратные кассеты комплекса КО-15/3



Рис. 15. Маслостанции № 1 и № 2 комплекса КО-15/3

с проходкой в забое), а также с другим технологическим оборудованием. Комплекс может обеспечить, в зависимости от исполнения, продавливание железобетонных, металлических и других строительных конструкций общей длиной секций до 100 м и наружным сечением не более 8,0 × 20,0 м.

Основные технические характеристики комплекса КО-15/3

Сечение продавливаемого тоннеля
Сечение продавливаемого тоннеля $(B \times III)^{1}$, м, не более
Длина тоннеля, м
Режим продавливания Шаговый
Скорость подачи, м/мин, не более:
рабочая
обратного хода 0,12/0,24
Максимальное усилие продавливания, тс $125 \times 58 = 7250$
Рабочий ход гидродомкратов, м 1,2
Установленная мощность, кВт 170
Исполнение электрооборудования по
ГОСТ 14254—96
Мощность привода маслостанции, кВт $37 \times 2 \times 7$
Габаритные размеры (Ш \times В \times Д), мм:
домкратной секции 1980 × 900 × 19800
маслостанции № 1
маслостанции № 2
Масса, т:
секции ножевой
домкратной секции № 1/№ 2/№ 3 64,0/53,0/45,0
маслостанции № 1/№ 2 3,15/4,1
комплекса

2.4. Опалубки тоннельные переставные

Предназначены для возведения вторичной бетонной и железобетонной обделки тоннелей после монтажа тюбинговой крепи. Опалубка работает по переставной схеме с шириной захвата 1,5...2 диаметра выработки. Для обеспечения перестановки боковые поверхности опалубки выполнены с возможностью складывания внутрь.

Привод внутренних механизмов опалубки выполнен гидрофицированным.

В настоящий момент изготавливаются два типоразмера опалубки — ОТП-3,6 и ОТП-4,0 (для тоннелей диаметром 3,6 и 4,0 м соответственно).

Краткие технические характеристики опалубок приведены ниже, а общий вид — на рис. 16 (см. разворот вкладки).

Краткие технические характеристики опалубок типа ОТП

Техническая скорость возведения вторичной обделки, м/сут	0
Установленная мощность двигателей, кВт	
Длина опалубки, м	
Номинальный шаг бетонирования, м 5	
Масса (без бетоновода), т	

 $^{^1}$ В настоящей статье применяются следующие обозначения габаритных размеров: В — высота; Ш — ширина; Д — длина.

3. Тоннельное бетонодоставочное оборудование

Предназначено для доставки и раздачи бетона на удаленных участках (свыше $200 \, \mathrm{M}$ от бетонного узла) тоннеля. На заводе разработаны и изготавливаются бетонодоставщики емкостью от $1,5 \, \mathrm{дo} \, 10 \, \mathrm{m}^3$.

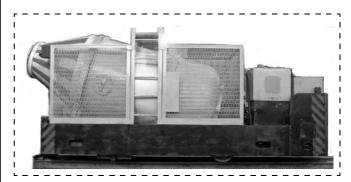


Рис. 17. Общий вид бетонодоставщика ДБТ-4,0

Одной из последних разработок является самоходный тоннельный доставщик бетона ДБТ-4,0 с объемом емкости 4 м³ (рис. 17). В качестве силовой установки доставщика применен дизельный двигатель НАТZ, оснащенный системой нейтрализации отработанных газов и позволяющий проводить работы в подземных условиях. Привод перемещения доставщика и вращения емкости выполнен с применением объемного гидропривода. Для удобства управления и слежения за процессом выгрузки бетонной смеси доставщик оснащен видеокамерами и монитором, установленным в кабине оператора.

Для механизации процесса доставки бетона до места укладки бетонодоставщик работает в комплексе с бетононасосом БН-20 (или его аналогом), устанавливаемым на концевом участке пути.

Процесс раздачи бетона показан на рис. 18 (см. разворот вкладки).

Краткие технические характеристики бетонодоставочного комплекса

Бетоновоз-смеситель автономный ДБТ-4,0:
объем доставляемой смеси, м ³ 4
скорость движения, км/ч 010
производительность по выгрузке, м/ч 020
привод:
марка двигателя НАТХ
мощность, кВт 17
тип
габаритные размеры Д \times Ш \times В, м 5,2 \times 1,6 \times 2,2
масса, т
Бетононасос БН-20:
производительность, $M^3/4$ 520

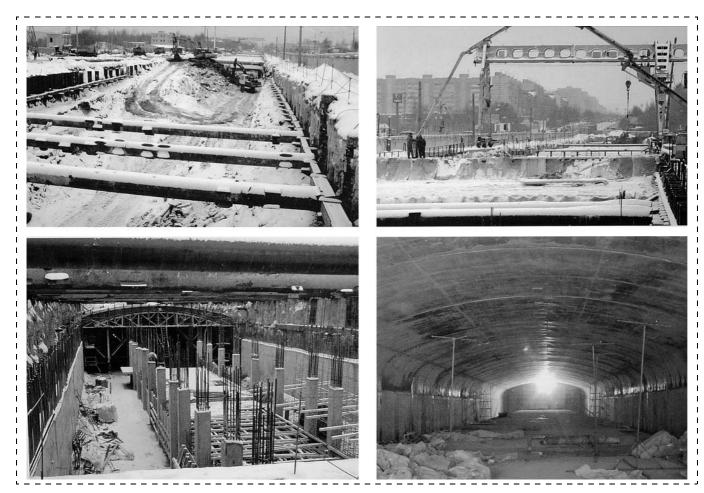


Рис. 19. Опалубка передвижная механизированная ОПМ-18

4. Комплекты опалубок и сложные металлоконструкции по чертежам заказчиков

Одним из направлений деятельности завода является изготовление металлоконструкций различного назначения и различной сложности по чертежам заказчиков. Одним из таких проектов было изготовление в 2003 г. опалубки передвижной механизированной ОПМ-18 (рис. 19), которая

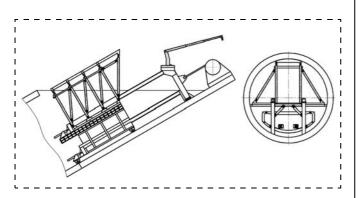


Рис. 20. Общий вид оборудования для бетонирования наклонных тоннелей диаметром 9,4 м

была предназначена для бетонирования свода однопролетной станции метрополитена с пролетом 18 м (Казань).

Интересным направлением является создание механизированных опалубок для бетонирования транспортных тоннелей, возводимых открытым способом, а также комплекса оборудования для бетонирования наклонных эскалаторных тоннелей.

В настоящее время ведется подготовка конструкторской документации и согласование технических вопросов для начала изготовления комплекса для бетонирования. Технические характеристики комплекса приведены ниже, а схема оборудования для бетонирования наклонных тоннелей — на рис. 20.

Технические характеристики комплекса по бетонированию

Производительность по бетонированию (при выдержке бе-	
тона 3 сут), м/сут	
Длина заходки бетонирования, м 6	
Грузоподъемность кран-манипулятора, тс	
Установленная мощность, кВт 50	
Масса комплекса. т	

5. Буровой армировочный станок БАС-1М

Станок БАС-1М (рис. 21) предназначен для бурения лунок под расстрелы при армировании вертикальных стволов шахт в угольной и горнорудной промышленности. Может применяться при армировании стволов шахт, опасных по газу и пыли. Конструкция станка предусматривает возможность его эксплуатации в условиях повышенной влажности шахтного ствола.

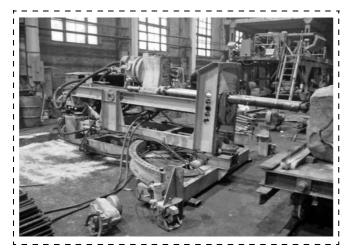


Рис. 21. Буровой армировочный станок БАС-1М

Технические характеристики станка БАС-1М

Диаметр армируемого ствола, м	5,59				
Размеры поперечного сечения лунки, мм:					
за один проход	130×265				
за два прохода					
за три прохода					
Ход подачи, мм					
Глубина бурения, мм	800				
Скорость бурения, мм/мин:					
по бетону	80100				
по породе $(f = 1012)$	3040				
Общая установленная мощность пневмодвигателей,					
кВт	16,9				
Средний расход свободного воздуха при давлении					
0,5 МПа, м ³ /мин	25				

Отметим, что на данное оборудование имеется разрешение на его применение на территории Украины и Белоруссии.

6. Оборудование для бестраншейной прокладки трубопроводов

6.1. Установки для прокладки магистралей методом неуправляемого (УП-30, УП-60) и управляемого (УП-40) прокола

Предназначены для бестраншейной прокладки трубопроводов и оболочек для инженерных ком-

муникаций в насыпных грунтах, при проведении работ в условиях умеренного климата. Установка УП-60 может применяться для санации (восстановления изношенных) трубопроводов из чугуна и керамики.

Основные технические характеристики установок типа УП

		УП-40	
	(рис. 22)	(рис. 23)	
Диаметр начальной скважины, мм	65(45)	65	65
Диаметр расширяемой скважины,			
MM	До 315	До 350	До 400
Скорость подачи, м/мин	До 2,6	До 2,1	До 2,1
Система управления	Нет	Радио-	Нет
		локатор	
Максимальное усилие подачи, т	30,0	40,0	60,0

Установки (в зависимости от модели и комплектации) обеспечивают выполнение следующих операций, связанных с прокладкой трубопроводов (без нарушения поверхности) под дорогами, зелеными насаждениями и т. п.:

- создание необходимого осевого усилия на забой при неуправляемом или управляемом проколе грунта передовой штангой;
- поворот штанги при ее движении в осевом направлении для обеспечения возможности корректировки направления прокола;

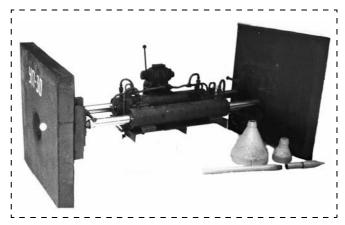


Рис. 22. Общий вид установки УП-30



Рис. 23. Общий вид установки УП-40

- контроль углового и пространственного положения головной части передовой штанги;
- расширение скважины до проектного сечения обратным ходом с одновременной прокладкой технологического трубопровода или оболочки.

Установки комплектуются соответствующим технологическим оборудованием, инструментом и оснасткой и выпускаются в различных исполнениях.

6.2. Установки для прокладки минитоннелей типа УМТ

Предназначены для бестраншейной прокладки трубопроводов различного функционального назначения с использованием метода управляемого прокола пилотным ставом с последующим расширением (с выемкой грунта шнеком) и продавливанием рабочей трубы или футляра, для дальнейшего использования их в качестве трубопроводов для самотечной канализации, а также каналов для систем электроснабжения и связи при проведении работ в грунтах, представленных, как правило, глинами, суглинками, супесями и песками или их сочетаниями II—III категории по классификации Госстроя СССР (коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодъяконова f = 0,3...0,7) в условиях умеренного климата.

Прокладка осуществляется, как правило, в три этапа:

- а) управляемый высокоточный прокол грунта пилотным ставом;
- б) расширение пилотной скважины до рабочего диаметра с продавливанием транспортной или рабочей трубы и выдачей грунта из минитоннеля транспортным (буровым) шнеком;

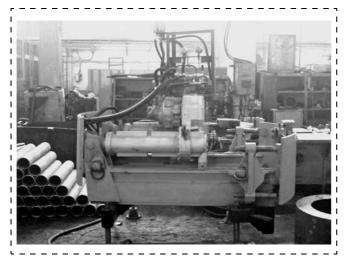


Рис. 24. Установка УМТ-0,6

в) продавливание рабочей трубы с извлечением транспортной трубы.

Состав установки:

приводная дизель-маслостанция;

домкратная станция с пультом управления; система наведения;

рабочее оборудование: штанги, трубы, расширители и т. д.

Основные технические характеристики установок типа УМТ

	УМТ-0,2	УМТ-0,6	УМТ-1,0	УМТ-1,4
Диаметр прокладываемой				
трубы, мм	До 200	До 560	До 1000	До 1400
Длина прокладки, м	До 120	До 80	До 80	До 100
Усилие подачи, тс		80	150	240
Скорость проведения тон-				
неля при продавливании,				
м/смену		До 30	До 20	До 15
Точность прокладки, мм		±30 мм	на 50 м	
Мощность маслостанции,				
кВт		100	140	140

Установки УМТ-0,6 (рис. 24) серийно выпускаются с 2002 г. и уже успешно зарекомендовали себя на объектах Москвы, Нижнего Новгорода, Краснодарского края и Тульской области. В 2007 г. по государственному заказу был создан и успешно прошел испытания опытный образец установки УМТ-0,2, в том же году запущены в изготовление установки УМТ-1,4.

Для всего указанного выше оборудования для бестраншейной прокладки трубопроводов выпускаются полный спектр технологического инструмента (шнеки буровые и передовые, пилотные и транспортные трубы, адаптеры, расширители, гидроключи и т. п.) и различное вспомогательное оборудование (бентонитовые станции, грузоподъемные устройства и т. д.).

Заводом получен сертификат соответствия ГОСТ Р на установки типа УМТ и разрешение Ростехнадзора на их изготовление и применение.

6.3. Установка УДП-1,5 (рис. 25) для прокладки минитоннелей методом продавливания диаметром до 1,5 м

Установка предназначена для возведения обделки минитоннелей методом продавливания при бестраншейной прокладке инженерных коммуникаций в условиях ограниченной строительной площади на поверхности.

Установка может применяться самостоятельно, а также в составе комплекса оборудования совместно с головными (ножевыми) секциями различной конструкции, включая управляемые (при совмещении продавливания со щитовой проходкой в забое), и с другим технологическим оборудованием.

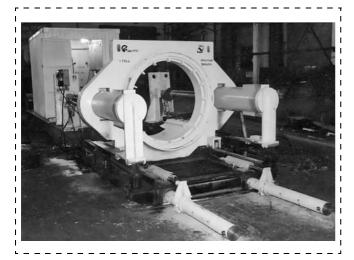


Рис. 25. Установка для продавливания УДП-1,5

Установка может обеспечить, в зависимости от исполнения, продавливание металлических и железобетонных труб с длиной секции до 3 м (исполнение $1УД\Pi-1,5$) и наружным диаметром до 1,5 м. Установка предназначена для работы при температуре окружающей среды от -20 до +50 °C. Установка в части климатических факторов внешней среды соответствует ГОСТ 15150-89, исполнению 55.

Состав установки:

контейнер с силовым блоком и комплектом системы освещения тоннеля, сигнализации и дистанционного управления;

домкратная станция;

переходники для конкретного исполнения трубы.

Основные технические характеристики установок типа УДП-1,5

	УДП-1,5 1УДП-1,5		
Внешний диаметр продавливаемой трубы, м, не более		1,5	
Длина секции трубы, м	1,0/2,0	,	
Режим продавливания	Шаговый		
Скорость подачи, м/мин, не более:			
рабочая		0,14	
маневровая		0,27	
Максимальное усилие продавливания, кН		4500	
Рабочий ход гидродомкратов, м	1,2	1,7	
Габаритные размеры, мм:			
домкратной станции:			
Ш × В	2700×2100		
Д	3800	4800	
контейнера с силовым блоком:			
Д × Ш × В	3000 ×	1900×2300	
Масса, кг:			
домкратной станции	10000	11000	
контейнера		1950	
Глубина котлована			
(по оси трубопровода), м	,	Цо 15	
Размеры котлована (Д \times Ш), м, не менее	$4,2 \times 4,$	$0.5,2 \times 4,0$	

Работа установки заключается в периодическом вдавливании очередной трубы с заданным шагом (с последующим разрушением, погрузкой грунта и выдачей его на поверхность), перехвате (после использования рабочего хода домкратов) нажимной плиты с последующим периодическим вдавливанием трубы на полную длину секции и затем возврате нажимной плиты в исходное положение.

В слабых и неустойчивых грунтах по условиям безопасности можно вести разработку грунта только после того, как закончится образование пробки в трубе, т. е. когда грунт войдет в нее на 1...2 м за режущей кромкой ножа (ножевой секции). При этом может использоваться также и диафрагма, регулирующая поступление грунта в трубу (необходимость установки, конструкция диафрагмы и приемы ее использования определяются производителем работ).

7. Станки буровые гидрофицированные и буровой инструмент

Предназначены для проведения вертикальных и наклонных скважин при возведении буронабивных, буроинъекционных и грунтоцементных (по технологии Ј1 и Ј2) свай. Специалистами завода разработаны и выпускаются следующие типы станков: переносные, самоходные, а также всевозможный рабочий и технологический инструмент, необходимый для их работы.

7.1. Станки буровые переносные (рис. 26)

Станки буровые для вращательного и ударно-вращательного бурения предназначены для проведения вертикальных и наклонных скважин диаметром от 100 до 250 мм глубиной 32...12 м в породах с коэффициентом крепости до 6...20 по шкале проф. М.М. Протодьяконова. Используются при проведении строительных работ на стесненных рабочих площадках, в том числе и из подвалов зданий. Выпускаются следующие модели станков:

типа СБГ-2 с электрическим приводом врашателя;

типа СБГ-3 (рис. 27, см. 4-ю стр. вкладки) с гидравлическим приводом вращателя.

При применении станков возможны различные варианты бурения:

непроходными шнеками с резцовой коронкой; буровыми штангами с керновым буром и продувкой сжатым воздухом;

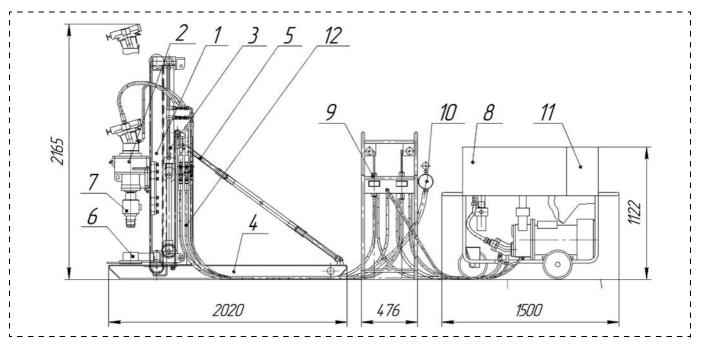


Рис. 26. Структурная схема переносного бурового станка: I — станок; 2 — вращатель; 3 — податчик; 4 — салазки; 5 — тяга; 6 — люнет; 7 — сальник; 8 — маслостанция; 9 — пульт управления; 10 — пневмосистема; 11 — шкаф электроуправления; 12 — рукава высокого давления

буровыми штангами с погружным пневмоударником и буровой коронкой с продувкой сжатым воздухом;

с промывкой проходными шнеками и коронкой с клапаном.

Станки обеспечивают выполнение следующих операций, связанных с процессом бурения:

вращение бурового става;

создание необходимого осевого усилия на забой; спуск, подъем и ускоренный подъем бурового инструмента и става;

свинчивание и развинчивание штанг с резьбовым соединением;

удержание става буровых труб при его разборке; подачу сжатого воздуха или воды к забою скважины;

обогащение подаваемого в скважину воздуха маслом при работе с пневмоударником.

Технические характеристики базовых моделей переносных станков

	СБГ-2	СБГ-3
Диаметр скважины, условный, мм	3015	150250 2512
Тип податчика	т идроцилиндр	г идроцилиндр, канатный, цепной
Тип привода вращателя (мощность, кВт)	Электродвига- тель (5,5/7,5)	Гидромотор (18,5)
Усилие подачи при бурении, кгс	800	1000
бурового станка	480	450
маслостанции	140	280

Одним из исполнений (модификаций) станка является схема, предназначенная для горизонтального бурения скважин. Для сооружения грунтоцементных свай на заводе выпускается дополнительное оборудование для реализации технологии jet-grouting (J1 и J2), устанавливаемое на буровые станки по заявке заказчика.

Буровой станок (см. рис. 26) состоит из двух основных блоков: собственно станка и маслостанции. Имеет встроенные электро- и гидросистемы, а также пневмосистему, устанавливаемую при использовании пневмоударника.

На сегодняшний день выпущено и реализовано более 300 буровых станков различных модификаций, работающих во многих регионах России. Эти станки успешно зарекомендовали себя при реставрации здания Гостиного двора и строительстве комплекса на Манежной площади в Москве (исполнитель ЗАО "РИТА"), а также сооружений Московского Кремля (исполнитель ООО "Спецреставрация") и т. д.

7.2. Станки буровые самоходные

Станки предназначены для бурения в слабообводненных и устойчивых грунтах I-IV категорий, а также для бурения пород с коэффициентом крепости до f=6 по шкале проф. М.М. Протодьяконова, в районах с умеренным климатом в интервале температур окружающей среды от -25 до

+35 °C. Станки должны применяться на строительных площадках с поперечным уклоном не более 5° и продольным — не более 15°. На заводе выпускаются следующие станки:

типа СБГ-3320 (рис. 28, см. 4-ю стр. вкладки) на базе многоцелевой коммунально-строительной машины МКСМ-800;

типа СБГ-4320 на базе полноприводной автомашины Газель (на стадии разработки);

типа СБГ-7541 (рис. 29, см. 4-ю стр. вкладки) на базе гидравлического экскаватора ЭО-5220 (на стадии опытного образца).

Основные технические характеристики самоходных станков

	СБГ-3320	СБГ-4320	СБГ-7541
Диаметр скважины, условный, мм	150300	150350	300600
Глубина бурения, м	3012	2512	До 18,5
Тип податчика	Цепной	Цепной, канатный	
Тип привода вращателя	Ги	дравличес	кий
Усилие подачи при бурении, кгс	1000	1300	8000

Самоходные буровые установки типа СБГ-3320, освоенные в 2003 г., нашли применение в ОАО "Гидроспецстрой" (Санкт-Петербург) и других строительных организациях. В качестве базовой ходовой части для бурового станка применяется коммунально-строительная многоцелевая машина МКСМ-800. При этом сохранена возможность ее использования с навесным оборудованием различного назначения, поставляемым АО "Курганмашзавод".

Буровой станок СБГ-7541 (рис. 29, см. 4-ю стр. вкладки) предназначен для сооружения вертикальных буронабивных и буросекущих свай, возводимых в качестве фундамента промышленных сооружений и стен котлована (несущих подпорных стенок) и т. п. в слабообводненных и устойчивых грунтах I—IV категорий по СНиП, в районах с умеренным климатом в интервале температур окружающей среды от -25 до +35 °C. Станок может применяться для завинчивания или забивания свай (при применении совместно с пневмо- или гидроударником). Станок должен применяться на строительных площадках (с уплотненным грунтом) с продольным и поперечным уклоном не более 2° .

Станок обеспечивает выполнение следующих операций, связанных непосредственно с процессом бурения:

вращение бурового става с регулируемой скоростью;

создание осевого усилия на забой при бурении;

возможность бурения с осевым усилием, создаваемым весом бурового става (плавающее положение);

спуск и подъем бурового инструмента и бурового става с регулируемой скоростью;

подъем и опускание в скважину каркасов (арматуры свай).

Основные характеристики бурового станка СБГ-7541

Диаметр бурения, условный, мм	300800 (600)*
Ход подачи вращателя, м	12,5 (18,5)*
Частота вращения бурильного инструмента, рабочая, мин $^{-1}$	1860
Скорость подъема максимальная, м/мин (м/с):	
каретки податчика	30 (0,5)
прицепного устройства (вспомогательного подъема) (60 (1,0)
Тяговое усилие максимальное, кН (тс):	
при извлечении бурового инструмента (вверх)	До 80 (8)
при бурении (вниз, усилие на забое) l	Не менее 80 (8)
на вспомогательном подъеме	До 30 (3)
Скорость передвижения, км/ч:	
с горизонтальной мачтой	До 4,0
с вертикальной мачтой	Не более 0,5
Расстояние от оси вращения платформы базовой машины до оси бурения, м	5,2
Радиус, описываемый буровым оборудованием (габарит)	9,5
Габаритные размеры (Д \times Ш \times В), м, не более:	
в рабочем положении (установки в целом) 8	$8,7 \times 3,17 \times 16,5$
в транспортном положении (установки в целом)	15,7×3,17×3,7
Масса, т, не более:	
буровой установки в целом (транспортная)	43,0
навесного бурового оборудования (без инструмента)	17,3

^{*} При использовании секции-удлинителя.

В качестве базовой ходовой части для установки применен экскаватор одноковшовый ЭО-5126 (изготовитель ГУП "ПО Уралвагонзавод"). Заводом получен сертификат соответствия ГОСТ Р на станок СБГ-7541 и ведется работа по получению разрешения Гостехнадзора на их изготовление и применение.

7.3. Буровой инструмент

На заводе выпускается полный спектр бурового инструмента для всех типов станков и различных технологий возведения свай, в том числе и для технологии jet-grouting (J1 и J2), а именно:

шнеки буровые (рис. 30) на резьбовом (проходные) и шестигранном (непроходные) соединении;

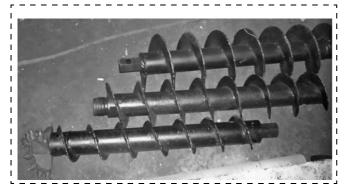


Рис. 30. Шнеки для буровых станков

штанги буровые для ударно-вращательного бурения;

коронки (рис. 31) для вращательного и ударно-вращательного бурения и т. д.

Для реализации технологии J1 и J2 на заводе выпускается дополнительное оборудование, устанавливаемое на буровые станки по заявке заказчика:

гидропневмосъемник; двухрядные буровые трубы; монитор; буровые коронки.



Рис. 31. Буровые коронки

Гидропневмосъемник предназначен для подвода к буровой колонне цементного раствора под давлением до $50~\mathrm{M}\Pi a$ и сжатого воздуха давлением до $1~\mathrm{M}\Pi a$.

На рис. 32 (см. 4-ю стр. вкладки) изображен станок СБГ-3214 для технологии J1 на объекте в Царицыно, Москва. Серия таких станков для реставрационных работ в Царицынском дворце была изготовлена на заводе и успешно справилась с поставленной задачей (исполнитель работ ООО "Космос").

УДК 622

Г. А. Никитин, зам. директора по производству, **А. Н. Зубков**, гл. технолог, **Ю. Н. Наумов**, канд. техн. наук, зам. техн. директора по науке, ООО "СОЭЗ", г. Тула

E-mail: seztula@mail.ru

Технологические возможности Скуратовского опытно-экспериментального завода

Проведен обзор парка оборудования предприятия, рассмотрены технологические возможности по изготовлению изделий и конструкций машиностроительной отрасли, а также строительных металлоконструкций.

Ключевые слова: станок, участок, цех, металл, заготовка, оборудование.

G. A. Nikitin, A. N. Zubkov, Yu. N. Naumov

Technological Possibilities of Skuratov Experimental Plant

Overview the lathe equipment and technological possibilities of our plant for machine-building equipments and civil and industrial metal constructions.

Keywords: lathe, plant sector, shop, metal, intermediate product, equipment.

Изначально предприятие специализировалось на выпуске новых экспериментальных образцов техники, которые после проведения серии испытаний и доработок поступали в серийное производство. Соответственно, оборудование предприятия имело универсальное предназначение.

Данная специализация сохранилась и до наших дней. Имея в своем потенциале парк универсального оборудования, мы можем изготовить практически любой образец техники для различных отраслей применения, кроме авиационной, приборостроительной и аэрокосмической.

Среди основных направлений деятельности отметим производство:

машин и оборудования для подземного строительства;

оборудования для строительства стволов;

машин для коммунального строительства;

машин и оборудования для реконструкции объектов гражданского строительства;

сварных конструкций;

элементов механических передач;

гидравлических цилиндров (для применения в оборудовании собственного производства);

строительных металлоконструкций.

Станочное оборудование

Механический участок предприятия осуществляет механическую обработку заготовок и готовых металлоконструкций, а также выпускает нестандартные метизы, анкерные болты и прочие элементы. Наличие расточных станков позволяет проводить фрезеровку фланцевых металлоконструкций для соединений на высокопрочных болтах габаритами до 2×4 м.

Механический участок оснащен станками следующих типов:

сверлильными;

токарно-карусельными;

токарно-винторезными;

горизонтально-расточными (с рабочими столами до 2×2.5 м);

вертикальными координатно-расточными;

плоскошлифовальными;

строгальными;

долбежными;

зубофрезерными;

зубошлифовальными.

Из уникального оборудования стоит отметить следующее:

станок глубокого сверления РТ-40 (максимальная длина сверления до 3 м, максимальный диаметр заготовки до 400 мм);

расточной станок WD-160A фирмы "Scoda", недавно прошедший полную модернизацию с заменой приводов и оснащением микропроцессорной системой управления;

зубофрезерный станок с технологической оснасткой для изготовления зубчатых колес с углом наклона зубьев до 45° .

Вальцегибочное оборудование

Изготовление цилиндрических и конических элементов оболочек производится с использованием вальцегибочного оборудования с горизонтальным расположением валков. Чаще всего в качестве заготовки используется листовой и полосовой прокат с максимальной толщиной до 60 мм, при этом максимальная ширина заготовки может составлять до 3 м.

Для вальцевания металлических прокатных профилей (швеллер, двутавр, квадратный и прямоугольный профиль) с высотой сечения до 100 мм используется комплект специальных оправок.

Минимальный радиус получаемых деталей составляет 500 мм.

Заготовительный участок

На участке производится предварительный роспуск металла на заготовки необходимых габаритов, предназначенных для дальнейшей механической обработки.

Раскрой листового металла толщиной до 30 мм производится на гильотинных ножницах, а толщиной до 200 мм — с использованием газовой ручной резки. Для автоматического раскроя плоских деталей простой и сложной формы используется аппарат газовой (кислородной) резки с максимальными размерами листовой заготовки $2000 \times 8000 \text{ мм}$, при этом максимальная толщина составляет до 300 мм.

Распиловка прокатных и поковочных профилей производится с использованием ленточных пил. Максимальный размер сечения составляет до 400×750 мм.

Имеются площадки для складирования запаса металлопроката различного назначения, обеспечивающего технологическую потребность предприятия на срок до 12 месяцев при полной загрузке производства.

Сварочное производство

Применяется ручная дуговая сварка толстолистовых конструкций, а также ручная и полуавтоматическая сварка в среде защитных газов (углекислота) металлов и их сплавов, в том числе алюминия (ручная).

В последнее время парк сварочного оборудования существенно обновлен за счет закупки сварочного оборудования фирмы "ESAB" (Швеция). Также имеются сварочные полуавтоматы фирмы "Кетру".

Для улучшения качества выполнения сварочных работ используются современные расходные материалы, а также вспомогательные средства по снижению образования брызг металла.

Участок по изготовлению элементов трубопроводов и гидравлических рукавов высокого давления

За последний год на предприятии был полностью переоборудован участок по изготовлению гидравлических рукавов и трубных соединений на базе оборудования фирмы "O + P" S.r.l. (Италия).

Использование установки Tubomatic H130ES с максимально реализуемым усилием 235 тс позволяет изготавливать гидравлические рукава высокого и сверхвысокого давления (6-оплеточные) с условным диаметром до 2", а также промышленные рукава диаметром до 3".

Изготовление трубных соединений по технологии с врезными кольцами и с 37°-ной обратной конусной развальцовкой осуществляется при помощи станка Unispeed US-FL/01. Диапазон изготовления соединений по диаметру 6...42 мм при толщине стенки до 4 мм.

При подготовке гидравлических магистралей к монтажу на оборудование производится их промывка и продувка для удаления технологических засорений с использованием установки Speedy Clean.

Для изготовления используется рукава и заделки ведущих мировых производителей, таких как "Parker Hannifin", "Hansa Flex", "Legris", "Cast" и др.

Участок по автоматизированному раскрою листового материала

На заводе введена в эксплуатацию новая установка плазменной и газовой резки металла, оснащенная системой ЧПУ производства НПФ "Телар" (Тула).

Раскрой осуществляется по предварительно составленной программе, непосредственно импортированной из электронного чертежа будущего из-

делия. Имеется возможность раскроя металла по незамкнутому контуру, а также использования функции предварительной разметки.

Краткие характеристики оборудования

Размер раскроечного стола, мм	2000×6000
Максимальная толщина металла, мм, при исполь-	
зовании:	
плазменного раскроя	До 30
газового раскроя	До 300

Геометрическая точность, реализуемая приводными позиционирующими системами установки, позволяет изготавливать сложные конструктивные элементы за одну операцию, не требуя дальнейшей фрезерной и строгальной обработки, что естественным образом сказывается на снижении себестоимости изделия.

С использованием данного оборудования завод выполняет работы для внутренней технологической потребности, а также принимает заказы от сторонних организаций.

Участок по изготовлению металлоконструкций

Предприятие производит изготовление металлических конструкций зданий и сооружений различной сложности, конструкции инженерных сооружений, а также любые нестандартные конструкции как по чертежам заказчика, так и с разработкой документации стадии КМ и КМД собственным конструкторским бюро.

Изготавливаются следующие металлоконструкции несущего и ограждающего назначения:

стропильные и подстропильные фермы из гнутосварных профилей, а также с сечением из парного уголка;

колонны и балки из прокатных и гнутосварных профилей;

колонны и балки сварные составного сечения, в том числе с перфорированной стенкой;

ригели постоянного и переменного сечения с монтажными соединениями по сварке или на высокопрочных болтах;

стойки фахверка, кровельные прогоны и фонарные системы;

связи и раскосы по колоннам и фермам; нестандартные элементы каркасов зданий и сооружений.

Сборочное производство

Для выполнения универсальных производственных задач предприятие имеет в своей структуре подразделение по выполнению сборочных, ремонт-

ных и доводочных операций в широком диапазоне применения.

Участок оснащен современным слесарным, станочным и сварочным оборудованием.

Квалификация персонала позволяет выполнять нестандартные задачи, в том числе ремонт и восстановление практически любого механического и гидравлического оборудования, произведенного на различных предприятиях России, Украины, а также импортного.

Опираясь на опыт и квалификацию специалистов-гидравликов, предприятие способно изготавливать и проводить отладку гидрофицированного оборудования, оснащенного сложными современными импортными гидравлическими компонентами, в том числе с применением объемно-регулируемого и следящего гидропривода.

Работая в тесном сотрудничестве с привлеченными специалистами Тулы и области, предприятие оснащает свою продукцию современным электроприводом, в том числе с применением систем плавного пуска и частотного регулирования. Учитывая богатый опыт предприятия в области изготовления горно-шахтного оборудования, мы можем осуществлять изготовление, сборку и отладку взрывозащищенного электрооборудования, в том числе в рудничном исполнении (категории РВ).

Для управления и диагностики работы сложных приводных механизмов используются современные микропроцессорные системы, оснащенные комплексом измерительных датчиков. Имеется опыт применения систем дистанционного управления.

Стендовое и испытательное оборудование

Стендовая испытательная база предприятия позволяет проводить обкатку редукторов, а также гидравлические испытания цилиндров и трубопроводов высокого давления.

Для испытаний бурового и грунтопроходческого оборудования имеется возможность моделирования условий эксплуатации с имитацией грунтовых условий, а также твердых породных элементов.

Для прочностных испытаний различных образцов на сжатие, растяжение и изгиб имеется разрывная машина с максимально реализуемым усилием до 50 тс.

Для проведения экспериментальных исследований с использованием гидроструйных технологий имеется насосная установка, позволяющая вести работы на давлении воды до 60 МПа, в том числе с применением гидроабразивных струй.

Термический участок

Имеется возможность объемной закалки деталей размерами до 2000×600 мм, а также поверхностной закалки токами высокой частоты (ТВЧ).

На участке успешно отлажена и широко используется технология навивки и тарировки пружин растяжения и сжатия цилиндрической формы из проволоки и прутка круглого сечения диаметром от 1 до 30 мм.

Контроль технологических параметров и качества производства

Для обеспечения контроля параметров технологических процессов производства предприятие оснащено всевозможным мерительным инструментом таким, как:

лазерные длинномеры;

лазерный построитель плоскостей;

твердомеры;

ультразвуковой толщиномер;

инфракрасный термометр (пирометр);

гидравлический расходомер;

манометры и термометры;

динамометры с измеряемым усилием до 50 тс;

комплект индикаторного инструмента;

различный инструмент для линейного и углового измерения.

Наличие собственного инструментального участка позволяет проводить наладку и подстройку мерительного инструмента, а также изготавливать специальный металлорежущий инструмент.

Перед отгрузкой продукции, а также на промежуточных стадиях производства проводятся контрольные операции по оценке качества и соответствия предъявляемым техническим требованиям. Ответственные и настраиваемые элементы оборудования маркируются и пломбируются.

С установленной периодичностью проводится аттестация измерительного оборудования в сертифицированных организациях Тулы.

Покрасочное производство

Металлоконструкции подвергаются перед покраской пескоструйной обработке и обезжириванию. Грунтовка и покраска металлоконструкций проводятся аппаратами воздушной и безвоздушной покраски.

В последнее время на предприятии широко применяются лакокрасочные материалы фирмы

"Tikkurila", обладающие хорошими адгезионными, укрывистыми и антикоррозионными свойствами.

По специальным требованиям применяются двухкомпонентные коррозионно-стойкие покрасочные материалы на эпоксидной основе, а также светоотражающие покрытия отечественного и импортного производства.

Горячее цинкование изделий и конструкций

Это пользующийся популярностью и известный во всем мире способ защиты стальных конструкций от коррозии. Процесс нанесения на сталь слоя цинка, устойчивого на механические воздействия, осуществляется в результате погружения стального элемента в жидкий цинк (температура ванны 445...460 °C).

Горячему цинкованию могут подвергаться: опоры и металлоконструкции канатных дорог; опоры линий электропередачи;

опоры уличного освещения;

строительные металлоконструкции;

конструкции опор и пролетных строений железнодорожных, автомобильных и пешеходных мостов; антенные опоры;

телевизионные, радиотрансляционные мачты и башни;

прожекторные столбы и мачты;

дорожные ограждения;

металлоконструкции каркасов зданий и оборудование животноводческих ферм;

металлоконструкции, применяемые для нефтегазодобычи и нефтегазопереработки.

Максимальный размер ванн составляет $12.5 \times 1.6 \times 2.0$ (h) м, что позволяет производить операции по цинкованию практически любого габаритного металлического изделия или его составных элементов.

Технологические возможности: до 3000 т/мес (50...80 т/смену).

Данные работы выполняются с привлечением подрядной организации.

Отгрузка

Производим отгрузку металлоконструкций автотранспортом, в том числе негабарит длиной до 18 м. Имеется своя железнодорожная ветка с выходом на станцию "Ясная поляна".

Предельная масса неделимого отгрузочного элемента 30 т.



ПАМЯТИ Бориса Серафимович Маховикова (21.02.1939–08.03.2012)

8 марта 2012 г. ушел из жизни Борис Серафимович Маховиков, горный инженер-механик, доктор технических наук, профессор Санкт-Петербургского государственного горного университета, член редакционной коллегии журнала "Горное оборудование и электромеханика".

Вся трудовая деятельность Бориса Серафимовича связана со старейшим техническим высшим учебным заведением России. Окончив в 1961 г. Ленинградский горный институт и защитив здесь в 1969 г. кандидатскую диссертацию, Борис Серафимович работал ассистентом, доцентом кафедры "Рудничные стационарные установки" (РСУ). В 1988 г. Борис Серафимович защищает докторскую диссертацию на тему "Динамика приводов горных машин с гидротурбинными двигателями и стабилизация их нагрузок", в 1989 г. — становится профессором.

С 1977 по 1985 г. Б. С. Маховиков — декан горно-электромеханического факультета, с 1985 по 1994 г. — проректор Горного института по учебной работе. В 1984 г. Борис Серафимович был назначен заведующим кафедрой РСУ, которую возглавлял до сентября 2008 г.

Профессор Б. С. Маховиков руководил и был членом ряда диссертационных советов, был председателем учебно-методической комиссии "Горные машины и оборудование" Учебно-методического объединения вузов по высшему горному образованию.

Большой вклад внес Б. С. Маховиков в исследования гидротурбинных приводов для гидрошахт, установил причину снижения устойчивости работы привода при мягкой механической характеристике двигателя режущей части горной машины и жесткой характеристике привода ее подачи, предложил способ устранения этого недостатка. Значительный интерес представляют исследования технологии подводной разработки россыпных месторождений морского дна.

Б. С. Маховиков — автор более 120 печатных научных и учебно-методических работ, в том числе монографии "Гидротурбинный привод горных машин", шести учебных пособий и соавтор учебников "Гидравлика и гидропривод" и "Гидромеханика".

За многолетний и добросовестный труд профессор Б. С. Маховиков награжден медалью: "В память 300-летия Санкт-Петербурга"; знаками "Шахтерская слава" III степени, "Почетный работник высшего и профессионального образования РФ"; отмечен бронзовой медалью ВДНХ.

Светлая память о Борисе Серафимовиче Маховикове – известном ученом и педагоге, навсегда сохранится в наших сердцах.

Редакционный совет, редакционная коллегия, редакция журнала "Горное оборудование и электромеханика".

ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ РАЗРАБОТКИ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

УДК 622

В. В. Антипов, канд. техн. наук, директор, **Ю. В. Антипов**, канд. техн. наук, техн. директор, **Ю. Н. Наумов**, канд. техн. наук, зам. техн. директора по науке, ООО "CO33", г. Тула

E-mail: seztula@mail.ru

Комплекс КТПМ-5,6/6,0: Новый шаг в проектировании отечественной техники для строительства тоннелей для метрополитенов

Описан современный тоннелепроходческий комплекс собственной разработки для строительства перегонных тоннелей метрополитена.

Ключевые слова: тоннелепроходческий комплекс, обделка тоннеля, навигационная система, автоматическая система управления.

V. V. Antipov, Yu. V. Antipov, Yu. N. Naumov

KTΠM-5,6/6,0 Complex: New Step in Design of Domestic Techniques for Underground Tunnel Building

In the article describe modern tunnel complex for tunnel building of line between underground stations.

Keywords: tunnel building complex, tunnel tubing, navigation system, automation control system.

Ориентируясь на растущую потребность в строительстве новых линий метрополитена и возрастающие требования к точности проходки и надежности техники, метростроительные организации столкнулись с нехваткой, а порой и с полным отсутствием проходческой техники отечественного производства. Ведь ни для кого не секрет, что уже в последнее десятилетие наши строители усиленно закупают тоннелепроходческие комплексы ведущих мировых производителей. Достоинством таких комплексов являются высокая степень автоматизации работ и оснащенность системой видения комплекса по заданной траектории будущего тоннеля. К недостаткам же смело можно отнести их высокую стоимость, в том числе при использовании техники вторичного рынка.

Другим немаловажным недостатком большинства таких комплексов является их громоздкость, что вызывает значительные затруднения при строительстве линий метро глубокого заложения. Это

обусловлено тем, что для доставки и монтажа тоннелепроходческого комплекса к точке начала строительства необходимо в первую очередь иметь щитовую машину, способную разбираться на транспортируемые элементы, что чаще всего не предусмотрено.

Для этих целей в Советском Союзе в начале 1980-х гг. был разработан тоннелепроходческий комплекс, который под наименованием КТ-5,6 серийно выпускался на Ясиноватском машиностроительном заводе (Ясиноватая, Украина). Щитовая машина данного комплекса имела возможность разбираться на отдельные элементы, осуществлять доставку к месту проходки и производить камерную сборку в условиях метрополитена глубокого заложения. В то же время характеристики комплекса не позволяли вести проходку тоннеля в условиях повышенного водопритока, но альтернативного оборудования в то время просто не существовало.

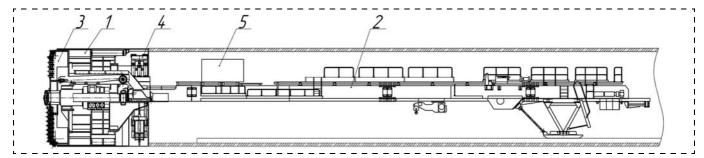


Рис. 1. Схема комплекса КТПМ-5,6/6,0: I — щитовая машина; 2 — защитовой комплекс; 3 — ротор; 4 — блокоукладчик; 5 — кабина управления

Следует отметить, что данному проходческому комплексу до сих пор принадлежит мировой рекорд по скорости сооружения перегонных тоннелей.

Анализируя парк отечественной техники, находящейся в эксплуатации, то его составляет несколько проходческих комплексов типа КТ-5,6, а также некоторое количество немеханизированных или маломеханизированных щитов в основном кустарного производства. Следует отметить, что большинство из них уже давно отработало свой ресурс, морально и физически устарело.

В связи с этим ООО "СОЭЗ" совместно с ОАО "Метрострой" (Санкт-Петербург) было принято решение о создании современного отечественного тоннелепроходческого комплекса КТПМ-5,6/6,0 (рис. 1) нового технического уровня, при этом имеющего возможность ведения монтажных и демонтажных работ в подземных условиях.

Учитывая особенности условий эксплуатации данного образца комплекса (строительство метрополитена в С.-Петербурге), нами была принята компоновка щитовой машины, способной производить строительство перегонных тоннелей в условиях относительно сухого забоя.

Конструкция корпуса щитовой машины выполнена двух типоразмеров по наружному диаметру, позволяющая осуществлять строительство перегонных тоннелей диаметром вчерне 5,6 и 6,0 м.

Щитовая машина оснащена роторным исполнительным органом, оснащенным сменным резцовым и дисковым породоразрушающим инструментом, позволяющим осуществлять проходку в различных горно-геологических условиях, в том числе и с породной присечкой до 40 % площади забоя.

Силовая система комплекса выполнена на базе объемного гидропривода с применением современной элементной базы от ведущих мировых производителей. Использование регулируемого объемного гидропривода, а также электропривода с частотным регулированием позволяет гибко оперировать ре-

жимными скоростями движения механизмов. Применение системы плавного пуска способствует снижению стартовых пиковых нагрузок на питающую сеть.

Построение гидравлической системы по принципу дублирования основных гидравлических потоков позволяет повысить эксплуатационную надежность комплекса при выходе из строя одного или нескольких контуров.

Управление работой комплекса ведется из отдельной кабины, установленной на платформе транспортного моста защитового комплекса. В кабине располагается компьютеризированный пульт, в который интегрирована навигационная система фирмы "Навигатор" (Москва).

Диагностическая система позволяет проводить мониторинг работоспособности всех систем комплекса, включая гидросистему и силовой электропривод.

Мониторинг параметров ведется в реальном времени с ведением протокола событий, а также с возможностью удаленной передачи информации. Общий вид диагностического экрана показан на рис. 2.

Управление работой грузоподъемного механизма и блокоукладчика осуществляется по радиоканалам (рис. 3).

Навигационная система, выполненная на базе роботизированного тахеометра, позволяет проводить маркшейдерию проходки всего одним оператором. Управление навигационным оборудованием осуществляется посредством программного обеспечения, разработанного фирмой "Навигатор" (Москва). Встроенный программный модуль позволяет вести расчет раскладки клиновых блоков тоннельной обделки при проходке криволинейных участков. Построение навигационной системы позволяет вести наблюдение за пространственным положением щитовой машины относительно проектной оси тоннеля и расчет теоретического

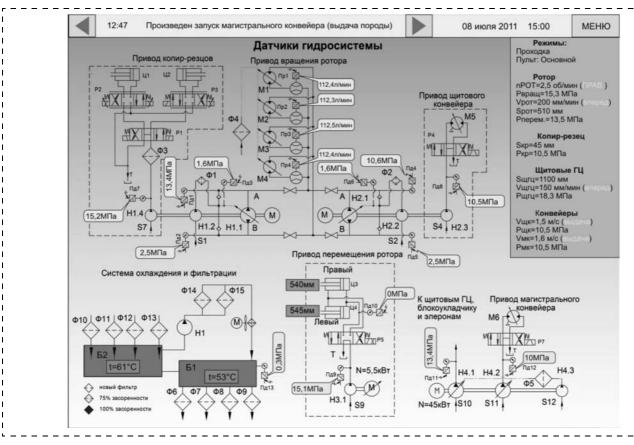


Рис. 2. Диагностический экран системы мониторинга комплекса

отклонения как с использованием роботизированного оборудования и системы датчиков, так и без них (при выходе из строя любого элемента). Автоматическое ведение протокола проходки позволяет фиксировать хронологию проходки для дальнейшего анализа.

Применяемый в составе комплекса блокоукладчик позволяет вести монтаж блоков тоннельной



Рис. 3. Система радиоуправления фирмы "Telecrane"

обделки по технологии "обжатия в породу". Впервые для данной технологии предложена схема работы с использованием сборной обделки из непараллельных колец, позволяющая проходить криволинейные участки тоннеля без использования клиновых прокладок и дополнительной чеканки.

Разработанные автоматические модули, применяемые в составе системы управления, позволяют вести весь спектр диагностики работоспособности оборудования, тем самым повышают надежность сложных элементов гидроэлектропривода, а также позволяют управлять некоторыми операциями проходки без дополнительного контроля оператором. Введение в систему управления персонализированного входа повышает ответственность персонала, а также позволяет отследить хронологию выполняемых операций.

Построение диагностической системы позволяет оперативно отслеживать ресурс расходных элементов системы, а также блокировать работу элементов гидропривода в случае их несвоевременной замены.

Введение уровней доступа системы управления для эксплуатирующего и обслуживающего персонала позволяет исключить несанкционирован-

ный доступ к диагностируемым элементам в случае выхода их из строя.

Встроенная в состав программного обеспечения информационная система позволяет упростить поиск неисправностей, а также предоставлять обслуживающему персоналу расширенную информацию о применяемых расходных элементах системы.

Следует отметить, что начало эксплуатации данного комплекса на объектах метрополитена Санкт-Петербурга намечено на второй квартал 2012 г. силами Управления механизации ОАО "Метрострой".

Общий вид комплекса в период заводской сборки показан на 1-й стр. обложки.

УДК 622.285.4:624.191.6

А. Б. Жабин, д-р техн. наук, проф., **Ан. В. Поляков**, канд. техн. наук, доц., **Ал. В. Поляков**, канд. техн. наук, доц., **А. Д. Фомичев**, асп., ТулГУ, **Ю. В. Антипов**, канд. техн. наук, техн. директор, ООО "СОЭЗ", г. Тула

E-mail: zhabin.tula@mail.ru

Расчет роторного исполнительного органа тоннелепроходческого механизированного комплекса КТПМ-6,0*

Приведены разработанные расчетные схемы расположения породных прослойков при проходке тоннелей комплексом КТПМ-6,0. Представлены результаты расчета общего крутящего момента и суммарного усилия подачи роторного исполнительного органа комплекса. Разработаны рекомендации и показана область применения комплекса.

Ключевые слова: тоннелепроходческий комплекс КТПМ-6,0, роторный исполнительный орган, расчетные схемы, результаты расчета, рекомендации по параметрам и режимам работы и область применения.

A. B. Zhabin, An. V. Polyakov, Al. V. Polyakov, A. D. Fomichev, Yu. V. Antipov

Calculation of a Rotory Executive Body for Tunneling Complex KTΠM-6,0

The developed calculation procedures of rock layers location have been considered for tunneling works with the complex KTIIM-6,0. The calculation results of the general torque and total feed force of the complex rotary executive body have been presented. Recommendations have been worked out and the application field of the complex has been shown.

<u>**Keywords:**</u> tunneling complex KTΠM-6,0, rotor executive body, calculation procedures, calculation results, recommendations on the parameters and operation modes, field of application.

1. Построение расчетных схем расположения породных прослойков и результаты проверочного расчета роторного исполнительного органа комплекса КТПМ-6,0

Тоннелепроходческий комплекс КТПМ-6,0 должен обеспечивать проходку тоннелей в слаботрещиноватых малообводненных аргиллитоподобных глинах прочностью на одноосное сжатие 0,5...10 МПа, с прослойками песчаников мощно-

стью 5...50 см и прочностью на одноосное сжатие до 40 МПа. Суммарная мощность породных прослойков не превышает 20% от диаметра тоннеля.

В качестве расчетных вариантов, учитывающих прочностные свойства породного массива, принимается два основных, а именно:

- вариант A — роторный исполнительный орган разрушает однородный породный массив прочностью $\sigma_{\text{сж}} = 0,5 \text{ М}\Pi a$, породные прослойки отсутствуют;

^{*} Продолжение. Начало см. № 2, 2012 г.

- вариант B — роторный исполнительный орган разрушает однородный породный массив прочностью $\sigma_{\text{сж}}=10\,$ МПа, породные прослойки отсутствуют.

Кроме указанных расчетных вариантов принимаются еще пять дополнительных схем, учитывающих расположение породных прослойков (мощностью 20 % от диаметра тоннеля) прочностью 40 МПа, показанные на рис. 1 (здесь заштрихованная область — расположение прослойков) и соответствующих наиболее нагруженным режимам работы исполнительного органа:

- *схема* I породные прослойки расположены в секторе с центральным углом 72° (см. рис. 1, a);
- *схема II* породные прослойки расположены в сегменте со стрелой $h_1 = 1508,62$ мм (см. рис. $1,\delta$);
- схема III породные прослойки расположены в двух сегментах со стрелой $h_1 = 876,45$ мм (см. рис. $1, \theta$);

- схема IV- породные прослойки расположены симметрично горизонтальной оси тоннеля (см. рис. $1, \varepsilon$);
- $cxema\ V$ породные прослойки занимают среднее положение (см. рис. $1, \partial$) между $cxemamu\ II$ и IV (см. рис. $1, \delta$ и ϵ).

Площадь сегмента вычисляется по известной зависимости [1]

$$S = \frac{r^2}{2} \left(\frac{\pi \alpha}{180} - \sin \alpha \right), \tag{1}$$

где r — радиус окружности (радиус тоннеля/щитовой машины); α — центральный угол, $^{\circ}$.

Данное уравнение является трансцендентным относительно α и решается последовательным приближением. При этом нами приняты относительная погрешность вычислений 0,000001 и допустимое отклонение 5 %. После определения центрального угла для каждой расчетной схемы

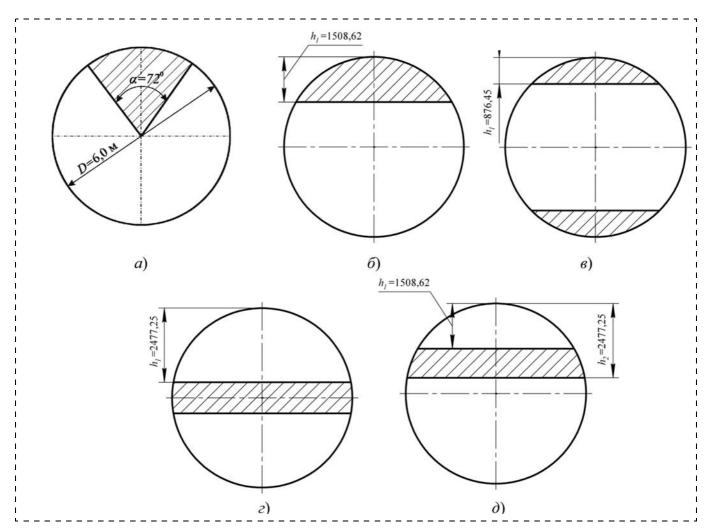


Рис. 1. Расчетные схемы расположения породных прослойков с $\sigma_{\text{сж}} = 40 \text{ М}\Pi \text{а}$ для вариантов A ($\sigma_{\text{сж}} = 0.5 \text{ M}\Pi \text{a}$) и G ($\sigma_{\text{сж}} = 10 \text{ M}\Pi \text{a}$): $a - cxema\ II;\ b - cxema\ II;\ c - cxema\ IV;\ d - cxema\ V$

графическим способом определяется стрела сегмента h_1 и строится расчетная схема (см. рис. 1).

Поясним определение стрелы сегмента h_1 для каждой расчетной схемы. Расчет заключается в следующем:

- для *схемы II* (см. рис. 1, δ) расчет стрелы сегмента h_1 выполняется прямым вычислением по указанному выше алгоритму. Площадь (мощность) прослойков принимается равной 20 % площади тоннеля;
- породные прослойки для *схемы III* (см. рис. 1, θ) располагаются симметрично горизонтальной оси тоннеля, поэтому удобно рассматривать только половину диаметра тоннеля и вычислять стрелу h_1 для одного сегмента (верхнего или нижнего на рис. 1, θ) площадью (мощностью) 10 % от площади тоннеля. При этом суммарная мощность прослойков составит 20 %;
- породные прослойки для схемы IV (см. рис. 1, e) также располагаются симметрично горизонтальной оси тоннеля, и для каждого прослойка рассматривается половина диаметра тоннеля. Однако здесь удобно вычислять по формуле (1) не площадь (мощность) породных прослойков, а площадь тоннеля без прослойков (незаштрихованная область на рис. 1, e). Поэтому вначале вычисляется стрела сегмента h_1 для 40 % площади тоннеля без прослойков, а оставшиеся часть площади и будет соответствовать 10 % площади породных прослойков. При этом суммарная мощность прослойков также составит 20 %;

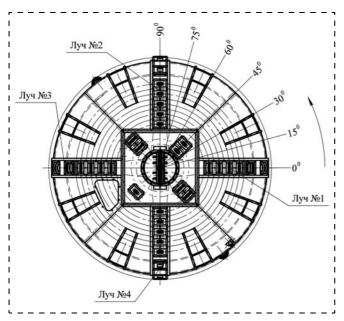


Рис. 2. Схема к определению режимов работы роторного исполнительного органа комплекса KTПМ-6,0

— породные прослойки в схеме V (см. рис. 1, ∂) имеют среднее положение между схемами II и IV (см. рис. 1, δ и ϵ). Здесь расчет выполнялся следующим образом. Так как площадь сегмента со стрелой $h_2 = 2477,25$ мм (вычисленная нами для схемы IV) соответствует 40 % площади тоннеля, а площадь сегмента с $h_1 = 1508,62$ мм (вычисленная нами для схемы II) — 20 % площади тоннеля, то разница площадей рассматриваемых сегментов будет соответствовать 20 % площади (мощности) тоннеля занимаемых породными прослойками.

Расчет выполняется по рис. 1 для двух вариантов A и B и таким образом получается десять (5 × 2) вариантов расчета.

При построении расчетных схем вращение ротора принято против часовой стрелки, остальные необходимые для расчета величины показаны на рис. 2. Отметим, что величина крутящего момента и усилия подачи будет повторяться каждые 1/4 оборота ротора для $cxem\ II-V$, поэтому для расчета приняты углы поворота ротора от 0 до 90° . Что же касается $cxemb\ I$, то данной схеме будут соответствовать пять режимов разрушения, соответствующих повороту сектора с центральным углом 72° от горизонтальной оси с шагом 45° (рис. 3), при которых один из лучей исполнительного органа разрушает породный прослоек с $\sigma_{cx} = 40\ M\Pi a$.

В соответствии с разработанной методикой, изложенной в первой части статьи, выполнен проверочный расчет сил резания, подачи и расходуемой мощности при разрушении горных пород для заданной конструкции роторного исполнительного органа комплекса КТПМ-6,0 и схемы набора агрегированного инструмента на нем.

Напомним, что согласно разработанной методике расчетов вначале определяются нагрузки на одиночном однородном инструменте забурника, основной и купольной части исполнительного органа при разрушении пород с $\sigma_{\rm CЖ}=0.5$; 10 и 40 МПа. Далее проводится их суммирование в соответствии с расчетными схемами разрушения породного массива.

Так, при проверочном расчете забурника его рабочий инструмент (круглые штыревые резцы), установленный с шагом 24 мм, работает при среднем значении усилия резания на одном резце, равном 2,31; 15,26 и 28,37 H, и усилия подачи — 2,63; 2,75 и 3,10 H при разрушении породы с $\sigma_{\rm cж} = 0.5$; 10 и 40 МПа соответственно. Потребное значение кругящего момента забурника составило 193,22; 1273,09 и 2365,90 H·м при суммарном усилии подачи

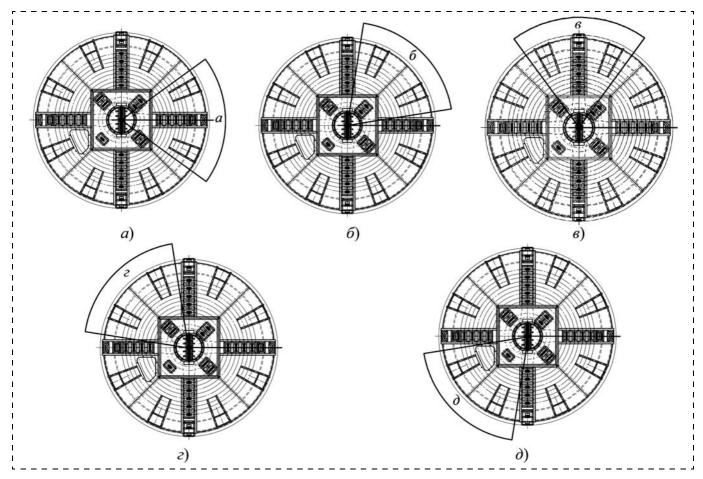


Рис. 3. Варианты схемы І

105,35;110,34 и 124,05 Н для пород с $\sigma_{\text{сж}} = 0,5;10$ и 40 МПа соответственно.

При проверочном расчете агрегированного инструмента основной части роторного исполнительного органа установлено следующее:

среднее усилие резания и усилие подачи на одиночном резцовом инструменте составляют 1191,5 и 1501,3 Н при разрушении пород с $\sigma_{\rm cж}$ = 0,5 и 10 МПа соответственно, а аналогичные величины при разрушении породы с $\sigma_{\rm cж}$ = 40 МПа соответственно 2896,0 и 3062,6 H;

среднее усилие перекатывания на одиночном шарошечном инструменте (одинарная дисковая шарошка) составляет 449,09; 6128,84 и 33219,16 Н при разрушении пород с $\sigma_{\rm cж}$ = 0,5; 10 и 40 МПа соответственно. При этом усилия подачи соответственно составляют 1369,45; 19011,38 и 111729,8 Н.

При проверочном расчете агрегированного инструмента купольной части роторного исполнительного органа установлено следующее:

среднее усилие резания и усилие подачи на одиночном резцовом инструменте купольной части аналогичны величинам для резцового инструмента

основной части исполнительного органа, поскольку и в том, и в другом случае установлен однотипный резцовый инструмент. Различие здесь заключаются только в расчете потребного общего крутящего момента и суммарного усилия подачи;

среднее усилие перекатывания на одиночном шарошечном инструменте (сдвоенная дисковая шарошка) составляет 941,87; 14934,45 и 87160,54 Н при разрушении пород с $\sigma_{\rm cж}$ = 0,5; 10 и 40 МПа соответственно. При этом усилия подачи соответственно составляют 883,01; 14001,05 и 81713,01 Н.

Крутящий момент, необходимый для перемещения разрушенной породы из нижней части щита вверх в ковшах ротора при удельном сопротивлении горной массы зачерпыванию k=0,2 МПа и коэффициенте заполнения ковшей 0,75, составил 74548,5 Н · м.

Потребные значения крутящего момента и усилия подачи, необходимые для преодоления сопротивления трению по породе для принятых схем расположения прослойков и для вариантов A и E, варьируются в диапазоне $(0,5...50,85) \cdot 10^4 \, \text{H} \cdot \text{M}$.

Крутящий момент на валу исполнительного органа и потребное усилие его подачи на забой при разрушении породы с $\sigma_{\rm Cж}=0.5~{\rm M}$ Па (вариант A) составили $M_{\rm Kp}=632437,82~{\rm H}\cdot{\rm m}$ и $P=439504,85~{\rm H},$ что не превышает допустимых величин $M_{\rm доп}=130\cdot10^4~{\rm H}\cdot{\rm m}$ и $P_{\rm доп}=200\cdot10^4~{\rm H}$ соответственно. При этом отметим, что в данном случаем $41,68\cdot10^4~{\rm H}\cdot{\rm m}$ крутящего момента затрачивается на преодоление сопротивления трения ротора по породе, на разрушение и погрузку горной массы затрачивается $12,38\cdot10^4~{\rm H}\cdot{\rm m}$, что составляет около 30~% потребного значения крутящего момента.

При разрушении породы с $\sigma_{\text{СЖ}} = 10,0$ МПа (вариант E) общий крутящий момент на валу исполнительного органа и потребное усилие его подачи на забой соответственно составили $M_{\text{KP}} = 468894,81$ Н · м и P = 286815,55 Н, что также не превышает допустимых значений. Здесь на разрушение и погрузку горной массы затрачивается $36,88 \cdot 10^4$ Н · м, что составляет около 78% потребного значения крутящего момента.

Большие значения крутящего момента и усилия подачи при разрушении роторным исполнительным органом глин с $\sigma_{\rm cж}=0.5$ МПа по сравнению с этими показателями при работе по глинам с $\sigma_{\rm cж}=10.0$ МПа обусловлены более высокими значениями крутящего момента, необходимого для преодоления сил трения поверхности ротора при работе по слабым и вязким глинам.

Таким образом, при разрушении слаботрещиноватых малообводненных аргиллитоподобных глин прочностью на одноосное сжатие $0,5...10~\mathrm{M\Pi a}$ крутящий момент составляет $M_{\mathrm{kp}} = (43,95...46,88) \times 10^4~\mathrm{H}\cdot\mathrm{m}$, а потребное усилие подачи $P = (28,68...43,95)\cdot 10^4~\mathrm{H}$.

Дополнительно отметим, что при разрушении песчаника (расположенного по всему диаметру тоннеля) прочностью $\sigma_{\text{сж}} = 40 \text{ М}$ Па рассчитанный кру-

 $\begin{tabular}{ll} $Taблицa$ & I \\ \begin{tabular}{ll} $Pesyntation pacчета общего крутящего момента на валу ротора \\ u потребного усилия подачи для $cxemold I$ \\ \end{tabular}$

	Угол поворота ротора, °					
Параметр	0, 180, 360	45	90, 270	135, 315	225	
Общий крутящий момент на валу ротора $M_{\rm Kp} \cdot 10^4$, ${\rm H} \cdot {\rm M}$						
вариант А	143,70	54,43	56,29	65,89	54,16	
вариант Б	120,45	46,24	48,05	55,62	45,96	
Потребное значение усилие подачи $P \cdot 10^4$, Н						
вариант А	96,52	42,23	37,16	58,83	42,16	
вариант Б	102,67	43,22	43,35	57,96	43,16	

тящий момент составит $M_{\rm kp}=167,83\cdot 10^4~{\rm H\cdot m},$ а усилие подачи $P=167,29\cdot 10^4~{\rm H}.$

Результаты расчета общего крутящего момента на валу ротора $M_{\rm KP}$ и потребного усилия подачи P для различных схем расположения прослойков песчаника $\sigma_{\rm CX}=40~{\rm M\Pi a}$ представлены в табл. 1 (схема I) и 2 (схемы II-V).

Расчеты показывают (см. табл. 1), что для роторного исполнительного органа и схемы I варианта A при угле поворота ротора 0, 180 и 360° (см. рис. 3, a) рассчитанное значение крутящего момента составляет $143,70 \cdot 10^4$ Н и превышает $M_{\text{доп}} = 130 \cdot 10^4$ Н · м. При этом потребное усилие подачи составляет $96,52 \cdot 10^4$ Н и не превышает допустимого значения $P_{\text{доп}} = 200 \cdot 10^4$ Н. Во всех остальных случаях, а именно при угле поворота ротора 45,90,135,225,270 и 315° для варианта A и угле поворота $0...360^\circ$ для варианта B рассчитанные значения общего крутящего момента и потребного усилия подачи не превышают допустимых значений.

Кроме того, расчеты показывают (см. табл. 2), что для *схемы* II значения рассчитанного крутящего момента и потребного усилия подачи составляют:

– при варианте $A - M_{\text{Kp}} = (14,0...76,05) \cdot 10^4 \,\text{H} \cdot \text{M}$ и $P = (38,72...93,29) \cdot 10^4 \,\text{H};$

— при варианте $E-M_{\rm kp}=(38,72...93,29)\cdot 10^4\,{\rm H}\cdot{\rm M}$ и $P=(43,29...84,58)\cdot 10^4\,{\rm H}$ и не превышают допустимых значений $M_{\rm доп}=130\cdot 10^4\,{\rm H}\cdot{\rm M}$ и $P_{\rm доп}=200\cdot 10^4\,{\rm H}\,({\rm cm.}\,{\rm табл.}\,1$ первой части статьи) соответственно.

Дальнейший анализ данных табл. 2 показывает, что для *схемы III* и варианта A при угле поворота ротора $60...90^\circ$, *схемы IV* и вариантов A и B при угле поворота ротора 0° , а также *схемы V* и вариантов A и B при угле поворота ротора $15...30^\circ$ рассчитанное значение крутящего момента превышает $M_{\text{доп}} = 130 \cdot 10^4 \text{ H} \cdot \text{м}$. При этом для рассматриваемых случаев потребное усилие подачи не превышает допустимое значение $P_{\text{доп}} = 200 \cdot 10^4 \text{ H}$ за исключением *схемы IV* варианта A при угле поворота ротора 0° (см. табл. 2). В частности, установлено:

— для *схемы III варианта А* при угле поворота ротора $60...90^{\circ}$ крутящий момент $M_{\rm Kp} = (143,29...154,19) \cdot 10^4 \ {\rm H} \cdot {\rm M}$, а потребное усилие подачи не превышает $P_{\rm ЛОП} = 200 \cdot 10^4 \ {\rm H}$;

— для *схемы IV* при угле поворота ротора 0° $M_{\rm kp}=182,19\cdot 10^4~{\rm H}\cdot {\rm M}$ для *варианта A* и $M_{\rm kp}=167,85\cdot 10^4~{\rm H}\cdot {\rm M}$ для *варианта Б*, а потребное усилие подачи $P_{\rm доп}=201,80\cdot 10^4~{\rm H}$ для *варианта A* и $M_{\rm kp}=167,85\cdot 10^4~{\rm H}\cdot {\rm M}$ для *варианта Б*;

Результаты расчета общего крутящего момента на валу ротора и потребного усилия подачи для $\mathit{cxem}\ \mathit{II-V}$

Параметр	Угол поворота ротора, °						
	0	15	30	45	60	75	90
Схема ІІ							
Общий крутящий момент на валу ротора $M_{\rm kp} \cdot 10^4$, H · м							
вариант А	14,22	14,22	14,0	65,72	71,80	76,05	76,05
вариант Б	38,72	38,72	38,49	86,70	91,73	93,29	93,29
Потребное значение усилия подачи $P \cdot 10^4$, Н							
вариант А	37,12	37,12	37,10	53,10	64,14	86,30	86,30
вариант Б	43,31	43,31	43,29	54,91	64,18	84,58	84,58
Схема III	•	l .			l .	1	
Общий крутящий момент на валу ротора $M_{\rm kp} \cdot 10^4$, Н · м							
вариант А	56,19	56,19	55,68	63,24	143,29	143,29	154,19
вариант Б	48,01	48,01	47,49	46,88	120,60	120,60	132,12
Потребное значение усилия подачи $P \cdot 10^4$, Н							
вариант А	37,12	37,12	37,09	43,95	69,36	69,36	91,43
вариант Б	37,12	37,12	63,51	28,68	90,53	90,53	184,6
Схема IV	<u>!</u>	!		!	!	1	
Общий крутящий момент на валу ротора $M_{\rm kp} \cdot 10^4$, Н · м							
вариант A	182,19	111,17	66,08	66,08	66,08	66,55	58,67
вариант Б	167,85	93,0	41,22	41,22	41,22	41,69	50,37
Потребное значение усилия подачи $P \cdot 10^4$, Н							
вариант А	201,80	169,46	81,18	81,18	81,18	81,43	81,70
вариант Б	181,57	154,49	80,31	80,31	80,31	80,57	80,83
Схема V				· · · · ·		l f	,
Общий крутящий момент на валу ротора $M_{\rm KD} \cdot 10^4$, Н · м							
вариант А	66,89	179,97	180,27	107,17	107,65	80,90	75,29
вариант Б	61,58	164,94	169,78	80,42	95,41	73,18	68,48
Потребное значение усилия подачи $P \cdot 10^4$, Н		,	,	,	,		
вариант А	59,15	113,62	124,67	92,38	81,27	136,47	70,23
вариант Б	61,82	107,51	116,80	89,75	89,75	153,87	87,60

— для *схемы V* и при угле поворота ротора 15...30° $M_{\rm Kp}$ = (179,97...180,27) · 10^4 H · м для *вариан-та A* и $M_{\rm Kp}$ = (164,94...169,78) · 10^4 H · м для *вариан-та Б*. При этом потребное усилие подачи не превышает допустимого значения $P_{\rm доп}$ = $200 \cdot 10^4$ H.

Во всех остальных случаях рассчитанные значения общего крутящего момента и потребного усилия подачи для $cxem\ III-V$ (см. табл. 2) не превышают допустимых значений.

Полученные результаты расчета в целом нельзя признать удовлетворительными, поскольку в ряде случаев, рассмотренных выше, нарушается основное условие проверочного расчета: $M_{\rm KP} \leqslant M_{\rm ДОП}$ и $P \leqslant P_{\rm ДОП}$.

Данное обстоятельство потребовало проведения уточняющих расчетов (для $cxem\ I$, III, IV и V), связанных с изменением параметров и показателей работы роторного исполнительного органа. Это изменение, в частности, было связано с изменением значения глубины стружки (величины подачи инструмента). Отметим, что по техническому заданию изначально принята подача исполнительного органа на забой $20\ mm/of$, а глубина стружки (вели-

чина подачи инструмента) при двух породоразрушающих инструментах в линии резания соответственно составляла 10 мм/об.

Что же касается схемы II, то здесь уточняющие расчеты не требуются, поскольку значения рассчитанного крутящего момента и потребного усилия подачи (см. табл. 2) не превышают допустимых. Подача исполнительного органа на забой остается неизменной и составляет 20 мм/об.

По разработанной прикладной программе (см. первую часть статьи) при изменении глубины стружки h выполнен расчет в целях нахождения приемлемого решения для соблюдения основного условия проверочного расчета $M_{\rm KP} \! \leqslant \! M_{\rm ДОП}$ и $P \! \leqslant \! P_{\rm ДОП}$. Результаты уточняющего расчета показывают, что роторный исполнительный орган при работе по вариантам A и B должен обеспечивать глубину стружки h и подачу породоразрушающего инструмента на забой:

при работе по *схеме I h* = 7 мм (подача исполнительного органа составит 14 мм/об). При этом $M_{\rm kp}$ = $= (40,42...127,37) \cdot 10^4 \,\mathrm{H} \cdot \mathrm{M}$, $P = (36,89...91,40) \cdot 10^4 \,\mathrm{H}$;

при работе по *схеме III h* = 6 мм (подача исполнительного органа составит 12 мм/об). При этом $M_{\rm KP}$ = $(36,78...129,47) \cdot 10^4$ H · м, P = $(21,85...135,8) \cdot 10^4$ H; при работе по *схеме IV* и V h = 4 мм (подача исполнительного органа составит 8 мм/об). Для *схемы IV* рассчитанные значения $M_{\rm KP}$ = $(31,10...128,04) \times 10^4$ H · м и P = $(55,57...139,84) \cdot 10^4$ H, для *схемы V* - $M_{\rm KP}$ = $(43,39...129,08) \cdot 10^4$ H · м и P = $(43,86...102,05) \cdot 10^4$ H.

Результаты выполненных расчетов (определение общего крутящего момента $M_{\rm kp}$ и суммарного усилия подачи P) согласуются с данными экспериментальных исследований других авторов [2]. В этом источнике отмечается, что для проходческого щита диаметром 5,63 м крутящий момент составляет $215 \cdot 10^4 \, {\rm H} \cdot {\rm M}$ (авторами кроме диаметра щита больше не указано каких-либо данных об условиях натурных испытаний).

В целом, подводя итог, полагаем, что методика расчета параметров и режимов работы роторного исполнительного органа комплекса КТПМ-6,0, разработанная на основе современных методов определения нагрузок на рабочем инструменте породоразрушающих машин и анализе известных подходов к определению режимов работы исполнительного органа проходческих щитов, отражает специфику его работы. Методика позволяет проводить расчет и моделирование любых условий работы исполнительного органа с нахождением рациональных режимов, а полученные результаты расчетов согласуются с ранее выполненными другими авторами результатами экспериментальных исследований.

2. Рекомендации по параметрам и режимам работы роторного исполнительного органа

Разработка рекомендаций по параметрам и режимам работы роторного исполнительного органа связана с установлением области применения комплекса при работе по породам с различными характеристиками разрушаемости. В результате анализа и обобщения результатов проверочного расчета определена область применения комплекса, которую удобно представить в виде диаграммы (рис. 4).

В частности установлено, что комплекс КТПМ-6,0 с роторным исполнительным органом может успешно проводить тоннели в породах с $\sigma_{\rm cж} = 1,0...30,2$ МПа (заштрихованная область 2 на рис. 4). При этом установленной мощности ро-

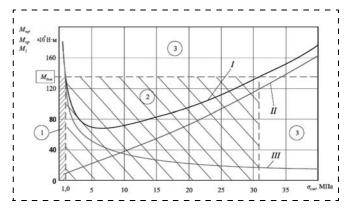


Рис. 4. Области применения тоннелепроходческого механизированного комплекса КТПМ-6,0 при разрушения горных пород в зависимости от их прочности σ_{cw} :

I — зависимость общего крутящего момента $M_{\rm kp}$; II — зависимость момента резания, погрузки и учитывающего различные дополнительные сопротивления M_1 ; III — зависимость момента трения $M_{\rm Tp}$; I — область применения комплекса, требующая изучения грунтовых условий его применения; 2 — область эффективного применения комплекса; 3 — область неэффективного применения комплекса, требующая изучения грунтовых условий его применения

тора достаточно для эффективного разрушения забоя. Применение комплекса возможно и на породах с $\sigma_{\text{Cж}} \leq 1,0$ МПа и $\sigma_{\text{Cж}} > 30,2$ МПа (области I и S на рис. 4) при условии детального изучения результатов геологических изысканий и грунтовых условий (расположение грунтовых вод, наличие грунтов, состоящих из нескольких слоев, и т. д.) и проведения предварительных расчетов по разработанной прикладной программе.

Кроме того, при работе в забое с прослойками песчаника (см. рис. 1), соответствующими наиболее нагруженным режимам работы исполнительного органа, подача рабочего инструмента на забой не должна превышать при работе:

по *схеме* I - 7 мм;

по *схеме* II - 20 мм;

по *схеме III* – 6 мм;

по *схемам IV* и V-4 мм.

При этом обеспечиваются допустимые значения крутящего момента $M_{\text{доп}} = 130 \cdot 10^4 \; \text{H} \cdot \text{м}$ и усилия подачи $P_{\text{доп}} = 200 \cdot 10^4 \; \text{H}$ (см. табл. 1 первой части статьи).

Список литературы

- 1. **Бронштейн И.Н., Семендяев К.А.** Справочник по математике. М.: Изд-во физико-математической литературы, 1962. 609 с.
- 2. **Клорикьян В.Х., Ходош В.А.** Проходческие щиты и комплексы. М.: Недра, 1977. 326 с.

А. С. Рыбаков, магистрант, ТулГУ,

Ю. Н. Наумов, канд. техн. наук, зам. техн. директора по науке, ООО "СОЭЗ", г. Тула

F-mail: seztula@mail ru

Разработка системы определения пространственного положения головной секции става грунтопроходческой машины

Рассмотрены способы определения пространственного положения головной секции става грунтопроходческих машин, работающих по методу бестраншейной прокладки скважин. Изложены аспекты разработки гироскопической навигационной системы.

Ключевые слова: гироскоп, навигация, бестраншейный, направленный, прокол.

A. S. Rybakov, Yu. N. Naumov

Overview of Gyroscope Navigation System Development

In this article methods of underground navigation used in thenchless channel laying with the method of directed puncture are overviewed and analyzed. Aspects of gyroscope navigation system development are researched.

Keywords: gyroscope, navigation, trenchless, directed, pipe puncture.

На сегодняшний день при прокладке подземных коммуникаций различного назначения все чаще применяются способы, получившие название "бестраншейные", т. е. основанные на технологиях, не нарушающих поверхность будущей трассы.

В зависимости от длины и требуемого диаметра сооружаемой грунтовой скважины ее проходка может осуществляться в один или несколько этапов. Наиболее ответственным и важным этапом проходки является первый, на котором формируется направление будущей скважины и осуществляется выход бурового инструмента в конечную расчетную точку трассы.

Чаще всего на первом этапе используется метод прокола грунта, сущность которого заключается в проталкивании пилотного бурового става с уплотнением разрушенного грунта в стенки будущей грунтовой скважины. В большинстве случаев прокол выполняется по циклической (шаговой) схеме, обусловленной конструкцией грунтопроходческого става, состоящего из соединенных (свинченных) по длине секций. Как правило, длина таких секций не превышает 3 м, а в среднем составляет 1 м.

В зависимости от длины сооружаемой скважины грунтовый прокол может быть как управляемым, так и неуправляемым.

При неуправляемом проколе наконечник рабочего инструмента делают симметричным (типа "пика", рис. 1, a), а при управляемом — скошенным (типа "копыто", см. рис. 1, δ), что позволяет выполнять его отклонение в сторону, противоположную скосу при остановке вращения вокруг оси (рис. 2).

На величину отклонения влияет множество факторов, учитывающих системы внутренних и внешних усилий, образующихся при взаимодействии элементов грунтопроходческой установки с вмещающим грунтовым массивом.

В общем случае (рис. 3) система внешних сил, действующих на массив, совместно с усилиями, передаваемыми от привода установки, представ-

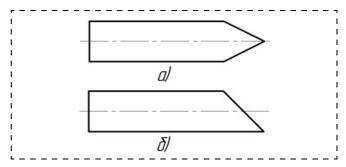


Рис. 1. Разновидности наконечников рабочих инструментов при грунтовом проколе:

a — типа "пика"; δ — типа "копыто"

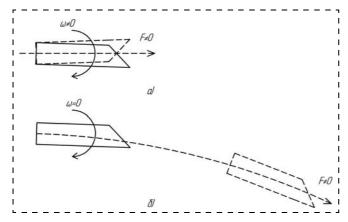


Рис. 2. Схема движения рабочего инструмента при управляемом проколе:

a — для прямолинейного движения; δ — для движения с отклонением от оси скважины

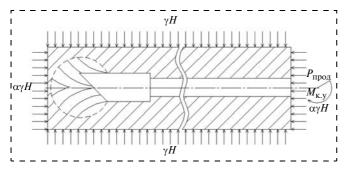


Рис. 3. Система внешних сил, действующих на массив, в совокупности с усилиями, передаваемыми от двигателя установки

лены следующими элементами: гидростатическое давление γH по боковым поверхностям и гидростатическое давление $\alpha \gamma H$ по фронтальной поверхности (γ — средний объемный вес покрывающего скважину грунтового массива, к H/M^3 ; H — глубина заложения скважины, м; $\alpha = \frac{v}{1-v}$ — коэффициент бокового давления; v — коэффициент Пуассона грунта). На рис. 3 также показаны $M_{\rm K.y}$ — крутящий момент, кH • м; $P_{\rm прод}$ — продавливающее усилие, кH.

В штатном режиме корректировка направления прокола выполняется одним или несколькими из следующих действий:

подача (проталкивание) става без вращения рабочего инструмента с предварительно сориентированным наконечником;

изменение скорости подачи, а также частоты и направления вращения рабочего инструмента;

варьирование параметров подачи буровой промывочной жидкости (например бентонитового раствора).

При возникновении значительных отклонений става от проектной траектории (внештатная

ситуация) дополнительно может быть применен возврат става обратным ходом на несколько шагов назад с введением упреждающего корректирующего отклонения.

В исключительных случаях, при встрече труднопроходимых или непроходимых препятствий, могут применяться следующие способы:

вскрытие с поверхности участка траектории с непреодолимым препятствием, его устранение и дальнейшая проходка бестраншейным способом;

извлечение грунтопроходческого става в стартовый котлован с переназначением проектной траектории трассы и выполнением по ней этапа прокола;

организация смены рабочего инструмента для преодоления труднопроходимых препятствий (например методом разбуривания);

оставление в грунте грунтопроходческого става, выполнение прокола по новой траектории с применением нового става.

Применения последнего способа крайне нежелательно, так как стоимость грунтопроходческого става в общей стоимости комплекса может достигать 50 % и более.

Наиболее подробно схема взаимодействия грунтопроходческого става с грунтовым массивом и способы управления корректировкой направления прокола описаны в работе [2].

Тем не менее, даже обладая самым совершенным математическим аппаратом, учитывающим все влияющие факторы, невозможно провести точный расчет управляющих воздействий на рабочий инструмент для получения скважины с выходом в расчетную точку в силу неоднородности и слабой предсказуемости характеристик грунта по всей длине трассы скважины.

Для этих целей современные грунтопроходческие установки дополнительно оснащаются системой определения пространственного положения головной секции.

В этом случае управление направлением пилотного прокола выполняется по следующей схеме:

- а) перед началом пилотного прокола установка располагается на стартовой позиции (например в котловане), ее рабочий инструмент предварительно ориентируется по проектному направлению будущей скважины;
- б) осуществляется прямолинейный прокол в заданном направлении;
- в) в процессе прокола выполняется контроль текущего пространственного положения головной секции с передачей информации оператору;

- г) на основе полученных данных проводится расчет отклонения грунтопроходческого става от проектной траектории;
- д) выполняются корректирующие действия, направленные на движение грунтопроходческого става вдоль проектной траектории трассы.

В автоматизированных грунтопроходческих комплексах работа по пп. б—д может вестись в непрерывном режиме, способствуя удержанию става на оси проектной траектории в пределах заданной точности.

Система определения пространственного положения головной секции служит обратной связью в цепи управления направлением прокола и, безусловно, является его ключевым элементом, влияющим на точность и, в конечном итоге, производительность комплекса.

В общем случае для определения пространственного положения головной секции необходимо знать следующие параметры (рис. 4):

угол рыскания (наклон оси головной секции в вертикальной плоскости);

угол тангажа (наклон оси головной секции в горизонтальной плоскости);

перемещение вдоль оси прокола ("продвиг"); перемещение относительно оси рыскания (т. е. в вертикальной плоскости);

перемещение относительно оси тангажа (т. е. в горизонтальной плоскости).

Вычисление данных перемещений может проводиться пошаговым способом относительно предыдущего положения головной секции или в абсолютной системе координат, привязанной к точке начала прокола.

В частном случае продвиг головной секции можно косвенно определить непосредственно из точки начала прокола путем замера длины задав-

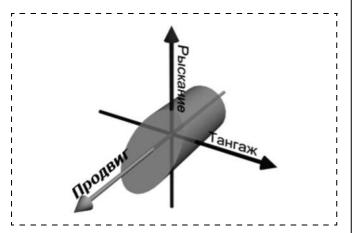


Рис. 4. Наглядное изображение осей направлений перемещения рабочего инструмента

ленного в грунт става. Данный метод больше подходит для прямолинейного прокола, при этом для повышения точности должна учитываться жесткость грунтопроходческого става по длине.

Для возможности управления направлением прокола необходимо знать угловое положение отклоняющего наконечника. В упрощенном виде данный параметр может быть косвенно определен непосредственно из точки начала прокола путем определения углового положения секций става. Однако в этом случае конструкция става должна обеспечивать строгую ориентацию соседних секций относительно друг друга (например как в конструкции шлицевого соединения) и дополнительно необходим учет жесткости става на кручение.

В ряде случаев нет необходимости в определении всех параметров. Например, при прямолинейном проколе не обязательно точное определение угловых перемещений по осям тангажа и рыскания. Важно только знать, есть какие-либо перемещения или нет.

Сейчас существуют несколько основных способов определения пространственного положения головной секции в грунтовом массиве.

Рассмотрим основные из них.

Способ определения пространственного положения с помощью оптической видеомишени, размещенной в головной секции

Данный способ предназначен, в первую очередь, для определения отклонения головной секции грунтопроходческого става при прямолинейной проходке скважин на расстояниях до 50...60 м (рис. 5).

Оборудование для реализации данного способа состоит из следующих элементов:

головной секции со светодиодной мишенью, ориентированной по оси скважины в сторону ее устья. Данный элемент позволяет на некотором расстоянии определять угловую ориентацию бурового инструмента (т. е. ориентацию его отклоняющего скоса), а также наличие перемещений по осям рыскания и тангажа (т. е. определять величину и направление отклонения головной секции от прямолинейной оси скважины);

видеокамеры, установленной в стартовом котловане и направленной на видеомишень головной секции, наблюдаемой через полый грунтопроходческий став;

видеомонитора для отображения "картинки", получаемой с видеокамеры.

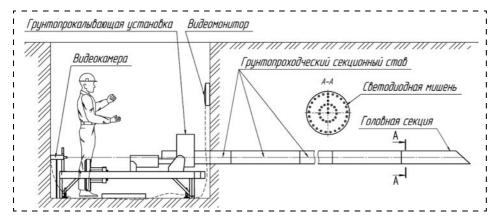


Рис. 5. Схема работы видеооптического способа

Принцип работы заключается в следующем. Головная секция снабжается элементом со светодиодной мишенью, на которой светодиодами сформированы концентрические окружности и линия, сориентированная на отклоняющий скос рабочего инструмента. Далее, в устье скважины устанавливается видеокамера, направленная на светодиодную мишень, и начинается процесс проходки, во время которого ведется наблюдение за экраном монитора. Там мы видим сечение скважины и мишень, по направлению стрелки определяем ориентацию отклоняющего скоса инструмента, а по целостности отображаемых окружностей - направление перемещения и косвенно его величину, после чего оператор принимает решение о корректировке полученного отклонения известными способами.

Следует отметить, что определение продвижения головной секции вдоль проектной оси скважины в данном способе производится по длине собранного бурового става или, проще говоря, по количеству буровых штанг, задавленных в грунт.

Достоинства способа: невысокая стоимость оборудования;

хорошая надежность; высокая автономность,

обусловленная низким уровнем энергопотребления оптической видеомишени;

простота эксплуатации и обслуживания.

Недостатки способа:

необходимость наличия визуального контакта с головной секцией;

необходимость использования полого бурового става со свободным внутренним каналом на всем его протяжении;

трудность выполнения подачи бентонита через головную секцию в зону разрушения;

четкое ограничение по соотношению "максимальная длина скважины—минимальный диаметр внутреннего канала", обусловленное видимостью;

невозможность контроля проходки криволинейных скважин, а также при обходе непреодолимых препятствий.

Следует отметить, что данный способ имеет некоторый потенциал по повышению качества работы путем модернизации обработки и передачи видеоизображения, однако в целом остается способом с узкой областью применения.

Локационный способ

Данный способ основан на применении специальной локационной системы для обнаружения местоположения и ориентации головной секции.

Принцип работы заключается в следующем (рис. 6). В головную секцию става помещается прибор, кото-

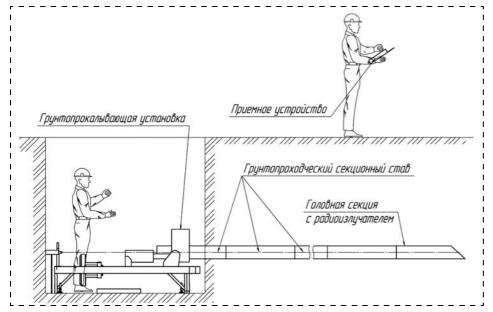


Рис. 6. Схема работы способа локации

рый по показаниям системы встроенных датчиков определяет ее ориентацию и передает собранную информацию по радиоканалу. Прием данных осуществляется приемным устройством, на котором выполняется визуализация информации и, при соответствующих возможностях, ее пересылка основному оператору.

Достоинства способа:

широкая область применения;

возможность отслеживания положения головной секции при прокладке криволинейных скважин;

достаточная точность определения пространственного положения головной секции.

Недостатки способа:

высокая стоимость;

необходимость наличия квалифицированного персонала по эксплуатации и техническому обслуживанию оборудования;

наличие множества помех, возникающих в условиях развитой подземной и наземной инфраструктуры объекта и влияющих на качество передачи сигнала;

необходимость для приема сигнала от передающего модуля наличия оператора, двигающегося с приемником по поверхности траектории будущей скважины, что не всегда возможно, например, при проходке скважин под водными объектами (это требование характерно для большинства из представленных на рынке моделей).

Гироскопическая навигационная система

Способ основан на применении гироскопической системы определения пространственного положения, расположенной в головной секции проходческого снаряда и передачи информации на компьютер оператора.

На сегодняшний день подобные существующие системы реализованы только для случаев проходки (бурения) вертикальных скважин и предполагают наличие проводного соединения между головной секцией и приемной аппаратурой оператора.

Принцип работы заключается вследующем. В головной секции располагается прибор, измеряющий показания угловых скоростей. С использованием специального модуля проводится передача полученных данных на компьютер оператора, где, в свою очередь, специализированным программным обеспечением выполняется расчет местоположения головной секции.

Достоинства способа: высокая точность;

малые габариты измерительного модуля; простота эксплуатации и обслуживания. *Недостатки способа*:

необходимость наличия компьютера со специализированным программным обеспечением;

необходимость наличия проводной связи между головной частью и компьютером оператора;

необходимость учета дрейфа гироскопов при работе на значительных временных интервалах.

На сегодняшний день нами разработан уникальный алгоритм обработки информации, полученной от гироскопической измерительной системы, позволяющий проводить вычисления текущего пространственного положения с учетом результатов измерений, выполненных на предыдущих шагах цикла проходки.

Из анализа работоспособности представленных способов можно сделать следующие выводы.

Первые два способа имеют четко определенную область применения, в которой хорошо себя проявили, но даже при глубокой модернизации оборудования этих способов, при переходе на более современную элементную базу, кардинальных изменений в расширении области применения достичь не удастся.

Третий способ интересен тем, что при соответствующих доработках его можно применить для проведения горизонтальных скважин, при этом он лишается ряда недостатков, например, необходимости наличия проводной связи с головной секцией.

Этот способ и был принят для дальнейшего усовершенствования точности определения пространственного положения грунтопроходческого става, как наиболее перспективный.

Применение данного способа при соответствующих доработках, на наш взгляд, может обеспечить следующие результаты:

- 1. Существенно повысить помехоустойчивость, а также упростить компоновку изделия за счет передачи информации радиосигнала в цифровом формате.
- 2. Существенно снизить влияние гироскопических датчиков благодаря использованию специально разработанного математического алгоритма по обработке информации, полученной от гироскопического измерительного модуля.
- 3. Выполнить конструкцию измерительного модуля малогабаритной благодаря применению современной элементной базы, что снизит ограничения по встраиванию в корпус головной секции.

Отметим также, что при использовании системы на относительно небольших расстояниях возмож-

но применение современных гироскопов вибрационного действия, что существенно снижает ее стоимость.

В настоящее время специалистами Скуратовского опытно-экспериментального завода ведутся работы по созданию системы определения местоположения головной секции става в грунте, основанной на системе гироскопических датчиков.

Данная система включает три функциональных части:

- 1. Измерительный прибор головной секции, определяющий и передающий данные от системы датчиков, фиксирующих изменения в ее ориентации. Состоит из микромеханического гироскопа (или массива гироскопов), акселерометра и контроллера, который проводит сбор данных, их первичную обработку и передачу на модуль приема и обработки данных посредством устройства связи.
- 2. Устройство связи между измерительным прибором в головной секции и модулем приема и обработки данных. По типу передачи данных может быть проводным и беспроводным. Состоит из двух контроллеров коммутационных интерфейсов и проводной линии передачи данных в первом случае и из двух беспроводных контроллеров передачи данных и антенн во втором. Связь между контроллерами и соседними модулями (измерительным и обработки данных) осуществляется по последовательному интерфейсу, например SPI.
- 3. Модуль приема и обработки полученных данных, а также вычисления и отображения пространственного положения как головной секции, так и самого грунтопроходческого става. Центральное место в данном модуле занимает компьютер со специально разработанным программным обеспечением.

Структурная схема построения системы определения пространственного положения головной секции става в грунте приведена на рис. 7.

Для успешной реализации данного способа необходимо решение ряда технических задач, одной из которых является снижение влияния дрейфа гироскопов на точность работы системы.

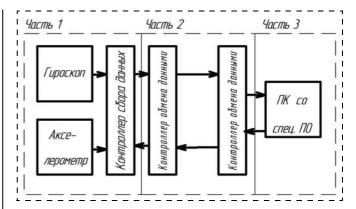


Рис. 7. Структурная схема гироскопической системы

Для решения данной проблемы был разработан специальный алгоритм обработки данных, в настоящий момент ведется работа по созданию реализующего его специализированного программного обеспечения.

На следующем этапе планируется проведение научно-изыскательских и конструкторских работ по созданию системы автоматизированного управления направлением ведения грунтопроходческих работ.

Дополнительно стоит отметить, что полученные результаты по развитию данной системы можно применить и на других машинах для ведения подземных работ, например для тоннелепроходческой и буровой техники.

Список литературы

- 1. **Рыбаков А.П.** Основы бестраншейных технологий (теория и практика) // ПрессБюро. № 1. 2005. 304 с.
- 2. **Рогачев А.А.** Обоснование конструктивных параметров и режимов работы исполнительного органа управляемой прокалывающей установки: Автореф. дис. ... канд. техн. наук, 2007. 19 с.
- 3. **Распопов В.Я.** Микромеханические приборы. М.: Машиностроение, 2007. 399 с.
- 4. **Ишлинской А.Ю.** Гироскопы, ориентация и инерциальная навигация. М.: Наука, 1976. 672 с.

А. Н. Кузичкин, канд. техн. наук, зам. директора, **С. Ю. Тараньжин,** гл. инж. проекта, ЗАО "ОГСК-Шахтспецстройпроект", г. Москва

E-mail: umcc@ogsk.ru

Некоторые вопросы обеспечения герметичности тюбинговой крепи вертикальных стволов рудников в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей

Изложены решения по обеспечению водонепроницаемости тюбинговой крепи вертикальных стволов рудников в сложных гидрогеологических условиях Верхнекамского месторождения калийных солей. Предложена технология разрушения горных пород в забое стволов механизированным способом с применением стволопроходческого агрегата.

Ключевые слова: тюбинговая крепь, тампонажная завеса, гидроизоляционное полимерное кольцо, стволопроходческий агрегат.

A. N. Kuzichkin, S. Yu. Taranzhin

Some Questions of Arrangement of Mine Shafts Tubing Support Watertightness under the Conditions of Verkhnekamsky Potassium Salt Deposit

The present paper describes the solutions of providing mine shafts tubing support watertighness under complex hydrogeological conditions of Verkhnekamsky potassium salt deposit. Mechanical rock failure technology with the help shaft sinking combine is declared.

Keywords: tubing support, grouting barrier, water-proof polymer ring, shaft sinking combine.

Опыт строительства и эксплуатации вертикальных стволов на рудниках соляных месторождений позволил выявить несколько основных факторов, существенно осложняющих обеспечение герметичности тюбингово-бетонной крепи. Анализ водопроявлений через тюбинговую колонну после оттаивания искусственно замороженных грунтов показал, что даже при хорошем качестве тюбингов применяемая технология монтажа (по одному тюбингу к колонне) не обеспечивает равномерного обжатия свинцовых прокладок.

В меньшей степени это касается сооружения тюбингово-бетонной крепи звеньями по 25...30 м снизу вверх при последовательной схеме углубки ствола. В этом случае установка как вертикальных, так и горизонтальных прокладок не представляет сложности и позволяет обеспечить минимальные зазоры в местах стыковки отдельных элементов.

Однако при такой схеме не обеспечивается неразрывность тюбинговой колонны. Пикотажные швы являются одним из основных источников поступления воды в ствол. Конструкция тюбингов

с внешними ребрами позволяет отказаться от сооружения опорных колец, что делает нецелесообразной последовательную схему сооружения и крепления ствола. В то же время, качество герметизации горизонтальных и вертикальных швов при монтаже тюбинговой колонны по совмещенной схеме (наращивание колонны по одному сегменту сверху вниз вслед за продвиганием забоя) крайне неудовлетворительное в силу сложности обеспечения качественной установки свинцовых прокладок и невозможности равномерного их обжатия. Ликвидация остаточных (после оттаивания горных пород) водопритоков является весьма длительным процессом и достигается за счет многократной цементации пород через тюбинговые тампонажные отверстия и расчеканки свинца в швах.

Эти проблемы решаются при наращивании колонны сверху вниз не отдельными сегментами, а собранными тюбинговыми кольцами (рис. 1).

Кольцо собирается на расположенной на забое монтажной платформе с установкой вертикальных свинцовых прокладок. При этом не возникает

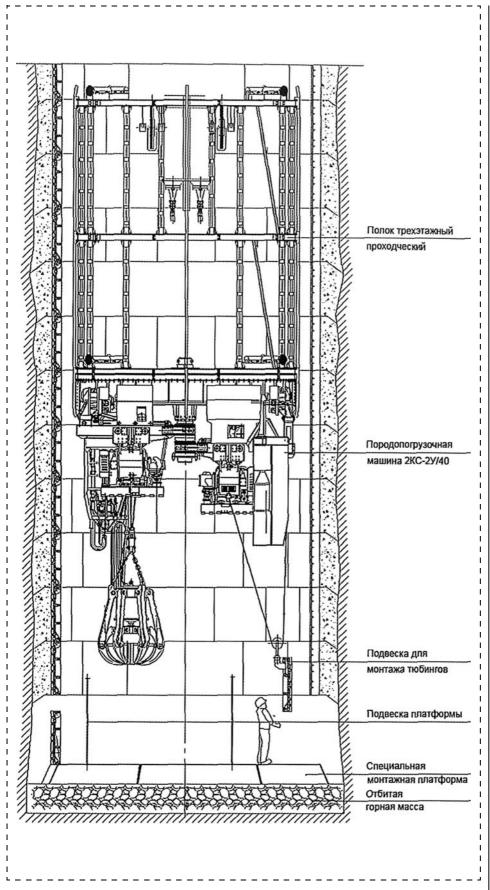


Рис. 1. Сборка тюбингового кольца в забое ствола с применением специальной монтажной гидравлической платформы

проблем с зазорами в швах (прокладки устанавливаются с выпусками вверх и вниз и после обтяжки болтов обрезаются) и равномерностью обтяжки прокладок. Монтажная платформа снабжена силовой гидросистемой, которая обеспечивает центрирование и стыковку тюбингового кольца с колонной. Обеспечение равномерного обжатия свинцовой прокладки по горизонтальному шву в этом случае не представляет сложности. При такой схеме наращивания колонны герметичность ее определяется в основном качеством механической обработки тюбинговых сегментов.

Описанная выше схема монтажа тюбинговой колонны длительное время применяется при проходке стволов на медных рудниках Польши и показала исключительно хорошие результаты. Наша компания подготовила проект строительства трех стволов Усольского рудника на Верхнекамском месторождении калийных солей. предусмотрев в зоне водонасыщенных пород сплошную колонну, возводимую по совмещенной схеме с применением монтажной платформы. Разработана необходимая конструкторская документация и изготовлен комплект оборудования и приспособлений для этой технологии. Проектом предусмотрено выполнение работ по тампонажу приконтактной зоны породного контура с бетоном, целью которого является консолидация системы "горный массив-крепь ствола". Тампонаж выполняется после частичного оттаивания закрепленного горного массива до нарушения сплошности ледопородного ограждения вокруг ствола. При этом происходит обжатие тюбинговой колонны, что предотвращает гидравлический удар и деформацию колонны (и, как следствие этого, ее разгерметизацию) в момент нарушения сплошности ледопородного ограждения. Тампонажные работы и чеканка швов выполняются параллельно с работами в забое ствола.

Одними из наиболее ответственных и сложных инженерных решений для стволов соляных и калийных рудников являются технологии и устройства, предотвращающие поступления пластовых вод по затюбинговому пространству в соляные пласты. Традиционно в отечественной практике на всех стволах в водоупорах ниже водоносных горизонтов устраиваются специальные водопреграждающие устройства – кейлькранцы. Конструкция их практически не претерпела существенных изменений с 30-х годов прошлого века. Эти устройства отличаются большой трудоемкостью, не подлежат ремонту и при прорыве воды через них единственным методом прекращения фильтрации является цементация. Сооружение кейлькранцев требует высокой квалификации рабочих и исключительной технологической дисциплины. Однако даже при соблюдении всех этих условий надежность кейлькранцев (а, следовательно, и их целесообразность) многими специалистами ставится под сомнение.

В то же время во многих отраслях (в том числе и в шахтном строительстве) широко применяются для целей герметизации полимерные материалы, вполне удовлетворяющие по своим характеристикам условия работы в водопреграждающих устройствах стволов соляных рудников. Представляется целесообразным предложить комплекс технологических и конструктивных мер для надежного решения рассматриваемой проблемы.

1. В приконтактной зоне нижнего водоносного горизонта и водоупора через тампонажные отверстия тюбингов устраивается кольцевая завеса (рис. 2) путем нагнетания быстротвердеющих смесей на основе микроцемента RHEOCEM 650 с химическими добавками, регулирующими сроки схватывания. Завеса должна перекрывать по глубине водонасыщенные породы в подошве нижнего водоносного горизонта и зону возможных замкнутых локальных скоплений рассолов в водоупоре. Параметры завесы в горизонтальной плоскости выбираются из условия перекрытия нижней зоны пород, нарушенных при бурении замораживающих скважин. Технология устройства таких водопрег-

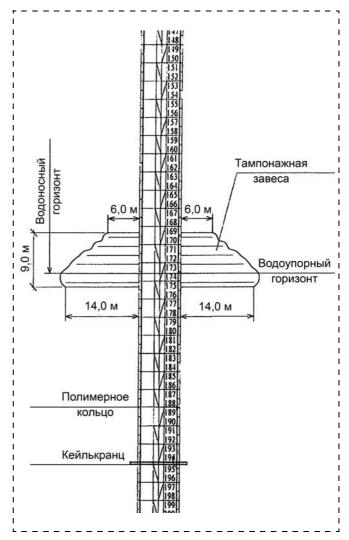


Рис. 2. Расположение водопреграждающих устройств в стволе

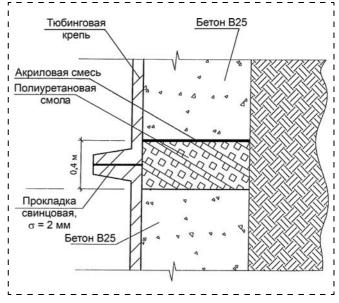


Рис. 3. Гидроизоляционное полимерное кольцо

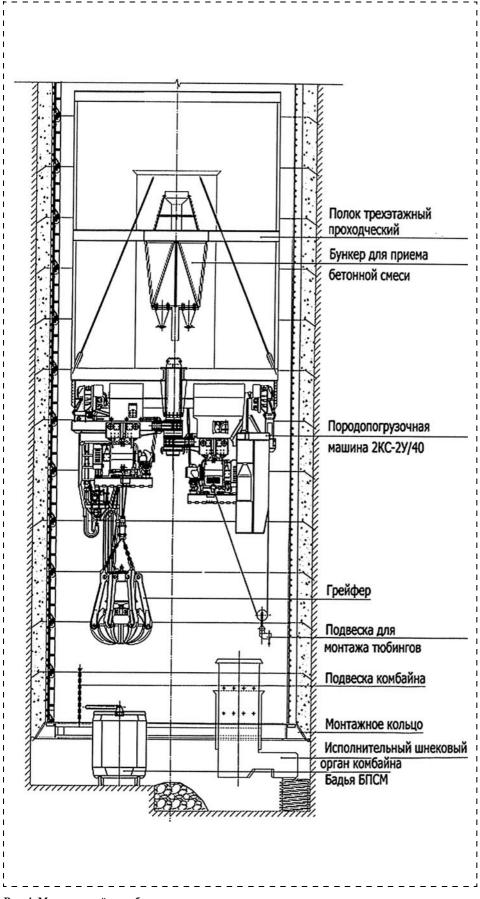


Рис. 4. Механический способ разрушения пород при проходке ствола

- раждающих завес известна и апробирована в шахтном строительстве (например технология концерна "BASF").
- 2. В водоупоре ниже водоносных горизонтов и ниже тампонажной завесы устраивается водопреграждающее кольцо в зазоре между тюбинговой колонной и породным контуром (рис. 3). В качестве изолирующих материалов применяются полиуретановая смола МЕҮСО МР 355А Thix и акриловые смеси. Haдежность подобных решений апробирована еще в середине прошлого века при герметизации скважин большого диаметра американской химической компании "DOW". Для устройства полимерных водопреграждающих колец на стволах рудника Усольского комбината в проекте мы воспользовались технологией "BASF".
- 3. Поскольку на стволах в отечественной практике предложенные выше решения не апробированы, выполненным нами проектом предусмотрено устройство традиционного кейлькранца, который располагается в водоупоре ниже полимерного кольца.
- 4. Существенным осложняющим фактором при решении проблемы предотвращения фильтрации воды по закрепленному пространству является образование технологических трещин в горном массиве при разработке пород буровзрывным способом. В практике отечественного шахтостроения порода в зоне расположения кейлькранцев разрабатывается механическим способом (отбойными молотками). Польская шахтостроительная компа-

ния "РеВеКа" проходку ствола в породах крепостью до 5 единиц по шкале проф. М.М. Протодьяконова осуществляет комбайновым способом (рис. 4), что вполне приемлемо в условиях Верхнекамского месторождения в соляно-мергельной и соляной толщах (для рудника Усольского комбината с глубины 180...200 м).

В сотрудничестве с польской проектно-конструкторской компанией "CuprumProject" и Скуратовским опытно-экспериментальным заводом наша компания организовала разработку конструкторской документации на такой комбайн, адаптированный под технологические особенности и нормы безопасности при строительстве стволов в условиях газоопасной рудничной атмосферы.

Конструкция комбайна претерпела существенную модернизацию в части гидросистемы, систе-

мы диагностики и управления. В настоящий момент на Скуратовском опытно-экспериментальном заводе ведутся изготовление и подготовка к опытной эксплуатации комбайна.

На наш взгляд применение комбайна для разработки забоя позволит не только механизировать процесс разработки породы, но и существенно повысить надежность гидроизоляции толщи соленосных отложений вследствие отсутствия нарушения сплошности забоя и повышения качества обработки его поверхностей.

Дополнительно отметим, что отказ от буровзрывного метода разработки позволит сократить технологические простои, связанные с оконтуриванием забоя ручным способом, а также снизить расход тампонажного материала для заполнения избыточно разрушенных объемов.

УДК 622

Д. П. Бессолов, менеджер по маркетингу, ООО "ИЦПС "ИТЭП", г. Тула, 300045, г. Тула, Новомосковское шоссе, 36

Опыт эксплуатации установок управляемого бурошнекового бурения типа УМТ, выпускаемых ООО "СОЭЗ"

Описан опыт эксплуатации установок управляемого бурошнекового бурения, выпускаемых ООО "СОЭЗ".

Ключевые слова: управляемое бурошнековое бурение, подземная прокладка трубопроводов, система наведения, пилотная труба.

D. P. Bessolov

Operating Experience of LLC "SOEZ" Manufactured Directionally Controlled Thrust Boring Machines Type YMT

In article experience of operation of LLC "SOEZ" manufactured directionally controlled thrust boring machines is described.

Keywords: directionally controlled thrust boring, underground pipe installation, measuring technology, pilot pipe.

Бурошнековое бурение применялось достаточно широко в бывшем СССР. Этот способ реализовывался большими установками, применяемыми для прокладки стальных или железобетонных труб. В то же время за рубежом была создана техника для бурошнекового бурения, способная работать в стесненных городских условиях и имею-

щая систему наведения для контроля направления прокладки.

Знакомство с техникой отечественных специалистов и руководителей предприятий, занятых в сфере подземного строительства, произошло в 1997 г. в Гамбурге (Германия) на 5-й Международной конференции по подземной прокладке тру-

бопроводов. В это время состоялось посещение завода фирмы "Soltau" в Люнебурге, где на испытательном стенде на территории завода демонстрировалась работа установки RVS-80. Установка работала из колодца внутренним диаметром 2,0 м.

В 1998 г. ОАО "Центротоннельстрой" (Тула) приобрело и ввело в эксплуатацию данную установку. С 2000 г. в Москве и ряде других городов России успешно работают установки фирмы "Bohrtec" ВМ 300 и ВМ 400 со схожими технологическими параметрами.

В 2003 г. ЗАО "Нижегородспецстрой" (Нижний Новгород) обратилось к ООО "СОЭЗ" с предложением об изготовлении компактной установки управляемого бурошнекового бурения. Приняв за основу технологическую схему упомянутой германской фирмы, была изготовлена первая установка УМТ-0,6. В декабре 2003 г. она была введена в эксплуатацию в Нижнем Новгороде. Всего до настоящего времени предприятием изготовлено и введено в эксплуатацию 12 таких установок. Их основной задачей является прокладка коммуникаций различного назначения в городских условиях, хотя существуют примеры иного их применения, например, для сооружения экрана из труб для сбоек метро или дренажных отводов под железными дорогами.

В 2008 г. по заказу ООО "СпецПромСтрой" (Тула) была изготовлена первая установка УМТ-1,4. В декабре 2008 г. она была введена в эксплуатацию в Москве на прокладке футляра сети теплоснабжения станции метро "Митино". Установка используется для прокладки трубопроводов различного назначения (в основном канализации) в различных городах России.

Установки управляемого бурошнекового бурения УМТ-0,6 и УМТ-1,4 предназначены для бестраншейной прокладки трубопроводов в грунтах I—IV категории крепости по СНиП внешним диаметром до 0,56 и до 1,4 м соответственно, с использованием метода высокоточного управляемого прокола пилотным ставом с последующим расширением (с выемкой грунта шнеком) и продавливанием рабочей трубы или футляра, для дальнейшего использования их в качестве трубопроводов различного функционального назначения, в том числе для самотечной канализации, а также в качестве каналов для систем электроснабжения и связи.

В состав установки входят: насосная станция с приводным дизель-агрегатом; домкратная станция;

система наведения: видеомонитор, теодолит с видеокамерой и мишенью в пилотной головке;

рабочее оборудование: штанги, трубы, шнеки, адаптеры и т. д.

Первоначально осуществляется прокладка из стартовой в финишную шахту пилотного става, который состоит из пилотной головки со скошенным наконечником и видеомишени внутри нее и пилотных штанг рабочей длиной 1 м. Затем к пилотному ставу присоединяется расширитель с передовым шнеком. Далее идут стальные трубы со шнеками. Шнеками осуществляется транспортировка грунта в стартовую шахту с дальнейшим подъемом его на поверхность.

В случае прокладки стального трубопровода соединение отрезков труб осуществляется с помощью сварки и прокладка осуществляется в два этапа. Сначала прокладывается пилотный став, а затем стальной трубопровод. Прокладка в качестве рабочей трубы полиэтиленовых или стеклопластиковых труб выполняется в три этапа. Сначала прокладывается пилотный став, затем быстроразъемные стальные трубы для выемки грунта. На третьем этапе производится задавливание рабочей трубы (полиэтилен, стеклопластик) с выдавливанием быстроразъемных стальных труб в финишную шахту и их разборкой и подъемом на поверхность.

При прокладке установкой УМТ-1,4 стальных труб диаметром более 830 мм для предотвращения разрушения соединения между расширителем и пилотным ставом рекомендуется пройти предварительно интервал с промежуточным быстроразьемным стальным ставом диаметром 530 мм с выемкой грунта, а затем уже вести прокладку рабочей стальной трубой нужного диаметра с выемкой грунта. Технические характеристики установок приведены ниже.

Технические характеристики установок

	УМТ-0,6	УМТ-1,4
Диаметр прокладываемой трубы, мм	До 560	До 1420
Длина прокладки, тах, м	До 50	До 100
Диаметр стартового колодца, min, м	2	$6 \times 2,5$
Глубина колодца, м, не более	8	8
Точность прокладки, мм	± 30	± 30
Развиваемое усилие, тс	До 80	До 240
Мощность дизель-агрегата, кВт	100	140
Скорость проведения тоннеля при продавливании, м/смену		До 20

За время выпуска установок типа УМТ ООО "СОЭЗ" накопило большой опыт в применении данной технологии. Это позволяет выбрать для

заказчика наиболее подходящую проверенную схему работы и комплектацию. Остановимся на наиболее важных моментах.

Предприятие использовало для установок три вида пилотных ставов. Сначала использовался шлицевой став. Его преимущества – быстрая сборка и разборка. К недостаткам прежде всего относится определенная вероятность разрыва става при обратном ходе, который бывает иногда необходим. Затем ему на замену пришел став с накидной гайкой. В этом случае вероятность разрыва става значительно уменьшилась. Для установки УМТ-1,4 применяется резьбовой став. Он обладает наиболее малым изгибом, что позволяет прокладывать его на длину до 100 м без потери видеомишени на экране монитора. Однако применение данного става для установки УМТ-0,6 затруднительно из-за сложности использования специальных ключей для раскручивания става в ограниченном объеме.

При прокладке трубопроводов диаметром до 400 мм установкой УМТ-0,6 в подходящих грунтовых условиях не возникало проблем с усилием продавливания. Однако при прокладке данной установкой стальных труб диаметром 530 мм рекомендуется при длине трассы более 20 м подавать к расширителю бентонитовый раствор для смазки наружной поверхности труб, особенно при работе в песчаных грунтах. В противном случае возможна остановка прокладки из-за недостатка усилия продавливания. Такие же требования при определенной длине прокладки и диаметре относятся и к установке УМТ-1,4.

Важным условием успешной работы установок является соблюдение технологических рекомендаций производителя. Например, при необходимости подачи бентонита это следует делать с первого метра задавливания рабочей трубы, а не при резком увеличении усилия продавливания, так как зазор между рабочей трубой и грунтом может исчезнуть и эффекта от подачи бентонита уже не будет.

Особенно важен порядок ввода в эксплуатацию установок типа УМТ. Опыт показал, что оборудование данного типа не может быть просто передано заказчику. Необходимо проведение обучения персонала. Сначала оно проводится на заводе, а затем на первом объекте представитель завода выполняет запуск оборудования и прокладку пилотного става (за исключением случая, когда у заказчика уже есть специалист, обученный работе на данном оборудовании). Это в целом совпадает

с практикой запуска в эксплуатацию иностранной техники данного типа.

Личный опыт запуска в эксплуатацию большинства установок типа УМТ позволяет выявить следующие закономерности.

- 1. Центральной фигурой при работе установки типа УМТ является ее оператор. Именно он отвечает за успех или неудачу в прокладке интервала. Больших требований к оператору не предъявляется, но он должен освоить технологию и научиться чувствовать установку. Попытка поставить оператора без соответствующих способностей обычно приводит к большим проблемам. Оператор должен бережно относится к установке и ощущать ее в определенном смысле своей. Примеры с наймом посторонней бригады обычно приводили к значительным повреждениям оборудования и необходимости серьезного ремонта. Также определенные проблемы возникают при обучении операторов, имеющих значительный опыт работы на другом оборудовании для подземной прокладки трубопроводов, например продавливании. С одной стороны, у человека есть уверенность в работе с техникой. С другой стороны, он естественно не знает болевых моментов данной технологии и может воспринять жесткую рекомендацию, как благое пожелание, пока дело не дойдет до аварийной ситуации. Например, при прокладке в песке стальной трубы диаметром 530 мм вращение шнека в противоположном с обычным направлении может привести к образованию пробки и невозможности дальнейшего задавливания. Отмечен случай, когда при запуске в эксплуатацию одной из установок специалист по продавливанию стальных труб большого диаметра с помощью домкратов, обучающийся работе на УМТ-0,6, не воспринял данную рекомендацию серьезно и тем самым создал аварийную ситуацию.
- 2. Важным фактором при запуске установки в эксплуатацию является разумный выбор длины первых интервалов. Конечно, понятно желание заказчика проверить установку по максимуму, да еще и заработать при этом, но обычно это приводит к противоположному результату. При максимальной длине специалист вынужден обратить все свое внимание на прокладку интервала и ему уже не до обучения. На следующем интервале, когда бригада остается одна, то это все всплывает. Оптимальной длиной для обучения персонала является интервал около 20 м.
- 3. При запуске и дальнейшей работе установки важно соблюдать продолжительность рабочего

времени. Оптимальной* является продолжительность смены в 8 ч. Дальнейшее увеличение рабочего времени приводит к значительному увеличению риска аварийных ситуаций из-за снижения внимания и травматизма.

Теперь обратимся к преимуществам установок типа УМТ по сравнению с конкурирующими импортными образцами (фирм "Bohrtec" и "Perforator", Германия) при практически схожих технических характеристиках.

- 1. Более низкая цена покупки.
- 2. Более низкие эксплуатационные расходы: при примерно одинаковых прямых эксплуатационных затратах (дизельное топливо, масло и т. п.) и сопоставимых затратах на замену повреждаемых штанг, шнеков и расширителей при длительной эксплуатации импортных установок возрастают затраты на замену выходящих из строя комплектующих.
- 3. Менее строгие требования к эксплуатирующему персоналу, которые вытекают из менее строгих требований к работе установки.

- 4. Возможность более оперативного и сложного ремонта, связанная с близостью завода к заказчикам.
- 5. Возможность оказания содействия заказчику при сооружении объекта большой длины за короткий срок (помощь специалистов при возникновении аварийных ситуаций, обучение персонала, изготовление или предоставление оборудования при внештатных ситуациях).

В настоящее время предприятие выполняет работы по дальнейшей модернизации установок типа УМТ:

- 1) изготавливается система наведения на базе гироскопов;
 - 2) испытываются активные расширители.

В заключение отметим, что производство установок типа УМТ ООО "Скуратовский опытноэкспериментальный завод" является удачным примером выпуска конкурентоспособной серийной отечественной техники на рынке подземного строительства и ремонта трубопроводов.

УДК 622

Г. М. Стафеев, ген. директор, **А. Г. Леонов**, гл. инж., ООО "Навигатор", г. Москва

E-mail: leonov1954@mail.ru

Ведение тоннелепроходческого механизированного комплекса с применением российской навигационной системы SN-PAi

Приведено описание отечественной навигационной системы для ведения тоннелепроходческих механизированных комплексов.

Ключевые слова: навигационная система, тоннель, тахеометр-автомат, мотопризма.

G. M. Stafeev, A. G. Leonov

Conducting the Tunnel Mechanized Complex with Use of the Russian Navigating System SN-PAi

A description of the national navigation system for mechanized complexes of tunnel.

Keywords: navigating system, tunnel, tacheometer automat, motoring reflector.

Применяемое оборудование

Для осуществления маркшейдерского контроля за положением тоннелепроходческого механи-

зированного комплекса (ТПМК) в плане и профиле применяется специально разработанная система навигации SN-PAi (система навигации – призменная автоматическая с инклинометром).

^{*} и соответствующей Закону (прим. ред.).

В комплект оборудования для данной системы входят:

тахеометр-автомат с сервоприводом с угловой точностью не менее 5" и с линейной точностью не хуже ± -2 мм;

проводная или радиомодемная связь между тахеометром и промышленным компьютером;

двухосевой инклинометр;

промышленный компьютер;

две мотопризмы*;

программное обеспечение SN-PAi.

Принципы работы навигационной системы

Основными принципами работы данной системы являются:

вычисление координат *XYZ* проектной трассы тоннеля через 1 м на основе главных элементов трассы, введенных маркшейдером в трассовый редактор;

автоматическое определение истинных координат, закрепленных на ТПМК призм, фактического уклона и кручения ТПМК и передача этих данных в навигационный компьютер;

программная обработка полученных данных и вывод на экран монитора фактического положения тоннелепроходческой машины относительно проектной трассы тоннеля в графическом и цифровом видах;

частота замеров положения ТПМК определяется пользователем и обычно составляет 15...30 с.

Общий вид основного экрана программного обеспечения навигационной системы SN-PAi приведен на рис. 1, где цифрами 1-17 обозначены зоны, имеющие определенное информационное или функциональное назначение:

- 1. Условный и истинный пикет ножа щитовой машины (ЩМ).
- 2. Положение ножа и хвоста ЩМ относительно проектной трассы в плане и профиле в цифровом виде.
 - 3. Тенденции движения ЩМ:
- в плане (тангенс угла разворота оси щита в плане относительно проектной оси тоннеля);
- в профиле (тангенс угла разворота оси ЩМ в профиле относительно проектной оси тоннеля).

Правило определения знаков следующее: если ось ЩМ повернута относительно оси тоннеля

вправо и вверх, значит тенденция положительная, если влево и вниз — отрицательная.

- 4. Актуальный номер проходки.
- 5. Уклон щита (тангенс угла наклона ЩМ относительно горизонтальной плоскости).

Правило определения знаков следующее: если щит идет вверх, значит уклон положительный, если вниз — отрицательный.

- 6. Кручение щита в цифровом и графическом виде. Правило определения знаков следующее: по часовой стрелке принято за положительное направление; против часовой отрицательное.
- 7. Окна отображения величины выдвижения щитовых домкратов гидроцилиндров.
 - 8. Окна отображения выдвижки ротора.
 - 9. Окна отображения угла копир-резца.
 - 10. Окна отображения параметров копир-резца.
- 11. Продвиг щита расстояние, на которое переместился щит при разработке грунта для монтажа данного кольца.
 - 12. Скорость передвижки ЩМ, см/мин.
 - 13. Текущие время и дата.
 - 14. Строка состояния работы программы.
 - 15. Функциональные клавиши.
- 16. Панель контроля: отображаются ошибки, связанные с работой тахеометра, угловых и линейных датчиков и инклинометра.
- 17. Графическое изображение фактического положения оси ШМ.

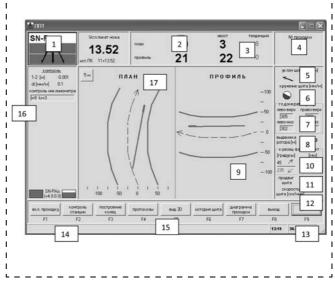


Рис. 1. Основной экран программного обеспечения

^{*} Мотопризма — оптическая призма, оснащенная шторкой, управляемой от компьютера.

Принципиальная схема построения навигационной системы SN-PAi

Принципиальная схема построения навигационной системы приведена на рис. 2.

Центральное место в навигационной системе занимает тахеометр-автомат, с помощью которого проводится определение местоположения мотопризм, установленных в корпусе ЩМ на заданном друг от друга расстоянии.

Сам тахеометр устанавливается неподвижно на специальном кронштейне тоннельной обделки сзади ТПМК с определенным отставанием по длине. Через некоторый интервал времени происходит определение координат мотопризмы.

Также следует отметить, что имеется разновидность системы, использующая три мотопризмы вместо двух призм и инклинометра.

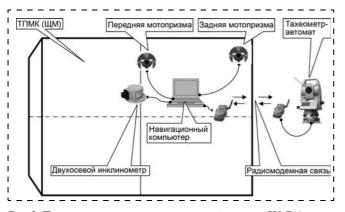


Рис. 2. Принципиальная схема навигационной системы SN-PAi

Достигаемая точность

Достигаемая точность всей системы зависит только от точности определения координат призм в системе координат ТПМК и глобальной системе. Как правило, в плане и профиле точность измерения составляет не хуже +/—5 мм.

Сохранение данных

Вся необходимая информация по проходке тоннеля и построению колец сохраняется в базе данных и при необходимости ее можно вывести на печать в виде протоколов проходки.

Дополнительно стоит указать, что применение данной навигационной системы не ограничивается только ведением ТПМК. Например, существует программный модуль для расчета клиновых тюбинговых колец, используемых при формировании стенок тоннеля из элементов высокоточной обделки при проходке как прямолинейных, так и радиусных участков.

Также имеется специальная версия программного обеспечения, предназначенная для ведения тоннелепроходческого комплекса на основе проходческого комбайна стрелового типа.

ООО "Издательство "Новые технологии", 107076, Москва, Стромынский пер., 4

Дизайнер Т.Н. Погорелова. Технический редактор Е.В. Конова. Корректор Т.В. Пчелкина.

Сдано в набор 17.02.2012. Подписано в печать 26.03.2012. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 6,37 (в т. ч. вкл. 0,49). Заказ GO412. Цена свободная.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-19854 от 15 апреля 2005 г.

Оригинал-макет ООО "Адвансед солюшнз". Отпечатано в ООО "Адвансед солюшнз". 105120, г. Москва, ул. Нижняя Сыромятническая, д. 5/7, стр. 2, офис 2.