УДК 622.063.23

Д.А.ЮНГМЕЙСТЕР, С.А.ИГНАТЬЕВ, А.Я.БУРАК
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*),
С.А.КОНОВАЛОВ
ОАО «*Метрострой*»

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОНОВКИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ПРОХОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ШАХТ ОАО «МЕТРОСТРОЙ»

Представлен вариант компоновки исполнительного органа проходческого комплекса для шахт Метростроя Санкт-Петербурга. Приведены формулы и результаты расчета основных параметров исполнительного органа комплекса на ЭВМ по методике Р.Ю.Подэрни для гидроударников и модернизированной программе KOR_N для гидравлических фрез. Обосновано использование гидравлических фрез продольного вращения в качестве исполнительного органа при отработке забоя. Изложен цикл проходческих работ комплекса.

In clause the variant of configuration of an agency to passed a complex for mines Metrostroja of Saint Petersburg is presented. Formulas and results of calculation of key parameters of an agency of a complex on the COMPUTER by Poderni R.J.'s technique for hydraulicimpact and modernized program KOR_N for hydraulic mills are resulted. Use of hydraulic mills of longitudinal rotation as an agency on working off of a face is proved. The cycle to passed works of a complex is stated.

Основной причиной необходимости создания новой технологии проходческих работ и внедрения качественно нового комплекта машин на основе стандартного оборудования является сложность эффективного использования известных механизированных способов и средств для проходки спецвыработок в условиях шахт ОАО «Метрострой», что связано с необходимостью проведения монтажных и демонтажных камер, например, для щитовых устройств. Для проходки тоннеля большого диаметра (свыше 6 м) и сравнительно небольшой длины (100-200 м) требуется проведение монтажно-демонтажных камер протяженностью, приближающейся к длине проводимой выработки, а это экономически не всегда целесообразно. Поэтому до настоящего времени проходка таких выработок осуществляется бригадами проходчиков с использованием пневмомолотков. Данный способ проходки имеет ряд существенных недостатков: высокие трудозатраты; низкая производительность; высокая продолжительность монтажно-демонтажных работ тюбингоукладчика; высокий уровень травматизма, так как рабочим приходится находиться в непосредственной близости от забоя; профессиональные заболевания от воздействия пыли и вибрации.

В связи с этим необходима разработка механизированного проходческого комплекса на основе стандартного оборудования, который обеспечил бы механизацию процессов отбойки, крепления и уборки отбитой породы, обладающий небольшими габаритными размерами и достаточно простой при монтаже и использовании.

Специалистами кафедры конструирования горных машин и технологии машиностроения СПГГИ совместно с руководством ОАО «Метрострой» были проведены работы по разработке и исследованию проходческого комплекса при максимальном использовании серийного оборудования для механизированной проходки камер и тоннелей большого диаметра и незначительной протяженности.

Проведенный анализ существующих технологий сооружения тоннелей [1] показал, что проходческие машины и комбайны не удовлетворяют предъявляемым требованиям из-за малошарнирности применяемых на них манипуляторов.

Для выполнения поставленной задачи предлагается оснастить шагающий крепеустановщик конструкции Метростроя исполнительным органом, позволяющим механизировать процесс отбойки породы и исключающим присутствие людей в призабойной зоне.

Основой предлагаемой технологии является применение модернизированной стрелы манипулятора (серийного производства) с механизмом для разрушения массива горной породы, установленного на шагающем крепеустановщике. Возведение постоянной железобетонной обделки осуществляется с помощью самостоятельной в конструктивном исполнении машины (рукояти крепеустановщика). В качестве модернизированной стрелы манипулятора серийного производства предлагается использовать, например, манипулятор шведской машины фирмы «Brokk» с возможностью размещения на его рычаге сменного навесного рабочего оборудования. Общий вид проходческого агрегата с таким исполнительным органом приведен на рис.1. Вариантами сменного рабочего оборудования по разработке забоя в условиях шахт ОАО «Метрострой» рассмотрены:

- гидроударники зарубежных фирм, таких как «Rokson», «Kone», «Rammer», «Krupp» и др.;
- гидравлические фрезы фирм «Webster schaeff», «Erkat», «Hitachi» и др. двух типов исполнения: с продольно-режущей головкой; с поперечно-режущей головкой.

Энергия удара гидроударника оценивается кинетической энергией бойка в момент его соударения с рабочим инструментом (пикой).

При реализации энергии удара, передаваемой долоту, сила удара инструмента по породе составит [2]

$$P_{óäàð} = 2(d\sigma_{ñæ}(\mathrm{tg}(\alpha/2)+\mu)K_{çàò}\grave{A}_{óäàð})^{0,5},$$

где d – диаметр долота (пики), м; α – угол заточки лезвия долота, град; μ – коэффициент трения инструмента о породу в забое; $K_{зат}$ – коэффициент затупления лезвий долота (пики); $\sigma_{сж}$ – предел прочности горной породы на сжатие, $\sigma_{сж} = 10f$, Па (f – коэффициент прочности горной породы по шкале М.М.Протодьяконова); $A_{удар}$ – энергия удара гидроударника, Дж.

Глубина погружения лезвий долота составит

$$h = (\grave{A}_{óäàð}/(d\sigma_{ñæ}(\mathrm{tg}(\alpha/2)+\mu)K_{çàò}))^{0,5}.$$

Проведенные расчеты [3,4] показали, что для отработки забоя необходимо использовать гидроударник большой ударной мощности, например Rokson-150 ($N = 8$ кВт), что в реальных условиях может привести к «расколу забоя». Поэтому далее гидроударник рассматривался в качестве исполнительного органа по отработке забоя с крепкими прослойками, что имеет место в шахтах южного направления. Гидравлические фрезы продольного вращения, например немецкой фирмы «Erkat», могут широко применяться для отбойки глиняного забоя, так как они имеют небольшие габариты, вес, выпускаются для проведения специальных подземных работ и тоннелестроении. В забоях шахт Санкт-Петербурга, особенно в тоннелях южных направлений, сухая глина ($f \le 3$) по напластованию через 5-10 см включает пропластки крепких пород (закварцованный песчаник, например, в забоях шахты у станции «Обводный канал»), поэтому здесь надо использовать гидроударники или гидравлические вращающиеся фрезы (коронки) с тангенциальными резцами повышенной прочности. Изготовление коронки с угольными резцами типа РКС-1,2,3 для данных условий, например в Управлении механизации – ОАО «Метрострой», является сложноосуществимой задачей, особенно с учетом наличия отработанных конструкций коронок.

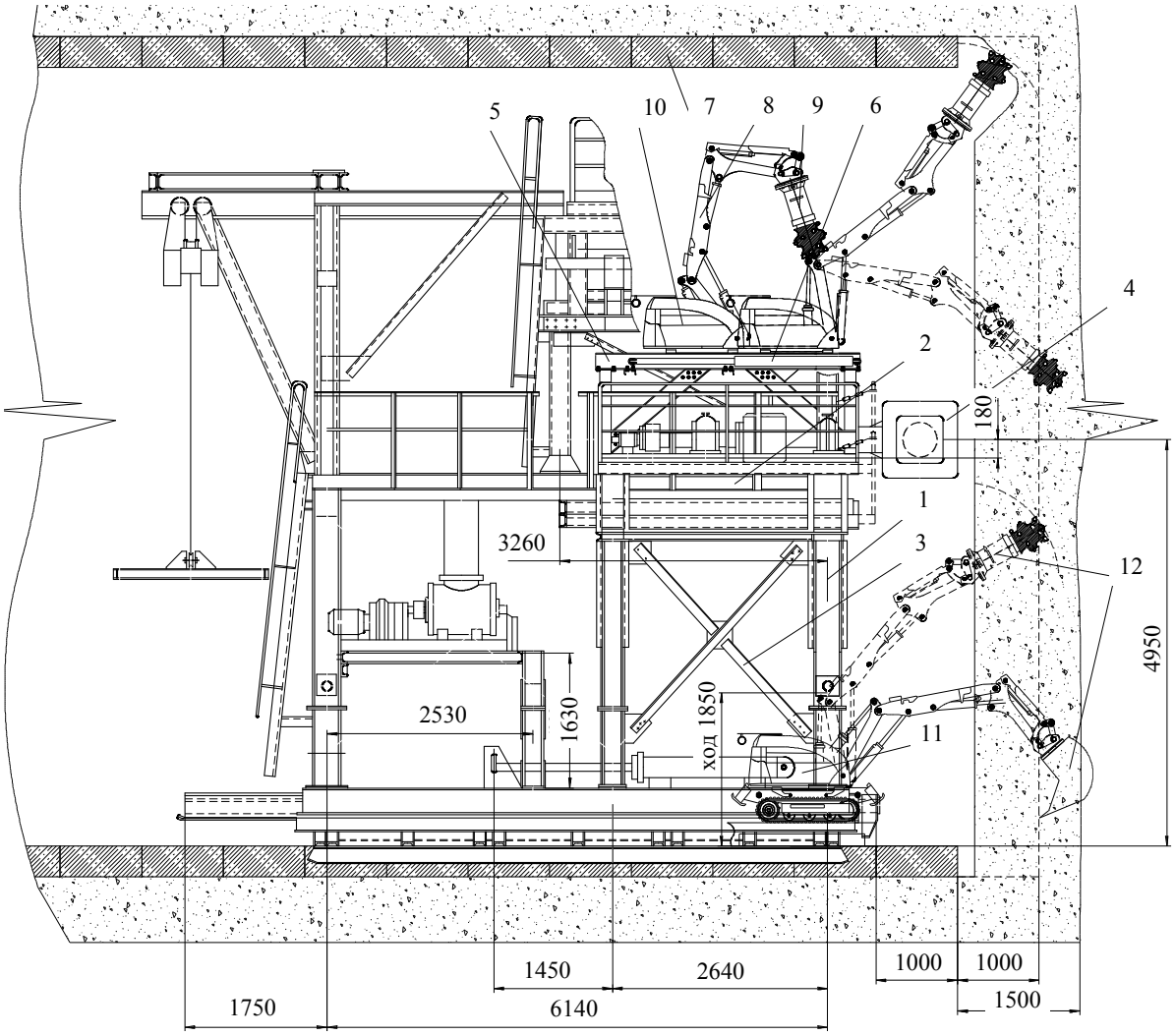


Рис.1. Технологическая схема проходки спецвыработок с использованием проходческого агрегата на основе крепеустановщика, агрегатированного серийным манипулятором

1 – стойка; 2 – рама несущая; 3 – раскосы; 4 – рычаг крепеустановщика; 5 – платформа; 6 – механизм подачи манипулятора на забой; 7 – тюбинг; 8 – манипулятор машины фирмы «Brokk»; 9 – продольно-режущая фреза; 10 – поворотная платформа машины фирмы «Brokk»; 11 – самоходная машина фирмы «Brokk» легкой серии; 12 – навесное оборудование

Фрезы фирмы «Erkat» имеют большой крутящий момент и режущую силу (при небольшой массе и габаритных размерах режущей головки 400 × 400 мм по резцам) по сравнению с аналогичными характеристиками рассмотренных фрез других фирм.

С учетом удвоенного вылета резца, толщины резцедержателя, толщины корпуса, диаметра вала, суммарная длина и диаметр коронки приблизительно равны ширине тюбинга и, соответственно, толщине отрабатываемого слоя за цикл проходки.

С целью определения рациональных эксплуатационных параметров исполнительного органа (ИО) проходческого комплекса был разработан алгоритм расчета и компьютерные программы, например, KOR [5], позволяющие рассчитать мощность привода исполнительного органа, производительность комплекса и энергоемкость процесса. Программа также производит расчет усилия на резцах Z в зависимости от типа породы, коэффициента вариации момента на ИО, выбор оптимального шага расстановки резцов и построение зависимости

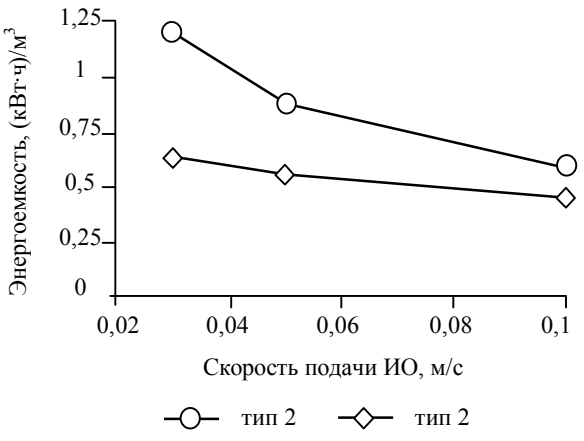


Рис.2. Пример эксплуатационных параметров привода исполнительного органа комплекса

эксплуатационных параметров от скорости подачи ИО.

Методики расчета усилий на резцах ИО в основном используют постоянные значения показателя крепости породы, которые не зависят от скорости резания. Известны исследования, которые выявили зависимость прочностных свойств породы от скорости ее деформации [6], при этом было предложено породы разделять по характеру изменения их прочности в зависимости от скорости деформирования на три типа, например, тип 1 – породы, у которых прочность монотонно растет при увеличении скорости деформирования и так далее.

С учетом сказанного можно получить формулы для определения усилия на резце, в зависимости от типа разрабатываемой породы. Для пород 1-го типа

$$Zxo_1 =$$

$$= rb_{\text{ð}}\alpha\frac{v_{i\dot{r}}}{v_{\text{ð}}}(\sigma_{\text{i}} + \frac{1}{k}\ln\frac{v_{\text{ð}}^2\cos\alpha_{\text{ñê}}\sin\alpha_{\text{ñê}}}{v_{\text{i}}r\alpha\dot{\gamma}_0})\delta(t)\,, \quad (1)$$

где r – радиус ИО (в данном случае резцовой коронки); $b_{\text{р}}$ – ширина режущей кромки резца; α – угловое расстояние между соседними резцами; $v_{\text{п}}$, $v_{\text{р}}$ – соответственно скорость подачи и резания ИО; $\sigma_{\text{н}}$ – нормальное сопротивление породы разрушению; k – опытный коэффициент, зависящий от прочности породы, материала и конструкции резца; $\alpha_{\text{ск}}$ – угол скола к окружному направлению перемещения резца; $\dot{\gamma}_0$ – масштабное значение скорости изменения деформации; $\delta(t)$ – единичная T-периодическая функция, которая может отражать случайный характер мгновенных нагрузок на резце, упрощенно – $\delta(t) = 1$.

На рис.2 представлены результаты расчета [3] эксплуатационных параметров для 2-го и 3-го типа пород. Из графиков видно, что при проходке выработки по породам третьего типа завышается мощность привода ИО. И наоборот, использование формул для расчета нагрузки ИО при его работе в породах второго типа приведет к недостатку мощности привода ИО, нестабильной работе всего комплекса или поломке оборудования. Поэтому для стабильной работы комплекса необходимо правильно оценить тип породы, рассчитывать усилия и эксплуатационные параметры ИО привода коронки.

Работа комплекса будет осуществляться следующим образом. Гидравлическая фреза продольного вращения под воздействием гидроцилиндров манипулятора, рычага, а также гидроцилиндров платформы, связанных с основанием манипулятора, выставляется в начальное положение (рис.3, *а*). После включения привода ИО и выдвижения гидроцилиндра рычага манипулятора происходит зарубание фрезы в породу забоя. Затем под действием привода поворотного редуктора основания манипулятора и гидроцилиндров манипулятора фреза, перемещаясь согласно выбранной траектории, производит отбойку породы (рис.3, *б*). Отработав забой на ширину кольца тюбинговой обделки, манипулятор машины устанавливаем в положение, при котором не будет мешать во время работы рычага крепеустановщика и манипулятора машины «Brokk», отрабатывающего нижнюю часть забоя (как показано на рис.3, *в*, *г*). После полной отработки забоя рычагом крепеустановщика устанавливаем тюбинговую обделку (рис.3, *г*).

Манипулятор, установленный на крепеустановщике, размещается на специаль-

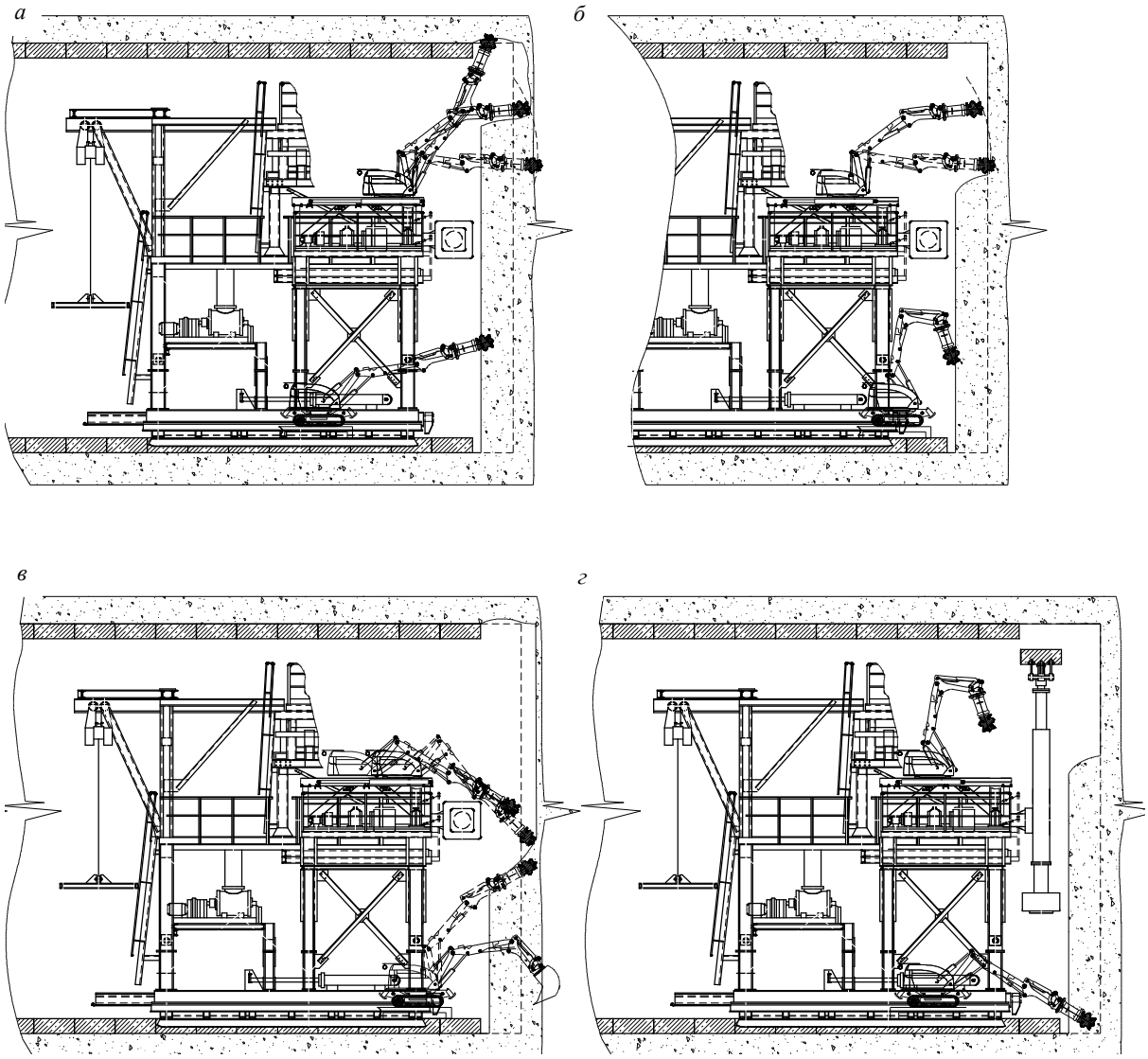


Рис.3. Разработка забоя. Цикл проходческих работ

ной платформе, которая позволяет перемещать его как вдоль забоя, так и на забой, что позволяет отрабатывать верхнюю (наибольшую) часть забоя. Базирование фрезы по площади забоя осуществляется гидроцилиндрами привода манипулятора, включающего привода рукояти, поворотного редуктора основания манипулятора, выдвижных гидроцилиндров платформы. Таким образом достигается высокая степень свободы ИО.

Нижнюю и среднюю часть забоя, согласно разработанной схеме (рис.3, *в*) отработки забоя, предлагается отрабатывать специальной самоходной машиной легкой серии фирмы «Brokk», с возможностью размещения на рычаге манипулятора машины сменного навесного оборудования, в качестве которого может быть не только гидроударник или фреза продольного вращения, но и ковш для погрузки отбитой породы (см. рис.1, 3).

Таким образом, внедрение разработанного комплекса и технологии отработки забоя позволит исключить ручные работы с использованием отбойных молотков, повысить безопасность ведения работ, улучшить условия труда горнорабочих, производить более точное профилирование контура вы-

работки, уменьшить численность обслуживающего персонала и повысить производительность труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горнопроходческие машины и комплексы / Под ред. Н.А.Малевича. М.: Недра, 1971.

2. Методика определения главных параметров гидроударника / Р.Ю.Подэрни, М.Р.Хромой, В.Ф.Сандалов // Горные машины и автоматика. 2003. № 12.

3. Обоснование параметров гидроударника исполнительного органа проходческого комплекса для проведения выработок шахт Метростроя Санкт-Петербурга / В.В.Габов, Д.А.Юнгмейстер, А.Я.Бурак, В.Г.Иванов // Гидравлика и пневматика. 2005. № 19.

4. Проектирование и расчет проходческих комплексов / В.Ф.Горбунов, В.В.Аксенов, А.Ф.Эллер и др. Новосибирск: Наука, 1987.

5. *Юнгмейстер Д.А*. Расчет горных машин на ЭВМ / Д.А.Юнгмейстер, А.В.Большунов; СПГГИ, 1997.

6. *Юнгмейстер Д.А*. Формирование комплексов горных машин на основе морфологического анализа. СПб, 2002.