

**СЕКЦИЯ 4. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ГОРНОГО ДЕЛА  
И ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ  
ИССЛЕДОВАНИИ ДВИЖЕНИЯ МАКЕТОВ ВНЕШНЕГО ДВИЖИТЕЛЯ ГЕОХОДА**

*И.Ю. Зорина, И.С. Иванова, студенты гр. 10730*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

В настоящее время назрела необходимость создания геогодов разных размеров для выполнения различных целей (для строительства метро, коллекторов, сооружения подземных транспортных магистралей, проведения аварийно-спасательных работ при ликвидации последствий техногенных катастроф) [1, 2]. Отсутствие сведений о силовых параметрах геогодов сдерживают эти работы [3, 4, 5, 6]. Ранее разработанные аналитические модели [7] не учитывали современной концепции построения геогода и требуют экспериментального подтверждения. В связи со сложностью проведения экспериментальных исследований на полноразмерных моделях геогода рационально прибегнуть к физическому моделированию на масштабных моделях. Для создания аналитического описания и проверки результатов экспериментов требуется разработать математическую модель и провести эксперименты на уменьшенных макетах головной секции и внешнего движителя геогода.

Макет головной секции геогода представлен на рисунке 1.

При движения геогода в геосреде возникают силы, оказывающие сопротивление его перемещению [1, 8]. Характер взаимодействия геогода с геосредой неоднозначен и зависит от большого числа факторов: геометрических (конструктивных) параметров геогода, физико-механических характеристик, строения массива и др.

В процессе создания геогодов, авторами была разработана математическая модель в первом приближении, описывающая взаимодействие окружающей породы с проходческим агрегатом, а также влияние данного взаимодействия на величину необходимых усилий перемещения и вращающего момента.

Для сопоставления результатов экспериментальных данных с аналитической моделью требуется разработка новой математической модели, учитывающей условия проведения эксперимента, параметры экспериментальной модели и имитируемой породы.

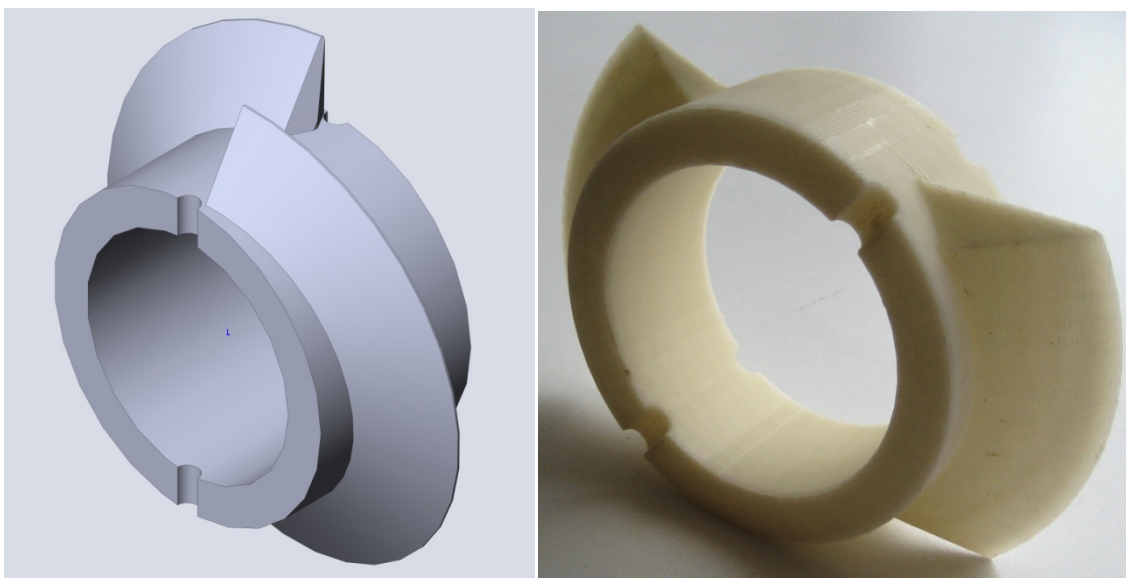


Рис. 1. Макет внешнего движителя геогода

Система сил, действующих на макет внешнего движителя геогода при рабочем ходе в имитируемой породе, представлена на рисунке 2.

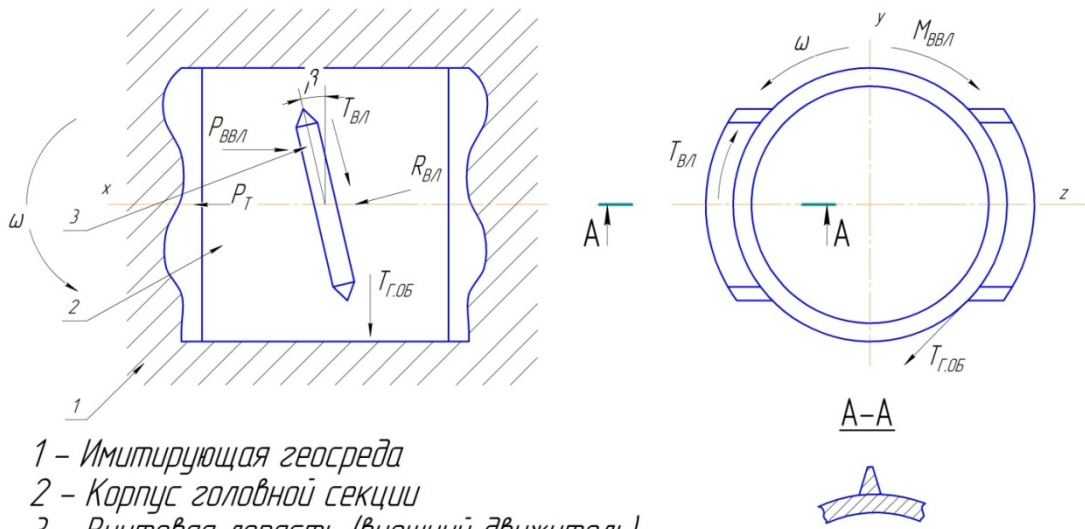


Рис. 2. Расчетная схема к определению необходимых усилий перемещения макета внешнего движителя геохода

Спроецировав силы и возникающие реакции на продольную ось и записав уравнение равновесия моментов относительно этой же оси, получим систему, состоящую из двух уравнений равновесия головной секции:

$$\begin{cases} -T_{ВЛ} \cdot \sin \beta - T_{Г.ОБ} \cdot \sin \beta - P_{ВВЛ} \cdot \left(\frac{d_{Г} + h_{ВЛ}}{2}\right) + P_T = 0 \\ P_{ВВЛ} \cdot \left(\frac{d_{Г} + h_{ВЛ}}{2}\right) - M_{ВР} - T_{ВЛ} \cdot \left(\frac{d_{Г} + h_{ВЛ}}{2}\right) \cdot \cos \beta - \\ - R_{ВЛ} \cdot \left(\frac{d_{Г} + h_{ВЛ}}{2}\right) \cdot \sin \beta - T_{Г.ОБ} \cdot \frac{d_{Г}}{2} \cdot \cos \beta = 0 \end{cases} \quad (1)$$

где  $T_{ВЛ}$  - сила трения винтовой лопасти об имитируемую породу, Н;  
 $T_{Г.ОБ}$  - суммарная сила трения оболочки макета об имитируемую породу, Н;  
 $P_{ВВЛ}$  - усилие внедрения винтовой лопасти внешнего движителя в имитируемую породу при движении макета, Н;  
 $d_{Г}$  - диаметр макета, м;  
 $h_{ВЛ}$  - высота винтовой лопасти внешнего движителя;  
 $P_T$  - сила тяги внешнего движителя, Н;  
 $M_{ВР}$  - момент сопротивления, создаваемый макетом внешнего движителя при движении в имитируемой породе, Н·м;  
 $\beta$  - угол подъема винтовой лопасти внешнего движителя, град.

Выражение суммарной силы трения оболочки головной секции геохода о породу, приведенное в работе автора [1], было преобразовано согласно параметрам эксперимента.

$$T_{Г.ОБ} = f_{ГР} \cdot \frac{K_{ОБ} \cdot \gamma_{пор} \cdot \pi \cdot (1 + \lambda) \cdot \left(1 + 2 \operatorname{tg} 45^\circ - \frac{\rho}{2}\right) \cdot R^2 \cdot \left(1_{Г} + \frac{R}{a} \left(e^{-a \cdot \frac{1}{R}} - 1\right)\right)}{f} \quad (2)$$

где  $K_{ОБ}$  - коэффициент, учитывающий общее назначение выработки;

$\gamma_{\text{ПОР}}$  – удельный вес породы, Н/ М<sup>3</sup> ;

$\lambda$  – коэффициент бокового давления;

$R$  – радиус выработки, м;

$a$  – эмпирический коэффициент;

$l_{\Gamma}$  - длина от забоя до конца головной секции, м;

$\rho$  - величина угла внутреннего трения, град;

$f$  - коэффициент крепости пород по М.М. Протодяконову.

В уравнениях (1) силы  $P_T$  и  $T_{\text{ВЛ}}$ , выражены через другие составляющие этих же уравнений.

Сила тяги  $P_T$  представляет собой произведение

$$P_T = R_{\text{ВЛ}} \cdot \cos \beta \quad (3)$$

Сила трения винтовой лопасти  $T_{\text{ВЛ}}$  представляет собой выражения [монография, Блашук]

$$T_{\text{ВЛ}} = |R_{\text{ВЛ}}| \cdot f_{\text{ТР}} \quad (4)$$

где  $f_{\text{ТР}}$  - сила трения между породой и материалом макета, Н.

Подставим в систему уравнений (1) выражения (3), (4), и приведя подобные получим

$$\begin{cases} -R_{\text{ВЛ}} \cdot (\cos \beta - f_{\text{ТР}} \cdot \sin \beta) - T_{\text{Г.ОБ}} \cdot \sin \beta - P_{\text{ВВЛ}} \cdot \left( \frac{d_{\Gamma} + h_{\text{ВЛ}}}{2} \right) = 0 \\ P_{\text{ВВЛ}} \cdot \left( \frac{d_{\Gamma} + h_{\text{ВЛ}}}{2} \right) - M_{\text{ВР}} - R_{\text{ВЛ}} \cdot \left( \frac{d_{\Gamma} + h_{\text{ВЛ}}}{2} \right) \cdot (\sin \beta - f_{\text{ТР}} \cdot \cos \beta) - \\ - T_{\text{Г.ОБ}} \cdot \cos \beta \cdot \frac{d_{\Gamma}}{2} = 0 \end{cases} \quad (5)$$

Для решения системы (5) из первого уравнения выразим составляющую  $R_{\text{ВЛ}}$

$$R_{\text{ВЛ}} = \frac{-T_{\text{Г.ОБ}} \cdot \sin \beta - P_{\text{ВВЛ}} \cdot \left( \frac{d_{\Gamma} + h_{\text{ВЛ}}}{2} \right)}{(\cos \beta - f_{\text{ТР}} \cdot \sin \beta)} \quad (6)$$

Теперь, подставив в выражение (3) вместо  $R_{\text{ВЛ}}$  полученное выражение найдём  $P_T$

$$P_T = \frac{-T_{\text{Г.ОБ}} \cdot \sin \beta - P_{\text{ВВЛ}} \cdot \left( \frac{d_{\Gamma} + h_{\text{ВЛ}}}{2} \right)}{(\cos \beta - f_{\text{ТР}} \cdot \sin \beta)} \cdot \cos \beta \quad (7)$$

Подставив во второе уравнение системы (5) составляющую  $R_{\text{ВЛ}}$ , найдем момент сопротивления, создаваемый внешним двигателем при внедрении в имитируемую породу  $M_{\text{ВР}}$

$$\begin{aligned} M_{\text{ВР}} = T_{\text{Г.ОБ}} \cdot \left( \sin \beta - \cos \beta \cdot \frac{d_{\Gamma}}{2} \right) + P_{\text{ВВЛ}} \cdot \left( \frac{d_{\Gamma} + h_{\text{ВЛ}}}{2} \right) - \\ - \frac{P_{\text{ВВЛ}} \cdot (\sin \beta - f_{\text{ТР}} \cdot \cos \beta) \cdot \left( \frac{d_{\Gamma} + h_{\text{ВЛ}}}{2} \right)^2}{\cos \beta - f_{\text{ТР}} \cdot \sin \beta} \end{aligned} \quad (8)$$

Полученные выражения описывают взаимосвязь параметров внешнего двигателя и возникающих усилий и моментов при экспериментальном исследовании движения макетов внешнего двигателя гехода. Используя данную модель можно аналитически определить влияние параметров макетов внешнего двигателя гехода (угол наклона лопасти, высота лопасти, количество лопастей, параметры лопасти и др.) на момент сопротивления вращению и возникающую осевую силу.

Результаты же исследования по данной модели, а также экспериментальных исследований макетов позволят в будущем скорректировать аналитические модели полномасштабных образцов геохода.

Литература

1. Аксенов В.В. Геовинчестерная технология проведения горных выработок. Кемерово: ИУУ СО РАН, 2004. 263 с.
2. Аксенов В.В., Ефременков А.Б. Геовинчестерная технология и геоходы - инновационный подход к освоению подземного пространства // Эксперт-Техника. 2008. № 1. с. 18–22.
3. Аксенов В.В., Блащук М.Ю., Чернухин Р.В. Формирование требований к энергосиловой установке геохода // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. Т. 12, № 7. с. 263–267.
4. Аксенов В.В. Ефременков А.Б., Тимофеев В.Ю., Блащук М.Ю. Разработка и анализ возможных вариантов гидро- и электропривода в трансмиссии геохода // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2010. № 3. с. 7–14.
5. Аксенов В.В. Ефременков А.Б., Блащук М.Ю., Тимофеев В.Ю. Обоснование необходимости разработки трансмиссии геохода // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2009. № 3. с. 24–27.
6. Блащук М.Ю., Дронов А.А., Михеев Д.А. Математическая модель для определения усилий, необходимых для перемещения геохода // Сборник трудов Международной научно-практической конференции. Юрга: ЮТИ ТПУ: Изд-во ТПУ, 2014. с. 134–139.
7. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Блащук М.Ю., Тимофеев В.Ю. Моделирование взаимодействия корпуса носителя геохода с геосредой // Горный информационный аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. Т. 3, № 12. с. 41–48.
8. Аксенов В.В., Хорешок А.А., Ефременков А.Б., Тимофеев В.Ю. Разработка математической модели взаимодействия геохода с геосредой // Горный информационный аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. Т. 2, № 12. с. 79–91.

**ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ ДОБЫЧИ**

*А.Д. Мусаканова, магистрант 14-МГДК-2,  
научный руководитель: Тунгушбаева З.К.*

*Восточно-Казахстанский Технологический Университет им.Д.Серикбаева,  
070010 Восточная Казахстанская обл. г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 19*

Полиметаллические руды характеризуются многообразием полезных компонентов. Все руды рассматриваемых месторождений имеют в своем составе попутные компоненты, некоторые из них извлекается при переработке руды, что повышает ценность извлекаемой руды и обеспечивает предпосылки к снижению кондиций.

На большинстве полиметаллических месторождениях Казахстана дорабатываются разведанные запасы, где резко ухудшаются условия отработки рудных залежей, снижаются содержания полезных компонентов в руде и уменьшаются мощности рудных тел. Исследованиями ученых ИГД им. Д.А.Кунаева, установлено что, например, в условиях Миргалымсайского месторождения за время его эксплуатации с 1941 по 1980г. среднее содержание металлов в руде снизилось в 2,5 раза. Аналогичное положение наблюдалось и на Коунрадском месторождении. Здесь за период работы предприятия с 1939 по 1976г содержание металла в добываемых рудах снизилось в более чем, вдвое.

На Риддер-Сокольном месторождении с переходом работ на нижние горизонты характер оруденения резко изменился. Мощные линзообразные рудные тела, характерные для верхних горизонтов, сменились на отдельные разобщенные залежи малой мощности (до 2-3м) и крутого падения (до 90°). При отработке таких запасов возросли потери и разубоживание, поскольку в создавшихся условиях применяемая система разработки оказалась недостаточно эффективной. Резкое изменение формы и мощности рудных тел по падению и простиранию в пределах выемочного блока и этажа, а так же частая перемежаемость промышленных, забалансовых руд пустых пород требует совершенно иного подхода к технологии добычи, нежели существующие методы.

Пространственное распределение полезных компонентов в рудном массиве Риддер-Сокольного месторождения чрезвычайно не равномерно как по горизонтам, так и по вертикали. Рез-