

При анализе условий теплопередачи грунт-скважина, положено предположение осесимметричного расположения теплообменника в скважине. Наиболее отработанный метод оценки теплосъема реализуется путем расчета термического сопротивления.

Таблица 1

## Результаты расчетов

$$\left\{ \begin{aligned} a_l &= \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}} \\ a_l &= \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1}} \end{aligned} \right.$$

	$\lambda_2$ Вт/м*С <sup>0</sup>	$d_3$ М
Глинистый грунт	1,1	1,6
Песчаный Грунт	2,3	3,4
Суглинок с массовой долей 42%	1,5	2,22

где  $a_l$ - линейная плотность теплового потока(Вт/С<sup>0</sup>),  $t_1$  - температура скважины(С<sup>0</sup>),  $t_2$ - температура наружной поверхности изоляции(С<sup>0</sup>),  $t_3$ - температура грунта(С<sup>0</sup>),  $\lambda_1$ -коэффициент теплопроводности изоляции(Вт/м\*С<sup>0</sup>),  $\lambda_2$  -коэффициент теплопроводности грунта(Вт/м\*С<sup>0</sup>),  $d_1$ - диаметр скважины(м),  $d_2$ - диаметр изоляции(м),  $d_3$ - удвоенное расстояние от центра скважины до точки, в которой тепловой поток от скважины не влияет на температуру грунта(м).

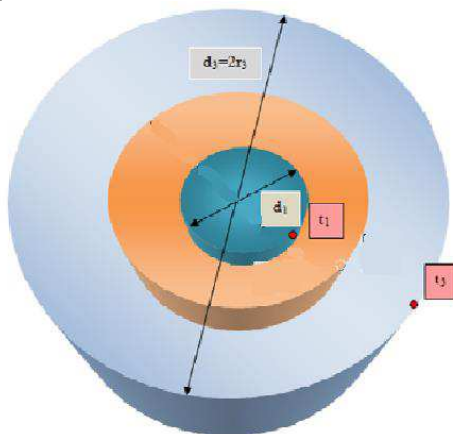


Рис. 4. Схема теплопередачи грунт скважина

Сравнение результатов проведенных расчетов с практическими данными «ООО ЭкоТерм» плохо согласуются. Ситуация может быть обоснована не достаточно корректным выбором коэффициентом теплопередачи грунтов использованных при расчете.

## Литература

1. Брылин В.И. Бурение скважин специального назначения: учебное пособие. – Томск издательство ТПУ 2006.- 255 с.
2. Пат. 2292000 Российской Федерации. Устройство для энергообеспечения помещений использованием низкопотенциальных энергоносителей / Калинин М.И., Кудрявцев Е.П.; опубли. 2007; БИ №2.
3. Федеральный закон от 23.11.2009 №261-ФЗ (об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕНИЯ В АНИЗОТРОПНЫХ ПОРОДАХ

В.С. Лесин, Е.И. Рычков

Научные руководители профессор Ю.Л. Боярко, профессор В.Д. Евсеев

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Трудно назвать более распространённое в повседневной жизни явление, чем трение. Оно сопровождает любые относительные перемещения физических тел и накладывает отпечаток на характер этих перемещений.

Анализ технической литературы позволяет сделать вывод о том, что многовековые исследования трения относятся к проблемам его снижения и уменьшения износа машин и механизмов. В горном деле, исследователями в области которого являются авторы данной работы, трение рассматривается почти всегда применительно к разрушению горной породы в аспекте уменьшения энергоёмкости при разрушении породы на

забое, а также своего влияния и влияния связанных с ним показателей, на процесс воздействия инструментом на горную породу. При этом вопросу трения «порода-порода», которое, несомненно, имеет место в процессе разрушения горной породы на забое бурящейся скважины, в настоящее время не уделяется должного внимания. Интерес авторов работы лежит в направлении выявления влияния анизотропии горных пород на трение.

Трение – явление, при котором возникает сила сопротивления относительно перемещению тел (вектор этой силы располагается в плоскости касания указанных тел) [2]. При разрушении горной породы имеет место трение скольжения – явление, при котором одни и те же точки одного тела последовательно приходят в соприкосновение с различными точками другого тела.

В контексте данной работы для выявления влияния анизотропии горной породы на трение рассматривается случай сухого, т.е. в отсутствии смазки и загрязнений между поверхностями, трения.

Вопрос трения между сухими поверхностями, находящимися в контакте, впервые подробно был исследован Кулоном, опубликовавшим в 1781 г. результаты многих опытов, которые могут быть сведены к следующим законам трения [3]:

- максимальная величина трения не зависит от размеров трущихся поверхностей;
- максимальная величина трения прямо пропорциональна нормальной силе;
- при малых скоростях скольжения максимальная величина трения практически не зависит от скорости.

В инженерных расчётах пользуются следующей зависимостью при определении силы сухого трения:

$$F \leq f \text{ mod } P_{21}^n, \quad (1)$$

где  $F$  – сила трения;  $P_{21}^n$  – нормальная сила, прижимающая образец горной породы 2 к образцу 1;  $f$  – коэффициент трения (рис.1) [2].

Угол трения – угол  $\varphi$  отклонения равнодействующей силы реакции от нормали. Конус трения – геометрическое место возможных положений вектора равнодействующей сил реакции [2].

Угол трения  $\varphi$  и коэффициент трения  $f$  связаны соотношением:

$$\text{tg } \varphi = f. \quad (2)$$

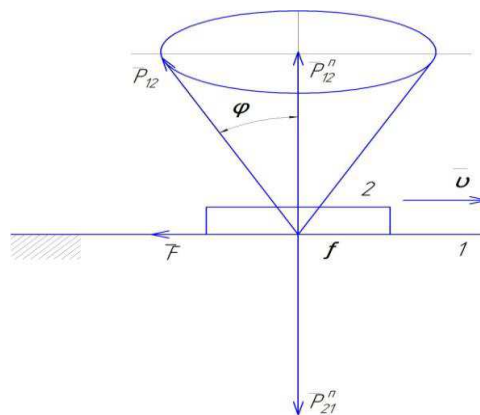


Рис. 1. Конус трения

Величины коэффициента трения не только весьма различны для различных комбинаций трущихся материалов, но и в значительной степени зависят от состояния трущихся поверхностей (степень шероховатости, чистые или смазанные поверхности, длительность предварительного неподвижного контакта и т.д.) [3]. В данной работе устанавливается влияние анизотропии горной породы на величину коэффициента трения, а следовательно, ставится вопрос о преобразовании классического конуса трения в конусоид в случае анизотропии взаимодействующих горных пород.

Для выявления влияния анизотропии горных пород на величину коэффициента трения представляется целесообразным из образцов горных пород со следами отдельности (слоистость, сланцеватость) изготовить образцы для исследования кубической формы. Образцы необходимо вырезать таким образом, чтобы плоскость отдельности совпадала с одной из граней куба. При этом перпендикулярные грани будут являться плоскостями анизотропии. Определяя на гранях образца силу трения при движении по нему другого плоского образца, можно в дальнейшем с применением математического аппарата определить коэффициент трения, проявляющийся на гранях вдоль и поперёк слоистости и сланцеватости.

Для определения на образцах силы трения был сконструирован трибометр, схема которого представлена на рис. 2.

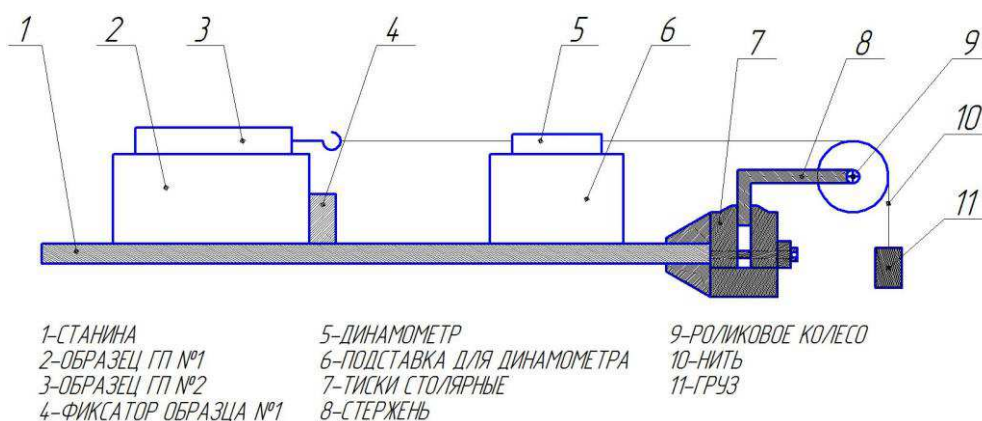


Рис.2. Схема трибометра

Для исследования в качестве образца горной породы №2 (ползун) был взят ракушечник. Его размер, обусловленный ограничениями шкалы динамометра, составил 6×6×2 см. Параметры ползуна из ракушечника: масса 0,096 кг, площадь поверхности 0,000245 м<sup>2</sup>. Образец горной породы №1 был изготовлен из ракушечника, алевролита, аргиллита, песчаника и гранита. Размером образца №2 10×10×10 см.

Ползун, соединенный жесткой нитью с динамометром, который, в свою очередь, соединен через систему роликового колеса с грузом, помещался на исследуемый образец горной породы. Под действием постепенного увеличения массы груза ползун страгивался с исследуемого образца. Значение величины статического трения в момент страгивания ползуна фиксировалось визуально по шкале динамометра. При помощи аппарата математической статистики было установлено необходимое количество измерений в каждом из направлений, равное 15. Измерения проводились в двух направлениях. Результаты измерений сведены в таблицу 1.

Таблица 1

## Влияние анизотропии горных пород на коэффициент трения скольжения

	Гранит	Гранит ⊥	Алевролит	Алевролит ⊥	Ракушечник	Ракушечник ⊥	Аргиллит	Аргиллит ⊥	Песчаник	Песчаник ⊥
Среднее значение коэф. трения	0,761	0,878	0,919	0,942	0,894	0,966	0,868	0,945	0,697	0,793
Показатель анизотропии	1,15		1,02		1,08		1,09		1,14	

Согласно положениям математической статистики, можно утверждать, что расхождение полученных экспериментальным путём средних значений коэффициента трения значимо. Следовательно, анизотропия в горной породе существенно влияет на трение. При этом классический конус трения с окружностью в основании преобразуется в конусоид с эллиптическим основанием.

## Литература

1. Дерягин Б.В. Что такое трение? Издание 2-е, перераб и доп. М.: Изд-во Академии наук СССР. – 228 с.
2. Краткий физико-технический справочник. Под общей редакцией Яковлева К.П. Том 2. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1960. – 411 с.
3. Тимошенко С., Юнг Д. Инженерная механика. М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1960. – 500 с.

УВЕЛИЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ УПЛОТНИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ГЕРМЕТИЗАТОРА  
УСТЬЯ КОЛТЮБИНГОВОЙ УСТАНОВКИ

А.В. Мацко

Научный руководитель профессор В.Г. Копченков

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия

Одной из основных целей нефтегазодобывающих компаний сегодня является более полное извлечение углеводородного сырья и снижение себестоимости этого процесса. Классические технологии и оборудование, позволяющие решать данную проблему, имеют пределы эффективности, и эти пределы уже достигнуты для большинства месторождений России. В настоящее время во всем мире при бурении, заканчивании, эксплуатации