

РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНЫХ ДИАМЕТРОВ КЕРНА ПРИ БУРЕНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНОВОК НИЗА БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ

А.А. Кожевников, Р.Е. Дычковский, Ю.Л. Кузин, А.А. Лексиков, Национальный горный университет, Украина

Рассмотрены вопросы определения критических нагрузок, возникающие при заклинке и срыве керна в бурильных трубах. Авторами предлагается определение нагрузок с учетом критических нагрузок в нижнем, наиболее нагруженном сечении бурильной колонны.

При колонковом бурении отбирается образец горной породы – керн, который перед подъемом колонковой трубы должен быть заклинен в буровой коронке и оторван от массива. В зависимости от свойств горных пород заклинка керна может осуществляться одним из трех способов:

- затирка (бурение всухую),
- заклинка частичками инородного материала (фарфор, фаянс, кварц, алюминий, дробь и др.);
- заклинка кернорвателем.

Срыв керна от массива может осуществляться одним из двух способов:

- натяжением бурильной колонны вверх (без вращения);
- совместным воздействием натяжения и вращения.

Керн может отбираться в любых горных породах, т.е. с I по XII категории по буримости.

Цель настоящей работы – анализ условий работы бурильной колонны при срыве керна в породах VII – VIII категорий по буримости.

Рассматривается процесс срыва керна в породах:

- VII категории - напряжение скалывания τ находится в пределах от $140 \cdot 10^5$ Па до $230 \cdot 10^5$ Па,

- VIII категории напряжение скалывания τ – от $260 \cdot 10^5$ Па до $450 \cdot 10^5$ Па) [1]. Процесс бурения осуществляется твердосплавными коронками, типоразмеры которых приведены в табл. 1.

Диаметр выбуриваемого керна принимается на 2 мм меньше, чем внутренний диаметр коронки и приведен в табл. 1.

Таблица 1. Типоразмеры коронок и диаметры керна[2]

Типоразмер коронки	Наружный диаметр коронки $d_{н.}$, мм	Внутренний диаметр коронки $d_{в.}$, мм	Диаметр керна D_k , мм
CA5 - 59	59	42	40
CA5 - 76	76	58	56
CA6 - 93	93	73	71
CA6 - 112	112	92	90
CA6 - 132	132	112	110
CM6 - 151	151	133	131

Процесс бурения осуществляется с применением бурильных труб \varnothing 42 мм; \varnothing 50 мм; \varnothing 63,5 мм. Типоразмеры коронок, применяемых при различных диаметрах бурильных труб при ведены в табл. 2.

Таблица 2. – Типоразмеры применяемых коронок и бурильных труб

Наружный диаметр трубы d, мм	Типоразмер применяемых коронок
42	CA5 – 59; CA5 – 76; CA6 – 93
50	CA5 – 76; CA6 – 93; CA6 – 112; CA6 – 132
63,5	CA6 – 93; CA6 – 112; CA6 – 132; CT2 – 151

Крутящий момент, необходимый для срыва керна, согласно[3] определяется по формуле

$$M_k = \frac{\pi}{16} D_k^3 \tau \quad (1)$$

где D_k - диаметр керна, м

τ - временное сопротивление породы скалыванию.

Расчетные значения крутящего момента для срыва керна в процессе бурения по породам VII и VIII категории по буримости приведены в табл.3.

Таблица 3. – Крутящий момент, необходимый для срыва керна

Категория прочности породы	Тип коронки	Диаметр керна D_k , м	Временное сопротивление породы скалыванию τ , Па	Крутящий момент, необходимый для срыва керна M_k , Н·м
VII	CA5-59	40	$(140 - 230) \cdot 10^5$	(176 – 289)
	CA5-76	56		(483 – 793)
	CA6-93	71		(984 – 1616)
	CA6-112	90		(2004 – 3292)
	CA6-132	110		(3659 – 6010)
	CT2-151	131		(6180 – 10152)
VIII	CA5-59	40	$(260 - 450) \cdot 10^5$	(327 – 565)
	CA5-76	56		(897 – 1562)
	CA6-93	71		(1827 – 3163)
	CA6-112	90		(3722 – 6440)
	CA6-132	110		(6795 – 11761)
	CT2-151	131		(11477 – 19864)

В качестве компоновки сжатой части бурильной колонны применяются бурильные трубы СБТМ-42,50, 63,5 с различными толщинами стенок (СБТУ), сведения о которых приведены в табл.4.

Таблица 4. – Типоразмеры СБТУ

Типоразмер трубы	Толщина стенки трубы d, мм	Наружный диаметр трубы d, мм	Внутренний диаметр трубы d_1 , мм
ø 42×5	5	42	32
ø 42×9	9		24
ø 42×13	13		16
ø 42×16	16		10
ø 50×5,5	5,5	50	39
ø 50×11,5	11,5		27
ø 50×15,5	15,5		19
ø 50×20	20		10

ø 63,5×6	6	63,5	51,5
ø 63,5×14	14		35,5
ø 63,5×22	22		19,5
ø 63,5×26,75	26,75		10

Максимальные касательные напряжения в трубах в момент срыва керна определяются по формуле [3]

$$\tau_{mp} = \frac{D_{\kappa}^3 d}{d^4 - d_1^4} \tau \quad (2)$$

Расчетные максимальные касательные напряжения, возникающие в трубах нижней части приведены в таблице 5

Таблица 5. – Максимальные касательные напряжения в буровых трубах при срыве керна

Типоразмер трубы	Категория прочности породы	Тип коронки	Диаметр керна D_{κ} , мм	Максимальные касательные напряжения τ_{mp} , МПа
1	2	3	4	5
ø 42×5	VII	CA5-59	40	18,2–30,0
ø 42×9				13,5–22,2
ø 42×13				12,4–20,3
ø 42×16				12,1–19,9
ø 42×5	VII	CA5-76	56	50,0–82,2
ø 42×9				37,1–61,0
ø 42×13				33,9–55,7
ø 42×16				33,3–54,7
ø 50×5,5				31,2–51,3
ø 50×11,5				21,5–35,3
ø 50×15,5				20,0–33,0
ø 50×20				19,7–32,4
ø 42×5	VII	CA6-93	71	102,0–167,6
ø 42×9				75,7–124,4
ø 42×13				69,1–113,5
ø 42×16				67,9–111,5
ø 50×5,5				63,6–104,6
ø 50×11,5				43,8–72,0
ø 50×15,5				40,9–67,3
ø 50×20				40,2–66,0
ø 63,5×6				34,5–56,7
ø 63,5×14				21,7–35,6
ø 63,5×22				19,7–32,4
ø 63,5×26,75				19,6–32,2
ø 50×5,5				VII
ø 50×11,5	89,2–146,6			
ø 50×15,5	83,4–137,0			
ø 50×20	81,8–134,4			

ø 63,5×6				70,3–115,4			
ø 63,5×14				44,2–72,6			
ø 63,5×22				40,2–66,1			
ø 63,5×26,75				39,9–65,5			
ø 50×5,5	VII	CA6-132	110	236,7–388,8			
ø 50×11,5				162,9–267,7			
ø 50×15,5				152,2–250,1			
ø 50×20				149,3–245,3			
ø 63,5×6				128,3–210,7			
ø 63,5×14				80,7–132,5			
ø 63,5×22				73,4–120,6			
ø 63,5×26,75				72,8–119,6			
ø 63,5×6				216,7–355,9			
ø 63,5×14				136,2–223,8			
ø 63,5×22	124,0–203,8						
ø 63,5×26,75	123,0–202,0						
ø 42×5	VIII	CA5-59	40	33,89–58,6			
ø 42×9				25,1–43,5			
ø 42×13				22,9–39,7			
ø 42×16				22,5–39,0			
ø 42×5	VIII	CA5-76	56	93,0–160,9			
ø 42×9				69,0–119,4			
ø 42×13				63,0–109,0			
ø 42×16				61,8–107,0			
ø 50×5,5				58,0–100,4			
ø 50×11,5				39,9–69,1			
ø 50×15,5				37,3–64,6			
ø 50×20				36,6–63,3			
ø 42×5	VIII	CA6-93	71	189,4–327,9			
ø 42×9				140,6–243,3			
ø 42×13				128,3–222,1			
ø 42×16				126,0–218,1			
ø 50×5,5				118,2–204,6			
ø 50×11,5				81,4–140,8			
ø 50×15,5				76,0–131,6			
ø 50×20				74,6–129,1			
ø 63,5×6				64,1–110,9			
ø 63,5×14				40,3–69,7			
ø 63,5×22				36,7–63,5			
ø 63,5×26,75				36,4–62,9			
ø 50×5,5				VIII	CA6-112	90	240,7–416,7
ø 50×11,5							165,7–286,8
ø 50×15,5	154,9–268,0						
ø 50×20	151,9–262,9						
ø 63,5×6	130,5–225,8						
ø 63,5×14	82,0–142,0						
ø 63,5×22	74,7–129,3						

ø 63,5×26,75				74,1–128,2
ø 50×5,5	VIII	CA6-132	110	439,5–760,8
ø 50×11,5				302,6–523,7
ø 50×15,5				282,7–489,4
ø 50×20				277,3–479,9
ø 63,5×6				238,2–412,3
ø 63,5×14				149,8–259,2
ø 63,5×22				136,4–236,0
ø 63,5×26,75				135,2–234,1
ø 63,5×6				VIII
ø 63,5×14	253,0–437,9			
ø 63,5×22	230,3–398,6			
ø 63,5×26,75	228,4–395,3			

Из результатов расчета следует, что СБТУ из стали 36Г2С, для которой предел текучести при кручении $[\tau_{mp}] = 244$ МПа, в ряде случаев не обеспечивают условия прочности бурильной колонны (табл.5).

Предельно допустимый диаметр керна, исходя из условия прочности бурильных труб $[\tau_{mp}] > \tau$ определяется по формуле [3]

$$D_{\kappa} = \sqrt[3]{\frac{\tau_{mp}}{\tau} \frac{d^4 - d_1^4}{d}} \quad (3)$$

Расчетный предельно допустимый диаметр керна для различных типоразмеров бурильных труб приведен в табл.6.

Таблица 6 - Предельно допустимый диаметр керна

Группа прочности пород	Типоразмер бурильной трубы	Предельно допустимый диаметр керна, мм
1	2	3
VII	ø42×5	(95,0–80,5)
	ø42×9	(104,9–88,9)
	ø42×13	(108,1–91,6)
	ø42×16	(108,8–92,2)
	ø50×5,5	(111,1–94,2)
	ø50×11,5	(125,9–106,7)
	ø50×15,5	(128,7–109,1)
	ø50×20	(129,6–109,8)
	ø63,5×6	(136,3–115,5)
	ø63,5×14	(159,1–134,8)
	ø63,5×22	(164,1–139,1)
VIII	ø63,5×26,75	(164,6–139,5)
	ø42×5	(77,2–64,3)
	ø42×9	(85,3–71,1)
	ø42×13	(88,0–73,3)
	ø42×16	(88,5–73,7)
	ø50×5,5	(90,4–75,3)
ø50×11,5	(102,4–85,3)	

	ø50×15,5	(104,7–87,2)
	ø50×20	(105,4–87,8)
	ø63,5×6	(110,9–92,4)
	ø63,5×14	(129,4–107,8)
	ø63,5×22	(133,5–111,2)
	ø63,5×26,75	(133,9–111,5)

График зависимости предельного диаметра керна от толщины стенки буровой трубы диаметра 42 мм показан на рис 1.

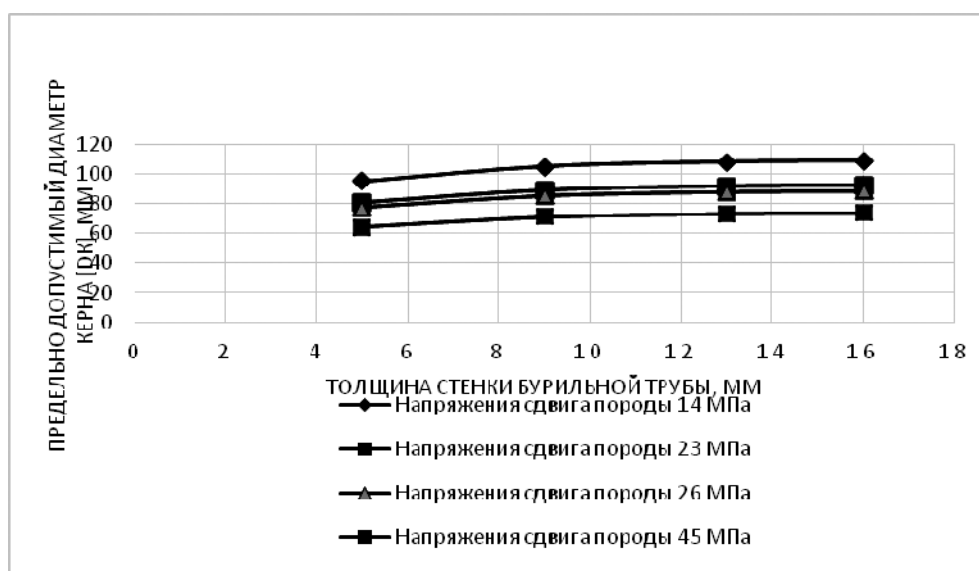


Рис.1 – График зависимости предельного диаметра керна от толщины стенки буровой трубы диаметра 42 мм.

График зависимости предельного диаметра керна от толщины стенки буровой трубы диаметра 50 мм показан на рис 2.

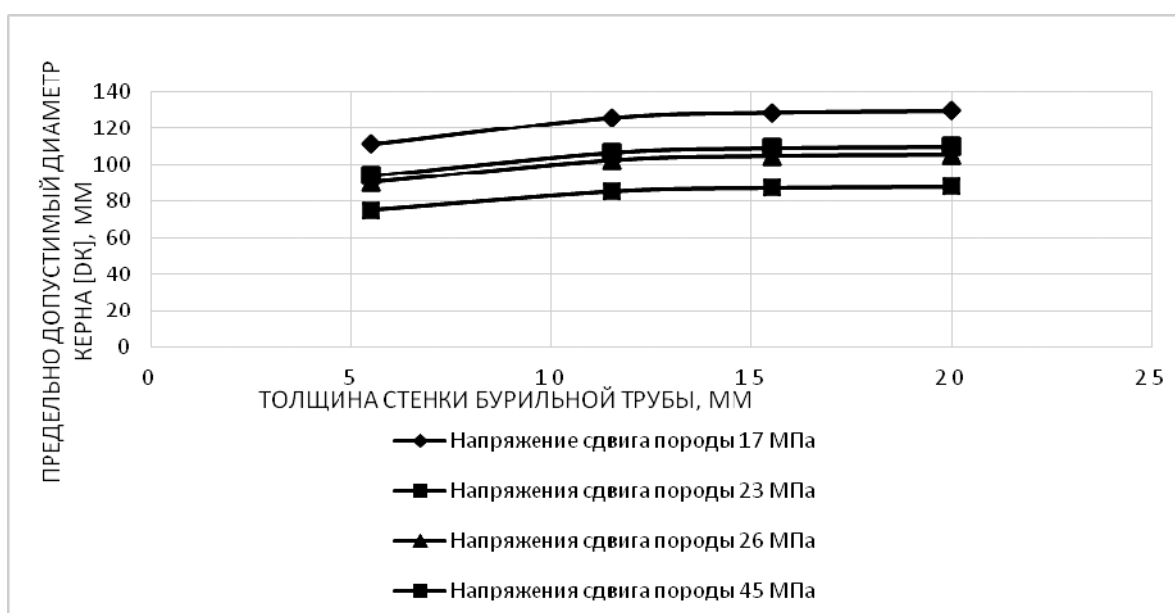


Рис.2 – График зависимости предельного диаметра керна от толщины стенки буровой трубы диаметра 50 мм.

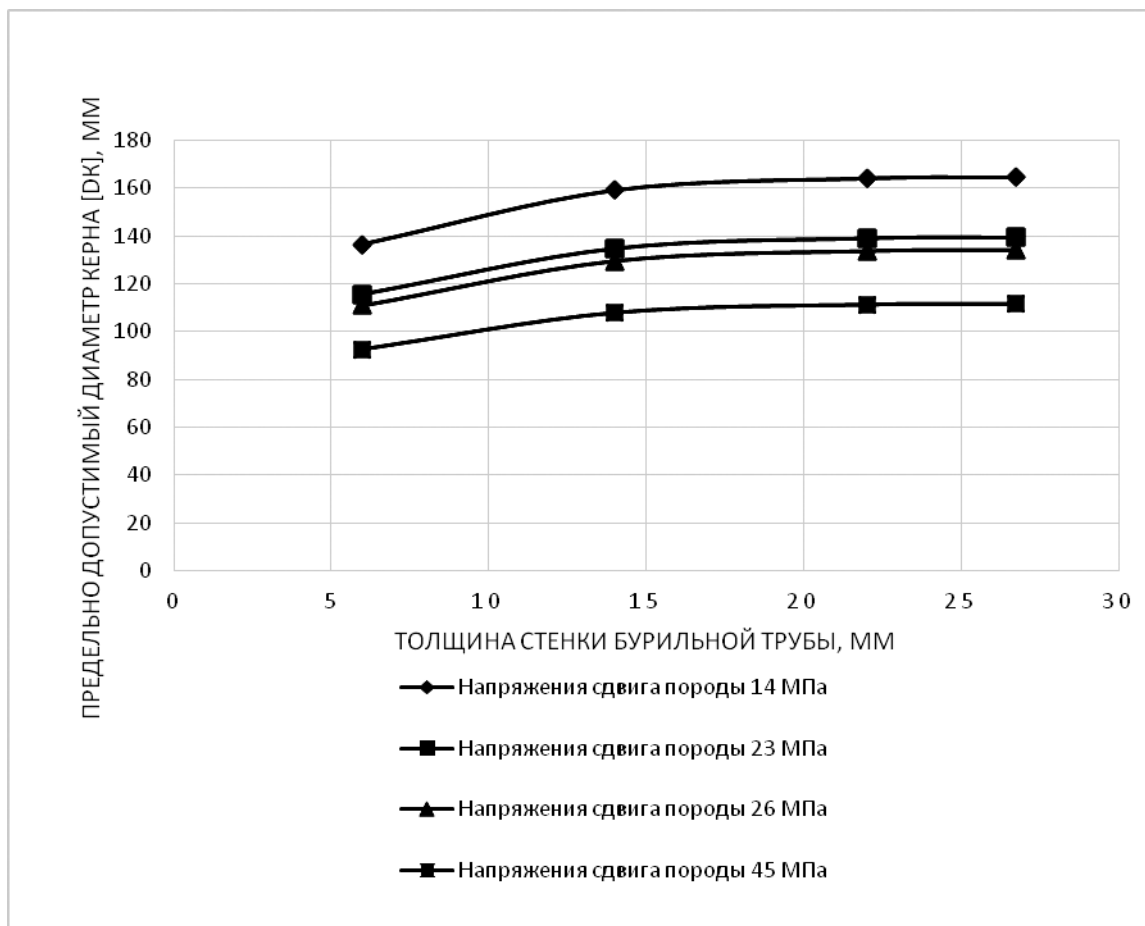


Рис.3 – График зависимости предельного диаметра керна от толщины стенки буровой трубы диаметра 63,5 мм.

Выводы

1. Касательные напряжения, возникающие при срыве керна горных пород VIII категории могут достигать величин, превышающие предел текучести материала буровых труб, однако на практике такие случаи редко происходят из-за нарушения керна.
2. Полученные зависимости определения касательных напряжений при срыве керна позволяют использовать их при проектировании технологии колонкового бурения (конструкция скважины, компоновка буровой колонны).

Литература

1. В.В.Ржевский, Г.Я.Новик. Основы физики горных пород. М., Недра, 1978.- 390 с.
2. Н.И.Корнилов, В.С.Травкин, Л.К.Берестень, Д.И.Коган. Породоразрушающий инструмент для геологоразведочного бурения. М., Недра, 1979. 359 с.
3. Б.И.Воздвиженский, М.Г.Васильев Буровая механика. М.: Госгеолтехиздат, 1954. – 492 с