

УДК 622.24.053

А. А. Кожевников, Р. Е. Дычковский, доктора технических наук,
Ю. Л. Кузин, канд. техн. наук, **А. А. Лексиков**

Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», Днепрпетровск, Украина

НАГРУЗКИ В БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЕ ПРИ СРЫВЕ КЕРНА

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.

Ключевые слова: бурильная колонна, срыв керна, толщина стенки бурильной трубы.

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 $(140–230) \cdot 10^5$ Па,
- VIII категории напряжение скалывания τ – $(260–450) \cdot 10^5$ 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
СА5- 76	76	58	56
СА6- 93	93	73	71
СА6- 112	112	92	90
СА6- 132	132	112	110

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. 2.

Таблица 2. Крутящий момент, необходимый для срыва керна

Категория прочности породы	Тип коронки	Диаметр керна D_k , м	Временное сопротивление породы скалыванию $\tau_{\text{в}}^{\text{п}}$, Па	Крутящий момент, необходимый для срыва керна M_k , Н·м
VII	CA5-76	56	$(140-230) \cdot 10^5$	(483–793)
	CA6-93	71		(984–1616)
	CA6-112	90		(2004–3292)
	CA6-132	110		(3659–6010)
VIII	CA5-76	56	$(260-450) \cdot 10^5$	(897–1562)
	CA6-93	71		(1827–3163)
	CA6-112	90		(3722–6440)
	CA6-132	110		(6795–11761)

В качестве компоновки сжатой части бурильной колонны применяются бурильные трубы СБТМ-50 с различными толщинами стенок (СБТУ), сведения о которых приведены в табл. 3.

Таблица 3. Типоразмеры СБТУ

Типоразмер трубы	Толщина стенки трубы δ , мм	Наружный диаметр трубы d , мм	Внутренний диаметр трубы d_1 , мм
$\emptyset 50 \times 5,5$	5,5	50	39
$\emptyset 50 \times 7,5$	7,5		35
$\emptyset 50 \times 9,5$	9,5		31
$\emptyset 50 \times 11,5$	11,5		27
$\emptyset 50 \times 13,5$	13,5		23
$\emptyset 50 \times 15,5$	15,5		19
$\emptyset 50 \times 17,5$	17,5		15
$\emptyset 50 \times 19,5$	19,5		11
$\emptyset 50 \times 20$	20		10

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

$$\tau_{\text{мп}} = \frac{D_k^3 d}{d^4 - d_1^4} \tau. \quad (2)$$

Расчетные максимальные касательные напряжения, возникающие в трубах нижней части приведены в табл. 4

Таблица 4. Максимальные касательные напряжения в бурильных трубах при срыве керна

Типоразмер трубы	Категория прочности породы	Тип коронки	Диаметр керна D_k , мм	Максимальные касательные напряжения τ , МПа
$\emptyset 50 \times 5,5$	VII	CA5-76	56	31,2–51,3
$\emptyset 50 \times 7,5$				25,9–42,5
$\emptyset 50 \times 9,5$				23,1–37,9
$\emptyset 50 \times 11,5$				21,5–35,3
$\emptyset 50 \times 13,5$				20,6–33,8
$\emptyset 50 \times 15,5$				20,1–33,0
$\emptyset 50 \times 17,5$				19,8–32,6
$\emptyset 50 \times 19,5$				19,7–32,4
$\emptyset 50 \times 20$				19,7–32,4

Продолжение табл. 5

Типоразмер трубы	Категория прочности породы	Тип коронки	Диаметр керна $D_{\text{к}}$, мм	Максимальные касательные напряжения τ , МПа
Ø50×5,5	VII	CA6-93	71	63,6–104,6
Ø50×7,5				52,8–86,7
Ø50×9,5				47,0–72,3
Ø50×11,5				43,8–72,0
Ø50×13,5				42,0–68,9
Ø50×15,5				40,9–67,3
Ø50×17,5				40,4–66,4
Ø50×19,5				40,2–66,0
Ø50×20				40,2–66,0
Ø50×5,5	VII	CA6-112	90	129,6–213,0
Ø50×7,5				107,4–176,5
Ø50×9,5				95,8–157,4
Ø50×11,5				89,2–146,6
Ø50×13,5				85,5–140,4
Ø50×15,5				83,4–137,0
Ø50×17,5				82,3–135,2
Ø50×19,5				81,8–134,5
Ø50×20				81,7–134,4
Ø50×5,5	VII	CA6-132	110	236,7– 388,8
Ø50×7,5				196,2– 322,3
Ø50×9,5				174,9– 287,4
Ø50×11,5				162,9– 267,7
Ø50×13,5				156,1– 256,4
Ø50×15,5				152,2– 250,1
Ø50×17,5				150,3– 246,9
350×19,5				149,4– 245,5
Ø50×20				149,3– 245,3
Ø50×5,5	VIII	CA5-76	56	57,92–100,4
Ø50×7,5				48,1–83,2
Ø50×9,5				42,9–74,2
Ø50×11,5				39,9–69,1
Ø50×13,5				38,3–66,1
Ø50×15,5				37,1–64,6
Ø50×17,5				36,8–63,8
Ø50×19,5				36,6–63,4
Ø50×20				36,6–63,4
Ø50×5,5	VIII	CA6-93	71	118,1–204,6
Ø50×7,5				98,1–169,6
Ø50×9,5				87,3–141,5
Ø50×11,5				81,3–140,9
Ø50×13,5				78,0–134,8
Ø50×15,5				76,0–131,7
Ø50×17,5				75,0–129,9
Ø50×19,5				74,7–129,1
Ø50×20				74,5–129,1

Продолжение табл. 5

Ø50×5,5	VIII	CA6-112	90	240,7–416,7
Ø50×7,5				199,5–345,3
Ø50×9,5				177,9–308,0
Ø50×11,5				165,7–286,8
Ø50×13,5				158,8–274,7
Ø50×15,5				154,9–268,0
Ø50×17,5				152,0–264,5
Ø50×19,5				151,9–263,2
Ø50×20				151,7–263,0
Ø50×5,5				VIII
Ø50×7,5	364,4–630,6			
Ø50×9,5	324,8–562,3			
Ø50×11,5	302,5–523,8			
Ø50×13,5	289,9–501,6			
Ø50×15,5	282,7–489,3			
Ø50×17,5	279,1–483,1			
Ø50×19,5	277,5–480,3			
Ø50×20	277,3–479,9			

Из результатов расчета следует, что СБТУ из стали 36Г2С, для которой предел текучести при кручении $[\tau_{\text{тп}}] = 244$ МПа, в ряде случаев не обеспечивает условия прочности бурильной колонны (рис. 1–4).

Зависимость максимальных касательных напряжений, действующих в бурильных трубах при срыве керна, от диаметра керна (VII категория пород по буримости)

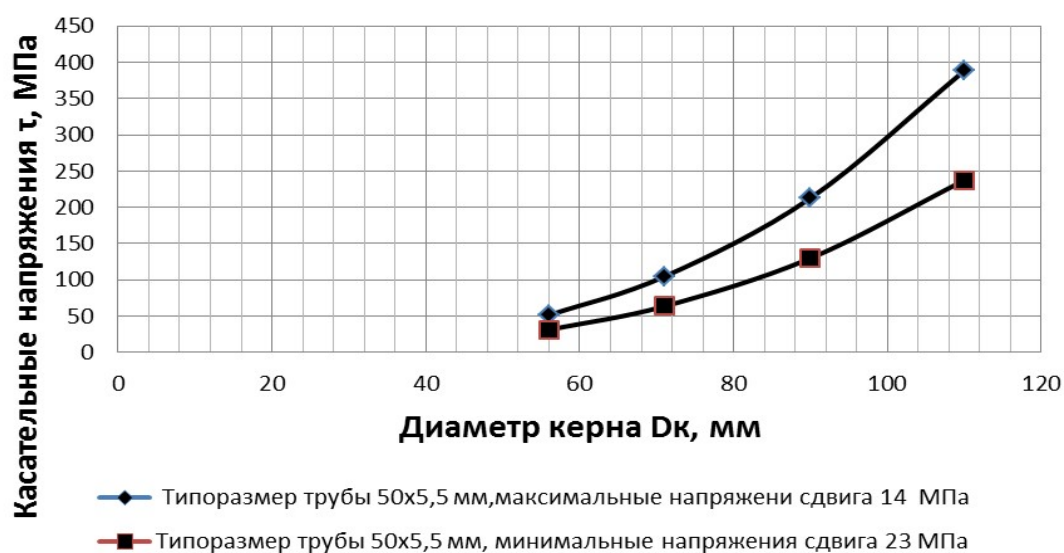


Рис.1 Зависимость максимальных касательных напряжений, действующих в бурильных трубах типоразмера Ø 50×5,5 мм при срыве керна (VII категория пород по буримости)

**Зависимость максимальных касательных напряжений ,
действующих в бурильных трубах при срыве керна, от
диаметра керна
(VII категория пород по буримости)**

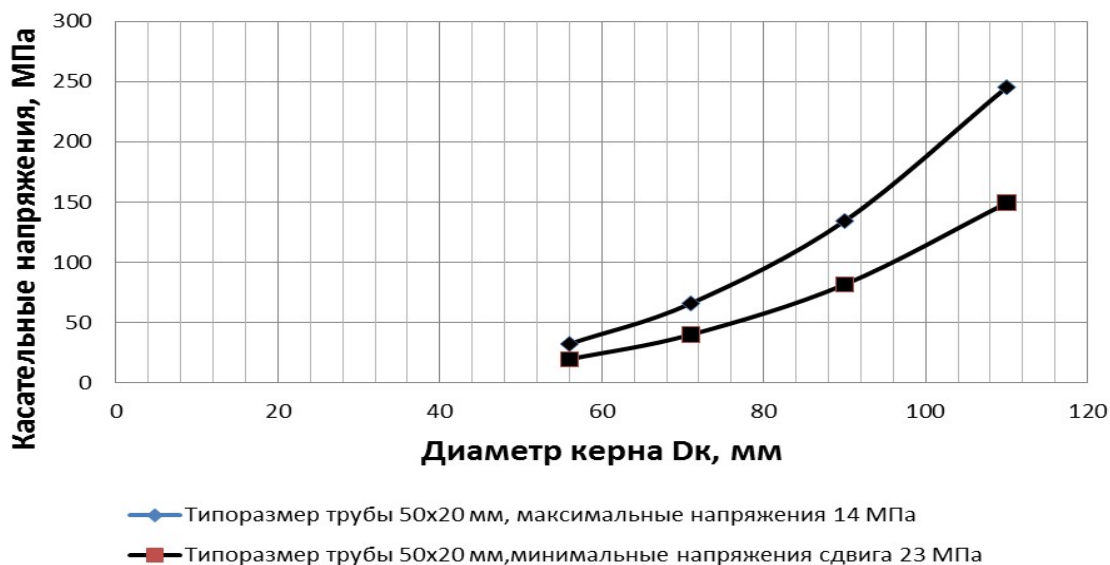


Рис.2 Зависимость максимальных касательных напряжений, действующих в бурильных трубах типоразмера $\varnothing 50 \times 20$ мм при срыве керна (VII категория пород по буримости)

**Зависимость максимальных касательных напряжений ,
действующих в бурильных трубах при срыве керна (VIII
категория пород по буримости) от диаметра керна**

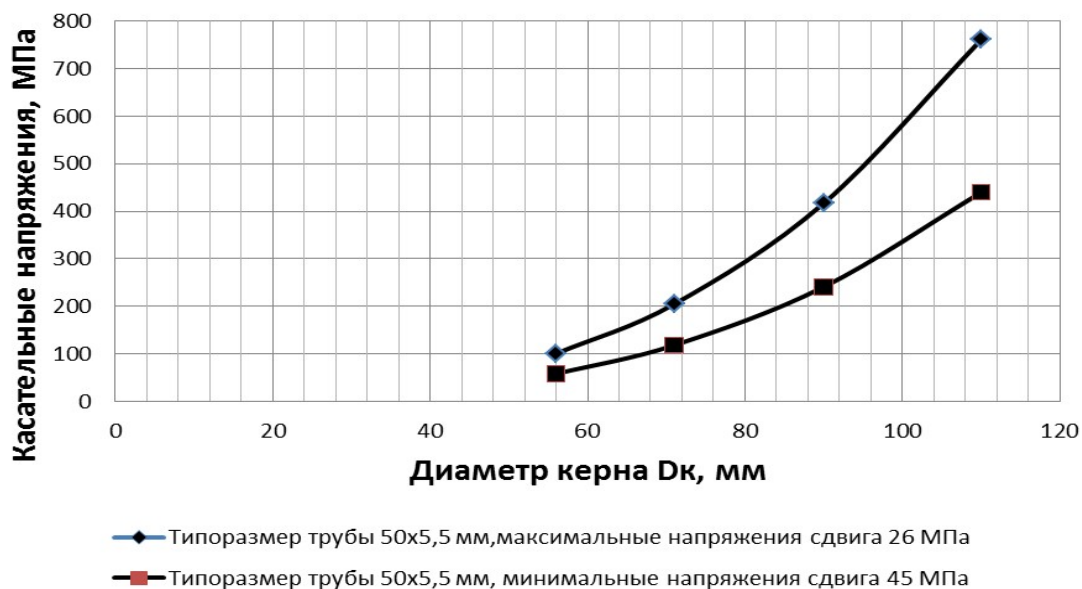


Рис.3 Зависимость максимальных касательных напряжений, действующих в бурильных трубах типоразмера $\varnothing 50 \times 5,5$ мм при срыве керна (VIII категория пород по буримости)

Зависимость максимальных касательных напряжений , действующих в бурильных трубах при срыве керна (VIII категория пород по буримости) от диаметра керна

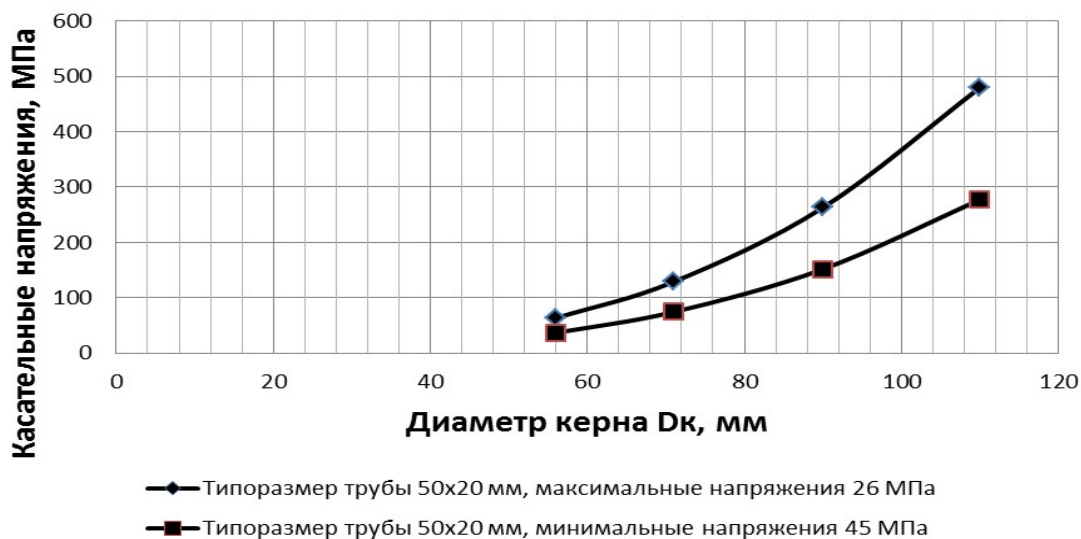


Рис.4 Зависимость максимальных касательных напряжений, действующих в бурильных трубах типоразмера Ø 50×20 мм при срыве керна (VIII категория пород по буримости)

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

$$[D_k] = \sqrt[3]{\frac{[\tau]}{[\tau_B^n]} \cdot \frac{d^4 - d_1^4}{d}} \quad (3)$$

Расчетный предельно допустимый диаметр керна для различных типоразмеров бурильных труб приведен в табл. 5.

Таблица 5. Предельно допустимый диаметр керна

Группа прочности пород	Типоразмер бурильной трубы	Предельно допустимый диаметр керна, мм
VII	Ø50×5,5	(112–94,8)
	Ø50×7,5	(118,5–101,3)
	Ø50×9,5	(122,8–103,4)
	Ø50×11,5	(125–107,7)
	Ø50×13,5	(127–107,7)
	Ø50×15,5	(129,3–109,9)
	Ø50×17,5	(129,3–109,9)
	Ø50×19,5	(129,3–109,9)
VIII	Ø50×20	(129,3–109,3)
	Ø50×5,5	(90,5–75,4)
	Ø50×7,5	(96,9–79,7)
	Ø50×9,5	(99,1–84)
	Ø50×11,5	(102,3–85,15)
	Ø50×13,5	(103,4–86,2)
	Ø50×15,5	(104,7–87,3)
	Ø50×17,5	(105,1–87,7)
Ø50×19,5	(105,4–87,7)	
Ø50×20	(105,4–87,9)	

График зависимости предельного диаметра керна от толщины стенки бурильной трубы показан на рис 5.

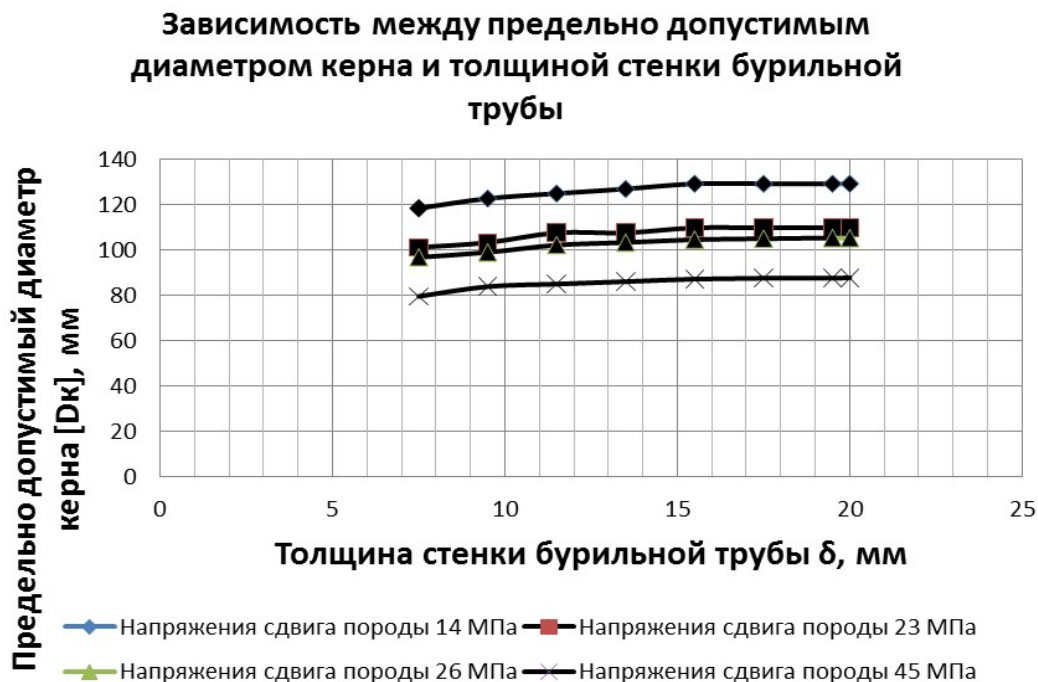


Рис.5. График зависимости предельного диаметра керна от толщины стенки бурильной трубы

Выводы

1. Касательные напряжения, возникающие при срыве керна горных пород VIII категории могут достигать величин, превышающие предел текучести материала бурильных труб, однако на практике такое редко происходит из-за нарушенности керна.

2. Полученные зависимости определения касательных напряжений при срыве керна позволяют использовать и при проектировании технологии колонкового бурения (конструкция скважины, компоновка бурильной колонны).

Розглянуті питання визначення критичних навантажень, які виникають при заклинюванні та зриві керна в бурильних трубах. Авторами пропонується визначення навантажень в нижньому, найбільш навантаженому перерізі бурильної колони.

Ключові слова: бурильна колона, зрив керна, товщина стінки бурильної труби

Considered the issues of determining critical loads arising in saglike and the disruption of core in the drill pipe. The authors determination of loads with account of critical loads at the bottom, the busiest section of the drill string.

Key words: drill pipe string, breakdown of core, thickness of wall drill pipe.

Литература

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

Поступила 15.07.14