

в інших, навпаки, — зменшувати, а в деяких умовах, компенсуючи один одного, можуть забезпечити стабілізацію напрямку свердловини.

Таким чином, розроблена математична модель просторового викривлення свердловини при роторному способі буріння неорієнтованими КНБК в складних геологічних умовах, яка дає можливість не тільки прогнозувати інтенсивність зміни Zenітного кута і азимута як функцію відхиляючих факторів, але й керувати процесом просторового формування стовбура свердловини.

Найближчим часом планується провести пе-ревірку результатів теоретичних досліджень в промислових умовах при бурінні різними типами неорієнтованих КНБК в складних геологічних умовах нафтогазових родовищ Прикарпаття.

### Література

1. Гулизаде М.П., Зельманович Г.М., Кауфман Л.Я., Сушон Л.Я. Определение индекса анизотропии пород и фрезерующей способности долота по темпам искривления стволов скважин // Изв. ВУЗов: Нефть и газ. — 1972. — №10.

2. Гулизаде М.П., Зельманович Г.М., Кауфман Л.Я., Сушон Л.Я. Влияние анизотропии пород по буримости на процесс пространственного искривления // Изв. ВУЗов: Нефть и газ. — 1975. — №8.

3. Сушон Л.Я. Состояние и пути совершенствования технологии наклонного бурения // Труды СибНИИП. — 1980. — №16.

4. Гулизаде М.П., Мамедбеков О.К. Расчет темпа пространственного искривления наклонных скважин при бурении неориентированными КНБК // ТСНТ. Сер.: Теория и практика бурения наклонных скважин. — Баку: Изд. АЗИН-НЕФТЕХИМа, 1982.

5. Калинин А.Г., Никитин Б.А., Солодкий К.М., Султанов Б.З. Бурение наклонных и горизонтальных скважин. — М.: Недра, 1997. — 648 с.

6. Сулакшин С.С. Направленное бурение. — М.: Недра, 1987. — 272 с.

7. Колесников А.Е., Мелентьев Н.Я. Искривление скважин. — М.: Недра, 1979. — 175 с.

8. Вудс Г., Лубинский А. Искривление скважин при бурении. — М.: Гостоптехиздат, 1960.

9. Мамедбеков О.К. Исследование факторов, влияющих на изменение азимута при бурении наклонных скважин // Азерб. нефт. хоз. — 1985. — № 3. — С. 24-27.

10. Дороднов Н.П. Влияние типа долота на качество ствола скважини и азимутальное искривление // Нефт. хоз-во. — 1979. — № 10. — С. 7-9.

11. Toutain P. Analyzing drill string behavior. Part 3. What affects azimuth control. World Oil. — 1981. — vol. 193, # 4. — P.143-144, 146, 148, 150.

УДК 622.241

## ВПЛИВ ОКРЕМИХ ПАРАМЕТРІВ НАСОСА НА КУТИ ЗАПІЗНЕННЯ ВІДКРИВАННЯ І ЗАКРИВАННЯ КЛАПАНА

Б.Д.Малько, Д.Р.Яцків

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42342,  
e-mail: public@ifntung.if.ua

*Рассматривается движение клапана поршневого бурового насоса с учетом длины шатуна и угла запаздывания закрытия всасывающего клапана. Рассчитано давление в цилиндре насоса при разных значениях коэффициента сжимаемости жидкости, найдены углы запаздывания открывания клапана и получена зависимость данного параметра от коэффициента  $K_c$ .*

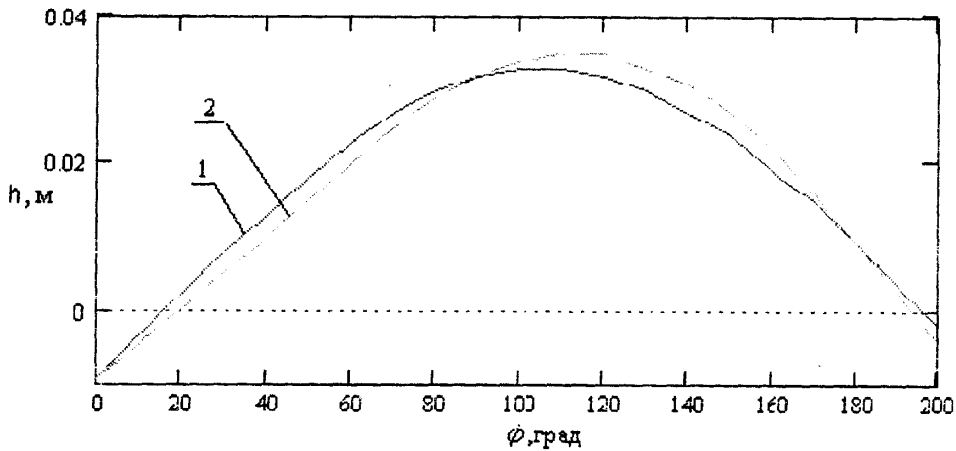
*It has been considered the movement of the piston pump including the length of connecting rod and angle of lag of closing suction valve. There has been calculated the pressure in the pump barrel at different magnitudes of liquid-deviation coefficients. There have been found the lag angles of valve opening and received dependence of the given parameter from coefficient  $K_c$ .*

Кути запізнєння закривання і відкривання клапана насоса є одним з найважливіших чинників, що впливають на роботу клапанного вузла поршневого насоса. Надмірно великі значення кутів призведуть до збільшення гідравлічних втрат, що знижує ефективність роботи клапанів. Несвоєчасна посадка клапанів є причиною зменшення коефіцієнта подачі насоса через наявність зворотних перетікань рідини. Таким чином, кути запізнєння повинні бути найменшими, що забезпечувало б мінімальні

гідравлічні втрати і максимальний коефіцієнт подачі.

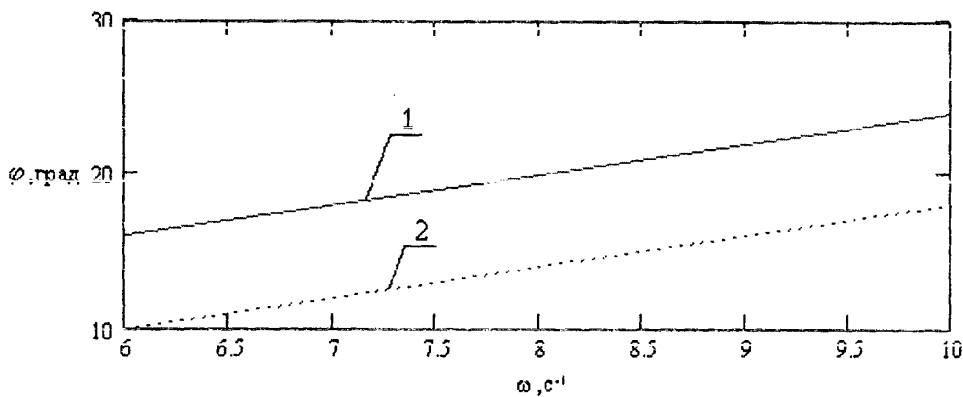
В літературних джерелах недостатньо інформації про залежність кутів запізнєння закривання і відкривання клапана від конструктивних і робочих параметрів насоса [1-6]. Розглянемо залежність кута запізнєння закривання від окремих параметрів насоса.

Висота піднімання  $h$  тарілки клапана визначається залежністю [2]



1 – переміщення клапана з врахуванням довжини шатуна;  
2 – переміщення клапана без врахування довжини шатуна

Рисунок 1 — Залежність висоти підняття клапана від кута повороту кривошипа



1 – відкриття, 2 – закриття

Рисунок 2 — Залежність кутів запізнення від кутової швидкості

$$h = \frac{f_n \cdot \omega \cdot r}{\mu \cdot \pi \cdot D_k \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (G + P_{np})}{\rho \cdot f_k}}} \times$$

$$h = \frac{f_n \cdot \omega \cdot r}{\mu \cdot \pi \cdot D_k \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (G + P_{np})}{\rho \cdot f_k}}} \times$$

$$\times \left( \sin \varphi - \frac{f_k \cdot \omega \cdot \cos \varphi}{\mu \cdot \pi \cdot D_k \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (G + P_{np})}{\rho \cdot f_k}}} \right), \quad (1)$$

$$\times \left( \sin \varphi - \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\varphi - \frac{f_k \cdot \omega \cdot \cos \varphi}{\mu \cdot \pi \cdot D_k \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (G + P_{np})}{\rho \cdot f_k}}} \right), \quad (2)$$

де:  $f_n$  – площа поршня;  
 $\omega$  – кутова швидкість кривошипа;  
 $r$  – радіус кривошипа;  
 $\mu$  – коефіцієнт витрати клапана;  
 $D_k$  – діаметр клапана;  
 $G$  – сила тяжіння тарілки клапана;  
 $P$  – сила натяжки пружини;  
 $\rho$  – густина рідини;  
 $f_k$  – площа клапана;  
 $\varphi$  – кут повороту кривошипа.

Рівняння (1) одержано без врахування впливу довжини шатуна на рух клапана. Для більш точного визначення переміщення клапана і кутів запізнення закривання і відкривання в рівнянні (1) враховуємо довжину шатуна, в результаті чого одержимо

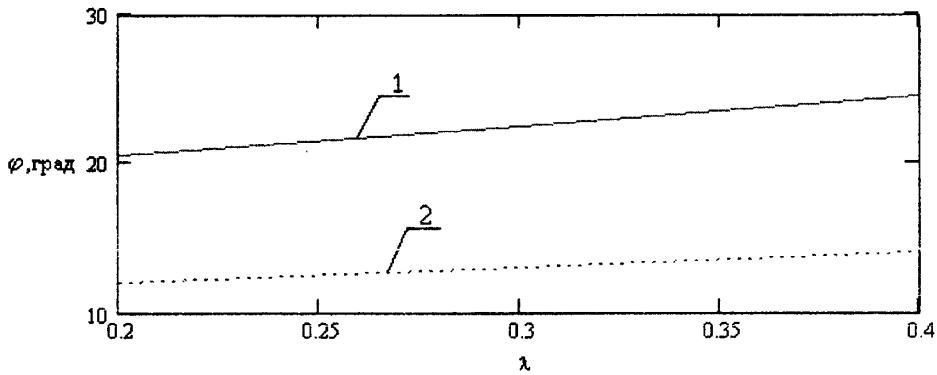
де:  $\lambda = \frac{r}{l}$ ;

$l$  – довжина шатуна.

За отриманими значеннями з рівнянь (1) та (2) будемо графічні залежності (рис. 1).

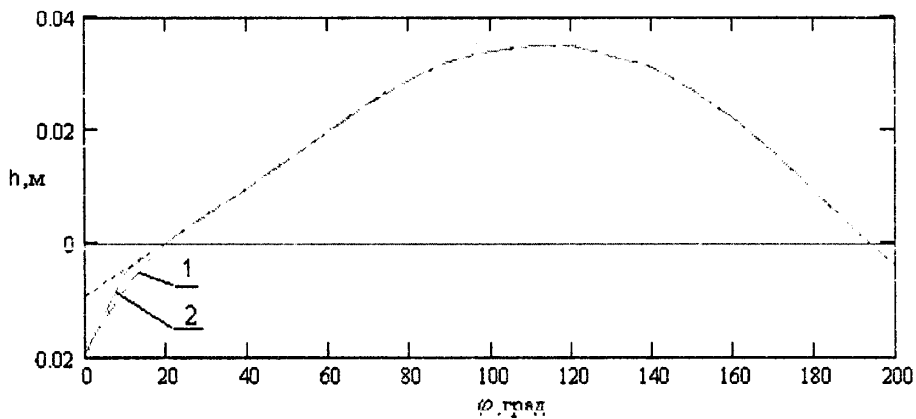
З рис. 1 бачимо, що з врахуванням довжини шатуна кут запізнення відкривання клапана збільшився, що є негативом, а кут запізнення закривання зменшився, що є позитивом.

Для визначення впливу кутової швидкості кривошипа на кут запізнення в рівнянні (2) змінюємо її значення в межах  $6 \dots 10 \text{ s}^{-1}$  і отримаємо переміщення клапана з різними значеннями кутів запізнення відкривання і закривання. Аналогічно знаходимо кути при зміні коефіцієнта кривошипно-шатунного механізму, зміню-



1 – відкривання, 2 – закривання

Рисунок 3 — Залежність кутів запізнення від коефіцієнта кривошипно-шатунного механізму



1 – рух клапана при  $\varphi = 14^\circ$ , 2 – рух клапана при  $\varphi = 10^\circ$ .

Рисунок 4 — Залежність висоти піднімання (з врахуванням кута запізнення всмоктуючого клапана) від кута повороту кривошипа

ючи його в межах 0.2...0.4. За результатами розрахунку будемо графічні залежності, зображені на рис. 2, 3 відповідно.

Як видно з рис. 2, зі збільшенням кутової швидкості кути запізнення збільшуються суттєво і прямолінійно. Рис. 3 свідчить, що збільшення коефіцієнта кривошипно-шатунного механізму призводить до збільшення кута запізнення відкривання і менш суттєвого збільшення кута запізнення закривання.

При аналізі руху напірного клапана варто враховувати кут запізнення посадки всмоктуючого клапана. Даний параметр виразимо залежністю

$$h_{вс} = h_0 \cdot \left( 1 - \frac{\varphi}{\varphi_0} \right), \quad (3)$$

де:  $h_0$  – висота всмоктуючого клапана при  $\varphi = 0^\circ$ ;

$\varphi_0$  – кут запізнення посадки всмоктуючого клапана.

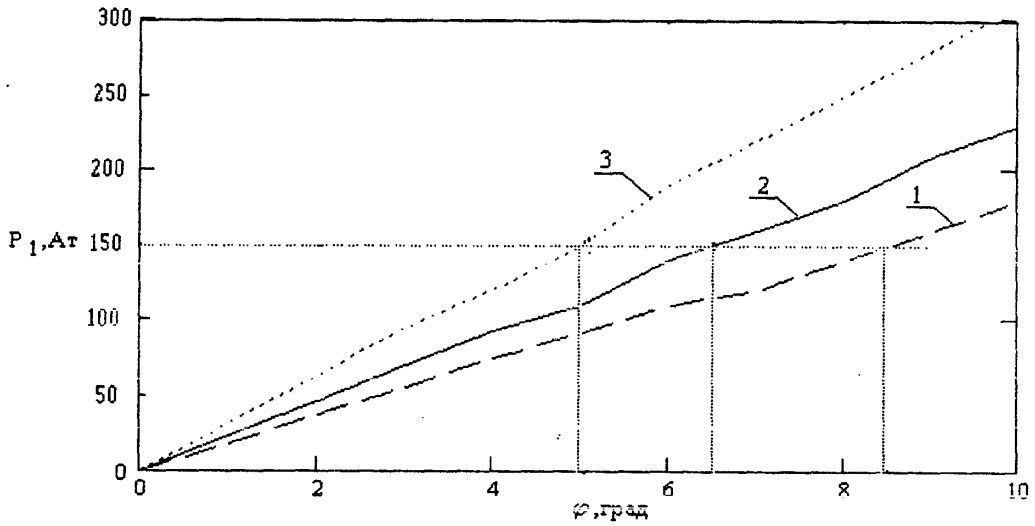
З врахуванням виразу (3) рівняння (2) набуває вигляду

$$h = \frac{f_n \cdot \omega \cdot r}{\mu \cdot \pi \cdot D_k \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (G + P_{np})}{\rho \cdot f_k}}} \times$$

$$\left( \sin \varphi - \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\varphi - \frac{f_k \cdot \omega \cdot \cos \varphi}{\mu \cdot \pi \cdot D_k \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (G + P_{np})}{\rho \cdot f_k}}} \right) - h_0 \cdot \left( 1 - \frac{\varphi}{\varphi_0} \right) \cdot (\varphi \leq \varphi_0). \quad (4)$$

При розрахунку висоти піднімання кут запізнення всмоктуючого клапана приймемо  $\varphi = 10^\circ, 14^\circ$ . За отриманими результатами будемо графічні залежності (рис. 4).

З рис. 4 видно, що збільшення кута запізнення всмоктуючого клапана призводить до незначного збільшення кута запізнення вихідного клапана. Проаналізувавши залежності на рисунках 2 і 3, можна зробити висновок, що вплив кутової швидкості на кути запізнення відкривання і закривання клапана є більший, ніж вплив коефіцієнта кривошипно-шатунного механізму. Також слід відзначити невелику чутливість кута запізнення закривання до коефіцієнта  $\lambda$ . Отже, вплив кута запізнення всмоктуючого клапана хоча і незначний, але його слід враховувати при розрахунках і проектуванні клапанних груп.



1 – при  $K_c \cdot 10^{-10}, \text{ м}^5/\text{Н} = 1.1$ , 2 – при  $K_c = 1.49$ , 3 – при  $K_c = 1.88$

Рисунок 5 — Залежність тиску в циліндрі від кута повороту кривошипа

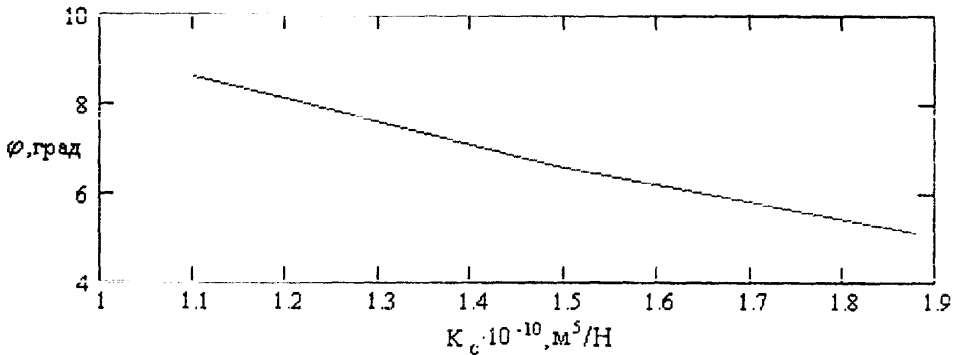


Рисунок 6 — Залежність кута запізнення відкриття від коефіцієнта стиснення рідини

Попередні розрахунки виконані без врахування стиснення рідини в циліндрі. Тепер розглянемо тиск в циліндрі насоса при зміні коефіцієнта стиснення рідини і визначимо кути запізнення відкриття при різних значеннях тиску в трубопроводі.

Наростання тиску в циліндрі описується рівнянням [6]

$$f_n \cdot S = K_c \cdot P_1, \quad (5)$$

де:  $S$  – швидкість поршня;  
 $K_c$  – коефіцієнт стиснення рідини;  
 $P_1$  – тиск в циліндрі насоса;  
 Швидкість поршня визначається рівнянням

$$S = \omega \cdot r \cdot \left( \sin\varphi - \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\varphi \right); \quad (6)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт кривошипно-шатунного механізму.

Зробимо підстановку

$$f_n \cdot \omega \cdot r \cdot \left( \sin\varphi - \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\varphi \right) = K_c \cdot P_1; \quad (7)$$

звідси

$$P_1 = \frac{f_n}{K_c} \cdot \omega \cdot r \cdot \left( \sin\varphi - \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\varphi \right). \quad (8)$$

Розраховуємо тиск в циліндрі при зміні коефіцієнта  $K_c$ . Оскільки даний коефіцієнт для перекачуваної рідини з певною в'язкістю і густиною є величиною відносно стабільною, для розрахунку приймемо його значення на порядок менше і більше.  $K_c \cdot 10^{-10}, \text{ м}^5/\text{Н} = 1.1, 1.49, 1.88$ . За даними розрахунку будемо графічну залежність рис. 5.

Як видно з рис. 5, при більшому значенні коефіцієнта  $K_c$  тиск в циліндрі зростає швидше, на що вказує (лінія 3), а при меншому коефіцієнті  $K_c$  тиск росте повільніше (лінія 1). Відомо, що кути запізнення безпосередньо залежить від тиску в трубопроводі. Використовуючи графічну залежність (рис. 5), визначимо кути запізнення відкриття при зовнішньому тиску 150 Ат. За отриманими значеннями будемо графічну залежність (рис. 6).

З рис. 5 можна визначити кути запізнення відкриття при зовнішньому тиску:  $P_2, \text{ Ат} = 50, 100, 150, 200$ . Це дає підстави зробити більш точний аналіз та розрахунок руху клапана в бурових насосах з різними тисками в трубопроводі і перекачуваними рідинами певної в'язкості та густини. Рис. 6 засвідчує, що при збільшенні коефіцієнта стиснення перекачуваної рідини кут запізнення відкриття клапана

зменшитися. Отже, вплив коефіцієнта  $K_c$  на роботу клапана є суттєвим, тому отримані результати слід враховувати при дослідженні роботи клапана бурового насоса.

### Література

- 1 Верзилин О.И. Современные буровые насосы. – М.: Машиностроение, 1971. – 255 с.
- 2 Караев М.А. Гидравлика буровых насосов. – М.: Недра, 1975. – 184 с.
- 3 Николич А.С. Поршневые буровые насосы. – М.: Недра, 1973. – 224 с.

4 Милько Б.Д., Ливак І.Д. Дослідження роботи клапанів бурових насосів // Тези наук.-техн. конф. проф.-викл. складу Івано-Франківського державного технічного університету. – Івано-Франківськ, 1996. – Ч. 2. – С. 4.

5 Мкртычан Я.С. Новые разработки по повышению надежности и долговечности промышленных насосов // Обзорная информация. Серия: Машины и нефтяное оборудование. – М.: ВНИИОЭНГ, 1984. – 62 с.

6 Ливак И.Д. Исследование трехпоршневых буровых насосов и усовершенствование конструкций клапанных групп // Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Івано-Франківськ, 1996. – 224 с.

УДК 556.06 (234.421.1)

## ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНОЇ СКЛАДОВОЇ ГІДРОЛОГІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ БІЛЯ ПІДНІЖЖА ГОРИ ГОВЕРЛИ

Л.М.Консевич, Я.О.Адаменко, Т.В.Кундельська

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Курпатські, 15, тел. (03422) 42183,  
e-mail: public@ifntung.if.ua

*Описаны методы определения гидрологического потенциала р. Прут у подножья горы Говерлы. Приведены данные из собственных исследований авторов: определение зависимости модуля стока от высоты водосборной площади, рассчитан средний многолетний модуль стока, приведены типичные схемы динамики стока и расход воды р. Прут на исследуемой территории.*

*Methods of hydrological potential determination of river Prut near the bottom of Goverla mountain are highlighted in the article. Data from the own research work are given: determination of sink modulus relation with the height of water supply are, the average sink modulus during several years is calculated, general dynamical plots of the sink and water flow of Prut river at the studied area are given.*

Українські Карпати розташовані на Головному європейському вододілі, звідки ріки стікають в Чорне море. Гумідний і евгумідний клімат Чорногірського масиву зумовлює формування густої мережі гірських рік різних порядків в районі гори Говерли. Ріки відрізняються значними нахилами русел, швидкою течією, невиробленим підозвжнім профілем, незначною глибиною, а також бурхливими повенями і паводками.

Малюнок гідромережі різний для різних тектонічних зон, що пов'язано з неоднаковою стійкістю гірських порід до розмиву. В Говерлянській підзоні Чорногірської зони, де ззовні хаотично чергуються відклади з різною стійкістю до розмивання, гідромережа має безладний характер: багато дрібних, сильно розгалужених приток Прута, які часто змінюють напрям русел. Всі ріки на досліджуваній території згідно з класифікацією Львовича належать до змішаного типу живлення — ґрунтовими, дошовими і талими водами. Влітку переважає дощове живлення, восени — дощове і підземне, взимку — талими водами, навесні — снігове і дощове.

Об'єктом наших досліджень є верхів'я р. Прут перших 10 км від витoku. Замикаючий створ розташований на рівні контрольно-пускового пункту Говерлянського лісництва Кар-

патського національного природного парку. Натурні дані спостережень для цієї ділянки ріки відсутні, тут ніколи не існувало гідрологічного посту. Найближчі гідрометричні спостереження знаходимо на річці Прут у с.Татарові (Кремінці).

Загалом р. Прут притаманний типово гірський характер. Долина її майже пряма, біля витоків це глибокий каньйон з вузьким дном (1-3 м), нижче (в межах гір) — долина зазвичай V-подібна. Ріка тече в кам'янистому, вузькому, порожистому, неширокому (1-10 м) руслі, є водоспади. Швидкість течії від 1,5 до 4,5 м/с і більше. Глибина потоку 5-30 см, інколи досягає 1 м. У розвитку русла ріки основна роль належить процесам глибинної ерозії.

Велика мінливість водного режиму ріки пов'язана як з особливостями синоптичних процесів, які розвиваються над цією територією, так і з особливостями підстилаючої поверхні (великі нахили місцевості, нерозвинений ґрунтовий покрив і мала водопроникність гірських порід), що зумовлює швидкий і зосереджений стік води в ріки під час опадів і сніготанення.

Водність досліджуваної ділянки істотно змінюється протягом року. Характерною особливістю внутрішньорічного розподілу стоку є наявність нестійкої літньо-осінньої та зимової