

Д. А. КРАТ, В. М. САВИК, С. І. БУХКАЛО, О. О. АГЕЙЧЕВА,

## ПРИКЛАД ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ЗА ОЦІНКОЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГЕРМЕТИЗУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОТИВИКИДНОГО МЕХАНІЗМУ

У матеріалах статті розглянуті приклади розрахунків та вибору технічного рішення з модернізації конструкції: удосконалено плашковий превентор встановленням показника, за яким можна спостерігати за положенням поршня превентора; проведена оцінка надійності противикидного обладнання, що використовується при бурінні свердловин. При запровадженні модернізованої конструкції універсального превентора забезпечується підвищення надійності роботи, міжремонтного ресурсу, довговічності й ремонтпридатності превентора. Про достовірність отриманих результатів свідчить їх взаємоузгодженість, відповідність літературним даним, кореляція теоретичних розрахунків з результатами експериментальних досліджень і позитивні результати промислових випробувань. Отримані результати корелюються з відомими раніше, що підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в роботі.

**Ключові слова:** технологічний комплекс буріння, розрахунки та технічні рішення, технічна доцільність, методи, дослідження.

### Вступ.

Вирішення одного із актуальних наукових завдань сучасної нафтогазової інженерії та технології можна визначити як:

- класифікація-ідентифікація можливостей створення наукового підґрунтя з підвищення фонтанної безпеки процесу буріння;

- освоєння свердловини шляхом оцінки технічного стану герметизуючих елементів противикидного обладнання як підтвердження актуальності проблеми;

- визначення необхідності подальших науково-дослідницьких робіт, направлених на удосконалення конструкції універсального превентора з метою підвищення терміну його служби, міжремонтного ресурсу, довговічності й ремонтпридатності превентора.

З вказаними напрямками проаналізовано важливі фактори впливу на порівняльно-критичний аналіз складових дослідження: проведено порівняльно-критичний аналіз бурового обладнання та превенторів для герметизації гирла свердловини, обґрунтовано вибір бурової установки та противикидного обладнання. Проведені дослідження можна описати за ієрархією призначення, будови та комплектності, а також принцип дії вибраного обладнання за обраним описовим алгоритмом дії.

Особливої уваги потребує проведене обґрунтування доцільності та економічної ефективності введення запропонованих технічних рішень з модернізації універсального превентора, запропонована модернізована конструкція універсального превентора ПУГ-230х350 із показником переміщення ущільнювальної манжети, обґрунтовано її технічну доцільність.

### Постановка комплексу науково-практичного дослідження.

Створення наукового підґрунтя застосування результатів дослідження пов'язане з дослідно-конструкторською роботою – проаналізовано лабораторно-експериментальні дослідження з

роботи противикидного обладнання, які були отримані в процесі виконання робіт, а також з проведенням розрахунків на довговічність, міцність та жорсткість деталей модернізованого універсального превентора.

Сучасний розвиток технологій буріння і проводки, пов'язаний з комплексом робіт монтажу та підготовки до експлуатації модернізованого обладнання визначено як технічні заходи з обслуговування та ремонту противикидного обладнання, проаналізовані потенційні небезпеки при експлуатації противикидного обладнання, а також методи і засоби для забезпечення нормальних умов праці, наведені інженерні розрахунки.

Складові алгоритму дослідно-конструкторської роботи розвинене як аналіз одержаних результатів з визначення раціональних або оптимальних конструктивних та експлуатаційних рішень.

Ієрархія досягнення цієї мети зумовила необхідність проведення розрахунків для вибору ієрархії технологічного комплексу для буріння свердловини глибиною 5600 м. бурова установка БУ 5000 ЕУ.

За найбільшим тиском на гирлі свердловини вибрана схема превенторної установки із трьома превенторами і трьома лініями маніфольда ОП-230х350.

Встановлено, що недоліком універсального превентора-аналога є неможливість визначення ходу ущільнювача і величини його зносу, що суперечить вимогам безпеки праці.

Це обумовлено тим, що превентори такого типу передбачають можливість проведення операцій розходжування і провертання труб при закритому ущільнювачі, що призводить до зносу останнього і, відповідно, до збільшення ходу поршня (табл. 1).

© Крат Д.А., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О., 2024

При граничній величині зносу ущільнювача ходу поршня буде недостатньо для закриття ущільнювача і герметизації гирла, що може призвести до відкритого фонтану. Тому відсутність у превенторі покажчика, що забезпечує контроль стану та величини ходу поршня, знижує безпеку його експлуатації.

### 1. Аналіз можливостей складових дослідження за ієрархією класифікації-ідентифікації різновидів джерел інформації.

Кінематична схема вибраної бурової установки складається із кінематичної схеми спуско-підйомного агрегату ЛБУ-1100М і кінематичної схеми приводу

лебідки та бурових насосів. Привід ротора здійснюється від окремого електродвигуна постійного струму, який встановлений нижче підлоги основи бурової вежі на спеціальних балках. Привід здійснюється карданним валом, який з'єднується шарнірами з валом електродвигуна і приводним валом ротора.

Враховуючи, що максимальний тиск на гирлі при бурінні свердловини № 15 Західно-Співаківської площі складатиме 35 МПа, для об'язки гирла свердловини вибираємо схему превенторної установки із трьома превенторами і трьома лініями маніфольда ОП-230х350 (рис. 1) [24].

Таблиця 1 – Вибір загальних характеристик ієрархії наукового обґрунтування складових видобутку

№	Класифікація-ідентифікація стадій дослідження за темою
1	Вибір та опис технологічного обладнання. 1.1 Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання 1.2 Конструктивні особливості універсального превентора ПУГ-230х350..
2	Опис технічної пропозиції 2.1 Опис модернізованої конструкції 2.2 Оцінка економічної ефективності
3	Дослідно-конструкторська робота 3.1 Визначення і опис основних параметрів роботи запропонованого технічного рішення, які вимагають проведення науково-дослідних робіт 3.2 Вибір методів досліджень основних параметрів 3.3 Обґрунтування і опис конструкції лабораторної установки 3.4 Аналіз одержаних результатів та визначення раціональних або оптимальних конструктивних та експлуатаційних рішень
4	Розрахунки працездатності 4.1 Розрахунок засувки маніфольда противиکیدного обладнання 4.2 Розрахунок болтів кріплення кришки універсального превентора 4.3 Розрахунок зусилля закривання превентора 4.4 Розрахунок покажчика положення ущільнювальної манжети. 4.5 Розрахунок шпильок для кріплення фланця при проведенні опресування корпусу універсального превентора на міцність
5	Монтаж і експлуатація обладнання 5.1 Організаційно-технічні заходи з монтажу обладнання 5.2 Експлуатація та ремонт обладнання 5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації проти викидного обладнання
6	Висновки за аналізом отриманих результатів, перспективи розвитку за синергетичною безпечною діяльністю.

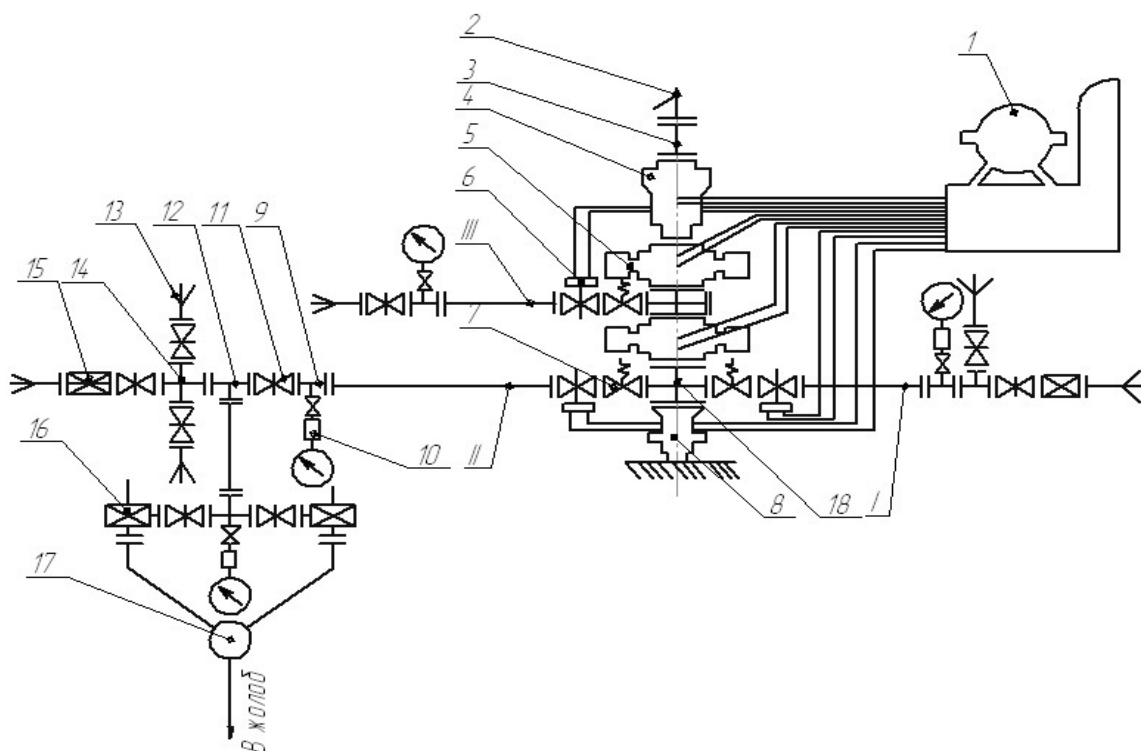


Рисунок 1. – Схема превенторної установки ОП-230х350: I – лінія глушіння; II – лінія дроселювання; III – резервна лінія; 1 – установка гідравлічного управління; 2 – жолоб роз'ємний; 3 – фланцева котушка; 4 – універсальний превентор; 5 – плашковий превентор; 6 – засувка прямоточна гідропривідна; 7 – відсікач; 8 – колонна головка; 9 – фланець; 10 – роздільник; 11 – засувка прямоточна; 12 – трійник; 13 – з'єднання швидкознімне; 14 – хрестовина; 15 – штуцер швидкоз'ємний; 16 – штуцер регулюючий; 17 – камера відбійна; 18 – хрестовина гирлова

### Проблеми дослідження.

## 2. Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання.

Згідно вибраної схеми на колонній головці встановлюється гирлова хрестовина 18, два плашкових превентори 5, розділених між собою хрестовиною, і універсальний превентор 4. Маніфольд превенторної установки має три струни I, II і III. Маніфольд превенторної установки складається із гідропривідних засувок 6, засувок 11 із ручним управлінням, регулюючих 16 і швидко знімних 15 штуцерів, вентилів з манометрами, хрестовин, катушок, трійників і т. д. Регулюючі штуцери 16 із відбійною камерою 17 встановлюються на нижній струні, нижче першого плашкового превентора. При такому розміщенні регулюючих штуцерів забезпечується більша надійність проти викидного обладнання, так як при закриванні нижнього превентора верхній не піддається дії робочого середовища із свердловини. При виході з ладу ущільнювачів нижнього превентора верхній може перекрити гирло свердловини [28].

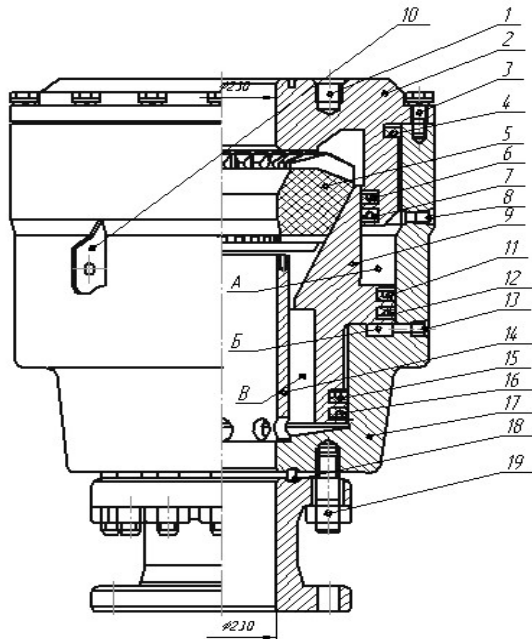


Рис. 2 – Універсальний превентор ПУГ-230х350:

1 – отвір для шпильки; 2 – кришка; 3 – болти стопорні; 4 – манжета; 5, 6, 7, 11, 12, 15, 16 – ущільнювальні манжети; 8, 13 – отвори для штуцерів; 9 – поршень; 10 – проушини; 14 – запобіжна втулка; 17 – корпус; 18 – металеве ущільнювальне кільце; 19 – кріпильні елементи

Універсальний превентор ПУГ-230х350 (рис. 2), який входить в склад превенторної установки ОП-230х350, володіє ширшими можливостями порівняно із плашковим превентором. Він призначений для герметизації гирла навколо будь-якої частини бурильної колони: труб, замка складного перетину (труба-замок), а також для повного перекриття

свердловини при відсутності в ній інструмента. Разом з тим універсальний превентор дозволяє, зберігаючи герметичність гирла свердловини, повертати бурильну колону і протягувати труби разом із муфтами і бурильними замками. Корпус 17 представляє собою сталеву відливку ступінчастої циліндричної форми із опорним фланцем і шпильками 19 для кріплення превентора, проушинами 10 для його підвішування при монтажно-демонтажних роботах і транспортуванні.

Між корпусом, кришкою і поршнем утворюються порожнини А і Б, які з'єднані за допомогою штуцерів, що встановлюються в отвори 8 і 13, та трубопроводів з гідравлічною системою управління проти викидного обладнання. При нагнітанні мастила із системи гідравлічного управління в порожнину Б поршень переміщується вгору і внутрішнім конусом стискає ущільнювальну манжету в радіальному напрямі. Внаслідок деформації прохідний отвір манжети повністю закривається. При наявності інструменту манжета обтискає його і перекриває переріз між превентором та інструментом. Тиск мастила, яке нагнітається в превентор, встановлюється регулюючим клапаном системи гідравлічного управління.

Для усунення витікання мастила використовуються само ущільнювальні манжети 6, 7, 11, 12, 15, 16 і ущільнювальні кільця 18. Ущільнювальна манжета утримується в закритому стані зусиллям, яке створюється гирловим тиском у свердловині на площу поршня в порожнині В превентора. Превентор відкривається внаслідок нагнітання мастила в порожнину А і при одночасному зливанні із порожнини Б. Під тиском мастила в порожнині А поршень переміщується вниз і звільнює манжету, яка розтискається завдяки власній пружності. Розрахунковий час закривання універсального превентора не повинен перевищувати 30 с. Ущільнювальна манжета (рис. 3) має форму масивного гумового кільця, армованого металевими вставками двотаврового перетину для жорсткості і зниження зносу ущільнювача.

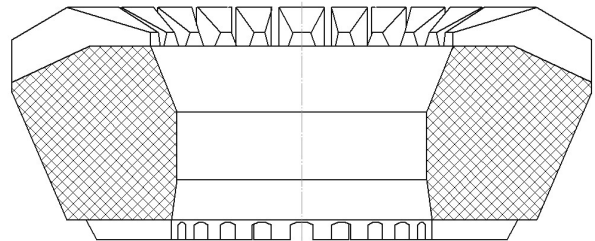


Рис.3 – Ущільнювальна манжета превентора ПУГ-230х350

Згідно ОСТУ 26-02-1366—96 ущільнювальна манжета універсального превентора повинна дозволити:

- протягання колони труб загальною довжиною не менше 2000 м при тиску зі свердловини не більше 10 МПа із замковими або муфтовими з'єднаннями із спеціальними знятими фасками під кутом 18°;
- розходження і провертання колони;
- відкриття і закриття превентора на розрахункове число циклів;
- швидко заміну ущільнювальної манжети без демонтажу превентора.

Недоліком універсального превентора-аналога є неможливість визначення ходу ущільнювача і величини його зносу, що суперечить вимогам безпеки праці. Це обумовлено тим, що превентори такого типу передбачають можливість проведення операцій розходження і провертання труб при закритому ущільнювачі, що призводить до зносу останнього і, відповідно, до збільшення ходу поршня. При граничній величині зносу ущільнювача ходу поршня буде недостатньо для закриття ущільнювача і герметизації гирла, що може призвести до відкритого фонтану. Тому відсутність у превенторі показника, що забезпечує контроль стану та величини ходу поршня, знижує безпеку його експлуатації. В наступних розділах магістерської роботи для усунення даних недоліків модернізується конструкція універсального превентора.

### 3. Експериментально-практичні засади вибору технології та визначення складових – опис модернізованої конструкції.

З метою підвищення ефективності роботи універсального превентора ПУГ-230х35 при герметизації гирла свердловини як з бурильними трубами, так і без них, в даній магістерській роботі пропонується виготовити показник, за яким можна спостерігати за положенням поршня превентора, який в свою чергу буде показувати положення ущільнювальної манжети, знос цих деталей, а отже можна буде точніше визначити час, коли потрібно провести ремонт та не допустити великий знос деталей, що в свою чергу може привести до аварій та небезпечних ситуацій на буровій установці, щоб запобігти великим матеріальним втратам, а іноді й людським втратам. На рисунку 2.1 показаний загальний вигляд (розріз) універсального превентора після модернізації.

Модернізований превентор (рис. 4) містить корпус 1 з центральним прохідним отвором 2 для пропуску труб, циліндричну порожнину 4, в якій розміщений поршень 5 і штуцери 7 і 8 для подачі або скидання гідравлічного тиску. На корпусі 1 встановлена кришка 9 з центральним отвором 10, що кріпиться до корпусу 1 кріпильними елементами 11. У порожнині 12 кришки 9 розміщена ущільнювальна манжета 13. У отворі 3 корпусу 1 встановлений показник положення 6 ущільнювальної манжети, який розташований в корпусі 14, де виконані вікна 15 для контролю за його переміщенням. На зовнішню поверхню корпусу нанесена риска 16, що визначає положення торця 17 показника положення

ущільнювальної манжети при максимально допустимому спрацюванні робочої кромки манжети 13.

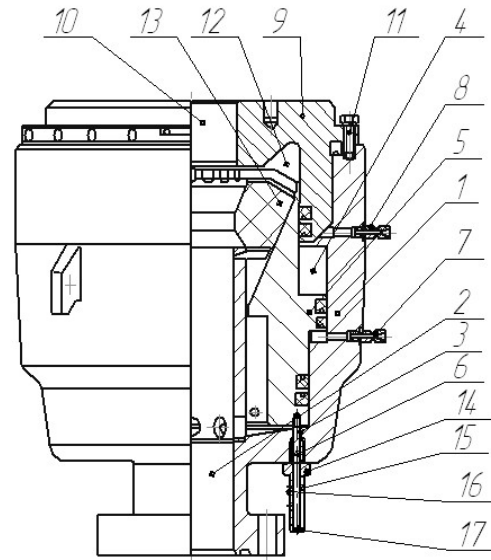


Рис. 4 – Модернізований універсальний превентор ПУГ-230×35:

- 1 – корпус; 2 – прохідний отвір; 3 – отвір у корпусі; 4 – циліндрична порожнина; 5 – поршень; 6 – показник положення ущільнювальної манжети; 7, 8 – штуцери; 9 – кришка; 10 – центральний отвір кришки; 11 – кріпильні елементи; 12 – порожнина кришки; 13 – ущільнювальна манжета; 14 – корпус показника; 15 – вікна; 16 – риска; 17 – торець показника

Превентор працює таким чином. При проведенні спуско-піднімальних операцій на гирлі свердловини колону труб з інструментом опускають через центральний отвір 10 кришки 9, ущільнювальну манжету 13 і центральний отвір 2 корпусу 1. Превентор при цьому відкритий, а ущільнювальна манжета 13 є прохідною і знаходиться в недеформованому стані.

Для герметизації гирла свердловини подають рідину через штуцер 7 для створення тиску під поршнем 5. Під дією тиску рідини поршень піднімається вгору, ущільнювальна манжета 13 при переміщенні охоплює спущену колону труб внаслідок звуження сферичної частини поршня. Показник положення 6 переміщується разом з поршнем 5, і отже, за ущільнювальною манжетою 13 та сигналізує про збільшення ходу поршня 5, що виникає при зносі робочої кромки манжети 13, і дозволяє оцінити зношення шляхом порівняння положення торця 17 показника положення щодо риски 16. У разі, коли при ході поршня 5 торець 17 показника положення 6 збігається з рисою 16 – це означає остаточне зношення робочої кромки ущільнювальної манжети 13, яку необхідно замінити.

### 4 Оцінка економічної ефективності.

Згідно з діючою методикою встановлення економічної ефективності впровадження нової

техніки в нафтогазовій галузі річний економічний ефект від виробництва і використання нового обладнання, машин, інструментів та інших засобів праці довгострокового використання з покращеними якісними характеристиками визначається за такою формулою

$$E = \left[ C_{AT} \cdot k_1 \cdot k_2 + \frac{\Delta I - E_n \cdot (K'_2 - K'_1)}{(1/T_2) + E_n} - C_{HT} \right] \cdot n, \text{ грн.}, (1)$$

де  $C_{AT}$  та  $C_{HT}$  – балансова вартість базової і модернізованої техніки відповідно, тис. грн.;

$k_1$  – коефіцієнт зростання продуктивності праці за варіантом модернізації;

$k_2$  – коефіцієнт зміни строків служби;

$\Delta I$  – економія експлуатаційних витрат, грн.

$E_n$  – єдиний нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень ( $E_n = 0,15$ );

$K'_1, K'_2$  – сукупні капітальні вкладення бурового підприємства, що включають витрати на придбання і доставку додаткового комплектуючого обладнання (в даному випадку  $K'_2 - K'_1 = 0$ );

$T_1, T_2$  – строк служби техніки ( $T_1 = 8$  років,  $T_2 = 10$  років);

$n$  – річний обсяг виробництва (впровадження) нового обладнання в натуральних одиницях,  $n = 1$ .

#### **Висновки та перспективи подальшого розвитку ісрархії комплексних складових інноваційного дослідження.**

Проведений розрахунок та вибраний технологічний комплекс для буріння свердловини глибиною 5600 м. бурова установка БУ 5000 ЕУ, та за найбільшим тиском на гирлі свердловини вибрана схема превенторної установки із трьома превенторами і трьома лініями маніфольда ОП-230х350. Встановлено, що недоліком універсального превентора-аналога є неможливість визначення ходу ущільнювача і величини його зносу, що суперечить вимогам безпеки праці. Це обумовлено тим, що превентори такого типу передбачають можливість проведення операцій розходження і повертання труб при закритому ущільнювачі, що призводить до зносу останнього і, відповідно, до збільшення ходу поршня.

При граничній величині зносу ущільнювача ходу поршня буде недостатньо для закриття ущільнювача і герметизації гирла, що може призвести до відкритого фонтану. Тому відсутність у превенторі покажчика, що забезпечує контроль стану та величини ходу поршня, знижує безпеку його експлуатації.

Обґрунтована доцільність та економічна ефективність введення запропонованих технічних рішень з модернізації універсального превентора. Суть технічного рішення з модернізації універсального превентора полягає в тому, що порівняно з аналогом у модернізованому превенторі

в отворі корпусу встановлений показник положення ущільнювальної манжети, де виконані вікна для контролю за його переміщенням. На зовнішню поверхню корпусу нанесена

Представлені можливості комплексного інноваційного дослідження можуть бути застосовані для різновидів галузей сучасної інженерії з урахуванням розвитку діяльності громадської організації «Українська асоціація хімічної та харчової інженерії» (представництво на кафедрі ІТПА НТУ «ХП») – пошук та наукове обґрунтування раціональних параметрів процесів хімічної інженерії [18–36].

#### **Список літератури**

1. Витрик В.Г., Кондратьєва А.В., Селинний М.Ю., Галушка Р.Н. Практика розробки виснажених нафтових родовищ України за допомогою технології направленої буріння (2017). Нафтогазова інженерія. Число 2. 19-26.
2. Технологія і техніка буріння / В.С. Войтенко, В.Г. Вітрик, Р.С. Яремійчук, Я.С. Яремійчук // Львів: Центр Європи, 2012.
3. Орловський В. М., Білецький В. С., Сіренко В. І. Нафтогазовилучення з важкодоступних і виснажених пластів. Харків: Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, НТУ «Харківський політехнічний інститут», ТОВ НТП «Бурова техніка», Львів, Видавництво «Новий Світ – 2000», 2023. – 312 с.
4. Агейчева О.О., Зезекало І.Г., Бухкало С.І. Загальні системи аналізу віддачі пластів свердловин. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». С. 103.
5. Зезекало І.Г., Іваницька І.О., Агейчева О.О. Основні принципи відновлення продуктивності свердловин закольматованих у процесах буріння та експлуатації методом кислотних обробок. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2020. – № 6 (1360). – С. 90–94. doi: 10.20998/2220-4784.2020.06.14
6. Зезекало І.Г., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Деякі задачі з підвищення віддачі пластів свердловини. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». С. 149.
7. Svitlana Bukhhalo. The systems and models for complex polymer solid waste. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Харків: НТУ «ХП». С. 114.

8. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. нпракт. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD2018) 17–19 мая 2018. X.: Ч. II, с. 201.
9. Bukhkalov S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyansky L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *Chemical Engineering Transactions*, 2018, Vol.70, – pp. 2047–2052.
10. Вольченко О.І. Курс лекцій з деталей машин та тестові завдання / О.І. Вольченко, В.С. Ловейкін, Д.Ю. Журавльов, В.Я. Малик – Івано-Франківськ. Прикарпатський університет імені Василя Стефаника, 2011. – 246 с.
11. Організація і планування операційної діяльності нафтогазових підприємств: Навч. посіб. / За ред. М. О. Данилюк. – Івано-Франківськ, 2009. – 364 с.
12. Лайонс, В., Плісга, Г., Ахмад, Н. (2015). Стандартний довідник з нафтової та газової інженерії. Elsevier.
13. Пелипенко О.І., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Інтегровані дослідження з удосконалення обладнання бурової установки. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – 1664 с., 617.
14. Бойко В.А., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Комплексне дослідження інтегрованої безпечної діяльності бурової установки. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – 1664 с., 555.
15. Крат Д.А., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. дослідження з удосконалення талевої системи бурової установки. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – 1664 с., 598.
16. Крат Д.А., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Дослідження інтегрованого підвищення фонтанної безпеки процесу буріння при освоєнні свердловини Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – 1664 с., 594.
17. Тацій І.С., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Дослідження дії універсального гідравлічного розширювача на різних режимах буріння. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – 1664 с., 635.
18. Бухкало С.І. Технологія основних харчових виробництв у прикладах і задачах (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2003. 184 с
19. Бухкало С.І., Товажнянський Л. Л., Капустенко П.А., Хавин Г.Л. Основные технологии пищевых производств и энергосбережение (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2005. 460 с.
20. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О., Орлова Є.І. Харчові технології у прикладах і задачах [текст] підручник К.: ЦНЛ, 2008. 600 с.
21. Бухкало С.І., Ілюха М.Г., Лазарева Т.А. Технологічне обладнання харчової галузі (н.пос.). Х.: УПА-2009, 185 с.
22. Бухкало С.І., Лазарев М.І., Ілюха М.Г., Лазарева Т.А., Рубан Н.П., Новосельцев О.О. Процеси та апарати харчових виробництв (навч. пос.). Х.: УПА-2009, 153 с.
23. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Зипунников М.М., Ольховська О.І. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. К.: ЦНЛ, 2013. 352 с.
24. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.
25. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, – 2014. – 456 с.
26. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
27. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
28. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології переробки плодоовочевої сировини), 2-ге вид. доп. Ч. 3. Підр. з грифом. К.: «ЦНЛ»: 2022, 108 с.
29. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhkalov, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leafs and calendula extracts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(6), 22–26.
30. Бухкало С.І. Удосконалення методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». Х.:, 2014. № 16. С. 3–11.

31. Бухкало С.І. Комплексні інноваційні системи викладання дисципліни сучасні технології харчування – моделі програмування. Вісник НТУ «ХПІ». 2022. № 2 (1364), с. 65–77.
32. Бухкало С.І., Земелько М.Л. Дослідження комплексного впливу складових шоколадної маси на її властивості та конкурентоспроможність для різновидів галузей Вісник НТУ «ХПІ». 2022. № 2 (1364), с. 54–64.
33. Бухкало С.І., Якименко-Терещенко Н.В.. Приклади комплексного викладання дисциплін – інноваційні ресторани технології, товарознавство та управління закупівлями. Вісник НТУ «ХПІ». 2023. № 1(1365), 12.
34. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. X.: Ч. II, с. 201.
35. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2014, № 16, с. 3–11.
36. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Iglina S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zippunikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks / Вісник НТУ «ХПІ». – X.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
37. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. X.: Ч. II, с. 201.
38. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2014, № 16, с. 3–11.
39. Ковальчук В.М., Земелько М.Л., Бухкало С.І. Приклади дослідження властивостей м'ясних виробів функціонального призначення для комплексної технології. Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2024, № 1, с. 38–48.
40. Бухкало С.І., Якименко-Терещенко Н.В. Інноваційні комплексні проекти як сучасна технологія підготовки фахівців зі спеціальності «готельно-ресторанна справа» (на прикладі дисципліни сучасні технології харчування). Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2024, № 1, с. 49–60.
41. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Belyanskiy O.M., Rozhenko I.V., Abakumov A.A. Didactic materials perception activating methods in distance education. Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2024, № 1, с. 61–70.
2. Tehnologija i tehnika burinnja / V.S. Vojtenko, R.S. Jaremijchuk, Ja.S. Jaremijchuk // L'viv: Centr Evropi, 2012.
3. Orlovskij V.M., Bileckij V.S., Sirenko V.I. Naftogazoviluchennja z vazhkodostupnih i visnazhenih plastiv. Kh: Harkivskij nacional'nij universitet mis'kogo gospodarstva imeni O.M. Beketova, NTU «Kharkivskij politehničnij institut», TOV NTP «Burova tehnika», L'viv, Vidavnicтво «Novij Svit – 2000», 2023. – 312 p.
4. Agejcheva O.O., Zezekalo I.G., Buhkalo S.I. Zagal'ni sistemi analizu viddachi plastiv sverdlovin. XXIX Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdrav'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.І. – Harkiv: NTU «KhPI». P. 103.
5. Zezekalo I.G., Ivanic'ka I.O., Agejcheva O.O. Osnovni principii vidnovlennja produktivnosti sverdlovin zakol'matovanih u procesah burinnja ta eksploatacii metodom kislotnih obrobok. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2020. – № 6 (1360). – Pp. 90–94. doi: 10.20998/2220-4784.2020.06.14
6. Zezekalo I.G., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Dejaki zadachi z pidvishhennja viddachi plastiv sverdlovin. XXIX Mizhn. nprakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdrav'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.І. – Kharkiv: NTU «KhPI». P. 149.
7. Svitlana Bukhkalov. The systems and models for complex polymer solid waste. XHIIH Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdrav'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021 u 5 ch. Ch. II. / red. prof. Sokola Є.І. NTU «KhPI». 114.
8. Buhkalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. XXVI Mezhd. nprakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdrav'e» (MicroCAD2018) 17–19 maja 2018. Kh.: Ch. II, p. 201.
9. Bukhkalov S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyanskyy L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, 2018, Vol.70, – pp. 2047–2052.
10. Vol'chenko O.I. Kurs lekcij z detalej mashin ta testovi zavdannja / O.I. Vol'chenko, V.S. Lovejkin, D.Ju. Zhurav'lov, V.Ja. Malik – Ivano-Frankivsk. Prikarpat'skij universitet imeni Vasilja Stefanika, 2011. – 246 s.
11. Organizacija i planuvannja operacijnoi dijil'nosti naftogazovih pidpriemstv: Navch. posib. / Za red. M. O. Daniljuk. – Ivano-Frankivsk, 2009. – 364 p.
12. Lajons, V., Plisga, G., Ahmad, N. (2015). Standartnij dovidnik z naftovoї ta gazovoї inzhenerii. Elsevier.

#### References (transliterated)

1. Vitrik V.G., Kondrat'eva A.V., Selinnyj M.Ju., Galushka R.N. Praktika rozrobki visnazhenih naftovih rodovishh Ukraїni za dopomogoju tehnologii napravlenogo burinnja (2017). Naftogazova inzhenerija. Chislo 2. 19-26.

13. Pelipenko O.I., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Integrovani doslidzhennja z udoskonalennja obladnannja burovoi ustanovki. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola Є.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». – 1664 p., 617.
14. Bojko V.A., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Kompleksne doslidzhennja integrovanoi bezpechnoi dijalnosti burovoi ustanovki. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola Є.I. – Kh.: NTU «KhPI». – 1664., 555.
15. Krat D.A., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. doslidzhennja z udoskonalennja talevoi sistemi burovoi ustanovki. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola Є.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». – 1664 p., 598.
16. Krat D.A., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Doslidzhennja integrovanoogo pidvishhennja fontannoï bezpeki procesu burinnja pri osvoenni sverdlovini Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola Є.I. – Kh: NTU «KhPI». – 1664 p., 594.
17. Tacij I.S., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Doslidzhennja dii universal'nogo gidravlichnogo rozshirjuvacha na riznih rezhimah burinnja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HXHII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola Є.I. – Kh.: NTU «KhPI». P. 635.
18. Buhkalo S.I. Tehnologija osnovnih harchovih virobniectv u prikladah i zadachah (navch. posibnik). Kharkiv: NTU «KhPI», 2003. 184 p
19. Buhkalo S.I., Tovazhnjanskij L. L., Kapustenko P.A., Havin G.L. Osnovnye tehnologii pishhevih proizvodstv i jenergosberezhenie (navch. posibnik). Kharkiv: NTU «KhPI», 2005. 460 p.
20. Tovazhnjanskij L.L., Buhkalo S.I., Kapustenko P.O., Orlova Є.I. Harchovi tehnologii u prikladah i zadachah [tekst] pidruchnik K.: CNL, 2008. 600 p.
21. Buhkalo S.I., Iljuha M.G., Lazareva T.A. Tehnologichne obladnannja harchovoï galuzi (navch. posibnik). Kh.: UIPA-2009, 185 p.
22. Buhkalo S.I., Lazarev M.I., Iljuha M.G., Lazareva T.A., Ruban N.P., Novosel'cev O.O. Procesi ta aparati harchovih virobniectv (navch. posibnik). Kh.: UIPA-2009, 153 p.
23. Tovazhnjanskij L.L., Buhkalo S.I., Zipunnikov M.M., Ol'hov's'ka O.I. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. K.: CNL, 2013. 352 p.
24. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (testovi zavdannja) [tekst] pidruchnik. K.: CNL, 2014. 412 p.
25. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
26. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiïv «Centr uchbovoi literaturi»: 2018, 108 p.
27. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmaju). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. K «Centr uchbovoi literaturi»: 2019, 108 p.
28. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii pererobki plodoovochevoi sirovini), 2-ge vid. dop. Ch. 3. Pidruchnik z grifom. K: «CNL»: 2022, 108 p.
29. Bilous, O., Demidov, I., & Buhkalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leafs and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26.
30. Buhkalo S.I. Udoskonaljvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». Kh.: 2014. № 16. Pp. 3–11.
31. Buhkalo S.I. Kompleksnih innovacijni sistemi vikladannja disciplini suchasni tehnologii harchuvannja – modeli programuvannja.. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 65–77.
32. Buhkalo S.I., Zemel'ko M.L. Doslidzhennja kompleksnogo vplivu skladovih shokoladnoi masi na ii vlastivosti ta konkurentospromozhnist" dlja riznovidiv galuzej. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 54–64.
33. Buhkalo S.I., N.V. Jakimenko-Tereshhenko. Prikladi kompleksnogo vikladannja disciplin – innovacijni restoranni tehnologii, tovaroznavstvo ta upravlinnja zakupivljami. Visnik NTU «KhPI». 2023. № 1(1365), pp. 12–23.
34. Buhkalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018) 17-19 maja 2018. Kh.: Ch. II, h. 201.
35. Buhkalo S.I. Udoskonaljvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2014, № 16, pp. 3–11.
36. Buhkalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I.,



- Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks / Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 15(1340), pp. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
37. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018) 17-19 maja 2018. Kh.: Ch. II, p. 201.
38. Bukhhalo S.I. Udoskonaljvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «HPI». Kh.: NTU «KhPI». 2014, № 16, pp. 3–11.
39. Koval'chuk V.M., Zemel'ko M.L., Bukhhalo S.I. Prikjadi doslidzhennja vlastivostej m'jasnih virobiv funkcional'nogo pryznachennja dlja kompleksnoi tehnologii. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2024, № 1, pp. 38–48.
40. Bukhhalo S.I., Jakimenko-Tereshhenko N.V. Innovacijni kompleksni proekti jak suchasna tehnologija pidgotovki fahivciv zi special'nosti «gotel'no-restoranna sprava» (na prikjadi disciplini suchasni tehnologii harchuvannja). Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2024, № 1, pp. 49–60.
41. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Belyanskiy O.M., Rozhenko I.V., Abakumov A.A. Didactic materials perception activating methods in distance education. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2024, № 1, pp. 61–70.

Надійшла (received) 19.10.2024

*Відомості про авторів / About the Authors*

**Крат Дмитро Андрійович (Krat Dmytro Andriyovych)** – магістрант кафедри нафтогазової інженерії та технологій, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна; e-mail: [savycvasyl@ukr.net](mailto:savycvasyl@ukr.net)

**Савик Василь Миколайович (Savuk Vasyl Mykolayovych)** – кандидат технічних наук, доцент кафедри нафтогазової інженерії та технологій, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0706-0589> ;

e-mail: [savycvasyl@ukr.net](mailto:savycvasyl@ukr.net)

**Бухкало Світлана Іванівна (Bukhhalo Svetlana Ivanovna)** – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1389-6921> ;

e-mail: [bis.khr@gmail.com](mailto:bis.khr@gmail.com)

**Агейчева Олександра Олександрівна (Ageicheva Oleksandra Oleksandrivna)** – голова циклової комісії бурових дисциплін Полтавського фахового коледжу нафти і газу Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна.

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-0140-9604> ;

e-mail: [ageicheva@ukr.net](mailto:ageicheva@ukr.net)

**D. A. KRAT, V. M. SAVYK, S. I. BUKHKALO, O. O. AHEICHEVA**

**EXAMPLE OF EQUIPMENT DESIGN BY ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF SEALING ELEMENTS OF ANTI-BLOWOUT MECHANISM**

The materials of the article consider examples of calculations and selection of technical solutions for modernization of the design: the spot preventer was improved by establishing an indicator by which the position of the preventer piston can be observed; the reliability of the anti-blowout equipment used in well drilling was assessed. When introducing the modernized design of the universal preventer, the reliability of operation, the service life between overhauls, durability and maintainability of the preventer are increased. The reliability of the obtained results is evidenced by their mutual consistency, correspondence to the literature data, correlation of theoretical calculations with the results of experimental studies and positive results of industrial tests. The obtained results correlate with previously known ones, which confirms the validity of the scientific provisions, conclusions and recommendations formulated in the work.

**Keywords:** technological complex of drilling, calculations and technical solutions, technical feasibility, methods, research.