

2. *Юзевич В. М.* Інформаційна технологія оцінювання станів об'єктів із сталі в морському середовищі із сірководнем з використанням алгебри алгоритмів / В. М. Юзевич, О. І. Огірко // Наукові записки (Українська академія друкарства). – 2012. – № 4 (41). – С. 160–172.
3. *Сопрунюк П. М.* Оцінка поверхневої енергії сталей у сірководневих середовищах / П. Сопрунюк, В. Юзевич, О. Огірко // Фіз.-хім. механіка матеріалів. Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів. – 2000. – Т. 2, № 1. – С. 726-730.
4. *Олійник Р.В.*, Інформаційна технологія обробки даних інформаційних систем із змінними структурою та параметрами. / Р.В.Олійник, О.І. Огірко // Комп'ютерні технології друкарства, УАД. Львів. 2016.1(35).С.87-97.
5. *Kucherov D.P.*, Neural Network technologies for recognition characters. Electronics and control systems. / D.P. Kucherov, I.V.Ohirkko, O.I.Ohirkko, T.I. Golenkovskaya // "National Aviation University" – № 4 (46). – 2015. – Р. 65-71.
6. *Юзевич В.М.*, Розрахунок впливу кількісного фактора на деформаційну характеристику поліуретанового зразка /В.М.Юзевич, Я.І Чехман // Поліграфія і видавнича справа. – Львів, 1987. – № 23. – С. 46-50.
7. *Юзевич В.М.*, Роль масштабного фактора при випробуванні поліуретанового зразка різної твердості /В.М.Юзевич, Я.І Чехман // Поліграфія і видавнича справа. – Львів, 1988. – № 24. – С. 47-49.
8. *Svitlana Sheludko* ,Modeling of deformation phenomena in volume label during its operation. /Svitlana Sheludko , Olga Ogirko. //Journal of Graphic Engineering and Design, Volume 8 (1), 2017.Published by the University of Novi Sad, Serbia. S.11-17.

*Поступила 3.04.2017р.*

УДК 621.3

М.М.Яцишин, Р.О.Піндак, А.Р.Юрич, М.С.Пасека  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна, e-mail: yatsyshyn@gmail.com

## **КОНЦЕПТУАЛЬНО-ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ БУРІННІ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН**

**Мета:** Здійснити моделювання процесу усунення флюїдопрояву при буріння свердловин на нафту і газ.

**Методика:** У процесі дослідження формалізовано за допомогою математичного апарату теорії категорій усунення однієї з аварійних ситуацій при буріння(флюїдопрояв). Побудовано концептуальну модель підтримки прийняття рішень при виборі методу усунення флюїдопроявів

**Результати:** Враховуючи попередні дослідження слабкоструктурованих процесів та об'єктів нафтогазової промисловості, та результати застосування теорії категорій для їх опису запропоновано алгоритми підтримки прийняття рішень при моделюванні усунення флюїдопроявів.

**Наукова новизна:** Наукова новизна полягає у математично

обґрунтованому застосуванні об'єктно-реляційних моделей у поєднанні з математичним апаратом теорії категорій для опису аварійних ситуацій при бурінні на нафту і газ.

**Практична значимість:** Полягає у полегшенні прогнозування та моделювання процесу усунення флюїдопроявів для фахівців нафтогазової промисловості

**Ключові слова:** *флюїдопрояв, теорія категорій, формалізація, концептуальна модель, об'єктно-реляційна модель.*

Спорудження свердловин багатогранний процес і завжди обумовлений можливістю виникнення різного роду ускладнень та аварій. А в умовах надвисоких енергій пластів необхідно вміти керувати їх впливом на вибій і весь процес проводки свердловини. Керування пластовими тисками об'єднують в собі дві основні групи міроприємств. Перша прогноз аномально високих пластових тисків, як основа проектування та уточнення конструкції свердловини і оптимізації режимів буріння та інших процесів. Друга гнучке регулювання вибійного тиску на пласти, що розкриваються у всьому відкритому стовбурі свердловини, як під час буріння так і в процесі виконання інших операцій.

Незважаючи на приділення значної уваги проблемі попередження флюїдопроявлень (ФП), уникнути їх повністю, як показує практика буріння, не вдається.

### **Аналіз предметної області**

До проявів належать довільний вихід промивальної рідини, пластового флюїду різної інтенсивності (перелив, викид, фонтан) через устя свердловини по міжтрубному простору, бурильних трубах, міжколонному простору або заколонному простору за межами устя свердловини (грифони).

Переливи - це вихід рідини через устя при відсутності подачі промивальної рідини в свердловину.

Викиди - аперіодичний викид рідини або газорідинної суміші через устя на значну висоту.

Фонтани - безперервний інтенсивний викид великої кількості пластового флюїду через устя свердловини.

Можливе відкрите (не кероване) фонтанування та закрите (кероване), коли потік газорідинної суміші з допомогою устевої арматури і системи наземної обв'язки направляється в сепаратори, прийомні ємності або може бути припинений зовсім.

Причина флюїдопроявів - порушення рівноваги гідравлічного тиску в свердловині  $p_c$  і проявляючому пласті  $p_{пл}$ , що призводить до надходження флюїду із пласта в свердловину при  $p_c < p_{пл}$ . Проникність пласта відповідає його природному стану або посилена гідророзривом.

Різновидності проявів: газопрояви (основна частина флюїду - пластовий газ або суміш пластових газів); нафтопрояви (основна частина флюїду - нафта); водопрояви (основна частина флюїду - пластова вода того чи іншого

ступеня мінералізації); змішані флюїдопрояви (у свердловину надходить суміш різних флюїдів, з яких хоч би два флюїди приблизно в рівних кількостях, і їх сума складає більшу частину загальної кількості поступаючого флюїду).

Прояви можуть виникати як при зниженні тиску на пласт, так і без його зниження. Основними причинами проявів через зниження тиску на пласт є геологічні і технологічні фактори. До геологічних факторів належать: розкриття регіональних і локальних зон АВПТ, наявність порожнин заповнених газом, а також тектонічні порушення. До технологічних факторів виникнення проявів належать причини, пов'язані з порушенням технології проводки свердловини: низька густина промивальної рідини; зменшення гідродинамічного тиску в свердловині; падіння рівня промивальної рідини в свердловині; утворення штучних зон АВПТ. До технологічних факторів відносять і помилки, допущені при розробці технічного проекту на будівництво свердловини, прогнозування пластових тисків і т.д.

До причин проявів без зниження тиску на пласт (тобто при перевищенні вибірного тиску над пластовим) належать дифузні і осмотичні процеси, капілярні перетоки, гравітаційні заміщення, надходження газу з вибуреною породою при високих швидкостях буріння, контракційні ефекти та ін.

В практиці буріння найчастіше застосовуються два методи ліквідації газонафтоводопроявів (ГНВП): метод зрівноваженого пластового тиску; метод ступінчастого глушіння свердловини.

При застосуванні методу зрівноваженого пластового тиску – тиск на вибої підтримується дещо вищим ніж пластовий тиск на протязі всього процесу ліквідації флюїдопроявлення. При дотримання цієї умови поступлення флюїду з пласта припиниться, аж до повної ліквідації ГНВП.

Для здійснення цього методу застосовують чотири способи.

#### 1. Спосіб неперервного глушіння свердловини.

Існує два види його реалізації. За першим з них вимивання флюїду із свердловини проводять одночасно з обважненням бурового розчину до густини при якій тиск в свердловині перевищить пластовий.

За другим починають проводити вимивання флюїду відразу на розчині, густина якого дозволяє забезпечити перевищення вибірного тиску над пластовим. При цьому способі в свердловині виникають найнижчі тиски. Спосіб відносно безпечний. Разом з тим відсутність на свердловинах необхідного запасу обважнювачів і засобів швидкого приготування промивальних рідин стримують його широке використання.

#### 2. Спосіб очікування і обважнення.

При використанні цього способу після виявлення ФП свердловину герметизують і здійснюють приготування необхідної кількості обважненого бурового розчину. Цей спосіб доволі небезпечний оскільки газова пачка, яка впливає створює на усті свердловини надлишковий тиск, що може спричинити руйнування елементів противикидного обладнання, обсадних колон чи до гідророзриву найменш міцних пластів. Крім того свердловина

залишається на певний період без циркуляції, що може спричинити прихоплення бурильної колони.

3. Спосіб двостадійного процесу ліквідації ГНВП(метод бурильника).

При реалізації цього способу ліквідації ГНВП на першій стадії здійснюють вимивання пластового флюїду із свердловини буровим розчином з тими ж параметрами, при яких відбулося ГНВП. Одночасно з вимиванням флюїду готують необхідну кількість обважненого розчину. Потім проводять другу стадію: заміну розчину у свердловині на обважнений. Цей спосіб відносно безпечний, але при його реалізації створюються в свердловині найбільші тиски. А також небажано залишати свердловину без промивання в період обважнення розчину.

4. Спосіб двох стадійний розтягнутий.

На першій стадії з протитиском здійснюється вимивання пластового флюїду із свердловини буровим розчином з тими ж параметрами, при яких відбулося ГНВП. Після вимивання флюїду, без припинення циркуляції підвищують густину бурового розчину до необхідної величини і проводять глушіння проявлюючого пласта. Цей спосіб володіє недоліками всіх попередніх, а тому застосовується дуже рідко.

Метод ступінчастого глушіння свердловини – застосовується у випадку коли після герметизації устя свердловини чи в процесі ліквідації ГНВП тиск в затрубному просторі зростають, що може спричинити руйнування противикидного обладнання, обсадних колон або гідророзрив порід. Тоді запірний дросель при відкривають і тиски знижуються, але одночасно порушується рівновага тисків у свердловині. Таке зниження тиску призводить до поступлення у свердловину нової порції флюїду. Але оскільки пік тиску в затрубному просторі короточасний, газ швидко стравлюється із свердловини, то через деякий час знову можна прикрити дросель, і промивати свердловину до настання наступного піку тиску, який зазвичай є меншим. Такі стравлювання проводять до тих пір поки не виникне можливість керувати свердловиною, тобто поки у свердловині не зрівноважаться тиски в системі свердловина-пласт. Таким чином метод ступеневого глушіння свердловини, є методом підготовки її до глушіння методом урівноваженого пластового тиску.

Найширше застосування на практиці знайшли спосіб очікування і обважнення та спосіб двостадійного процесу ліквідації ГНВП (метод бурильника).

В процесі реалізації цих методів ліквідації ГНВП важливо правильно визначити тиски в нагнітальній лінії та кільцевому просторі, щоб забезпечити зрівноваження пластового тиску на всіх їх етапах. Тому створення програмного продукту, який би дозволяв інженерам буровикам швидко і точно проектувати програму ліквідації флюїдопроявів і коректувати її в процесі реалізації є актуальним завданням.

### **Формалізація процесу усунення флюїдопрояву**

Враховуючи слабку структурованість даних та специфіку побудови баз

даних, для опису процесу прогнозування використано математичний апарат теорії категорій [3], який має потенціал для забезпечення ефективної та природної формалізації об'єкта на основі баз даних. Пропонується застосувати концепцію теорії категорій та введено основні положення, які використано в процесі моделювання процесу усунення флюїдопрояву при бурінні нафтових і газових свердловин.

Застосовано трикутник об'єднання об'єктно-орієнтованої бази даних і об'єктно-реляційної моделі для опису процесу ліквідації флюїдопрояву при бурінні, використано конструкцію конуса для того, щоб вказати зміни, які охоплює підмножину значень. Використовуючи діаграму пошуку (рис. 1) введено означення та визначення, які дозволять описати дану область за допомогою математичного апарату теорії категорій [3].

Означення 1. Нехай  $A, B, C$  – об'єкти категорії  $GD$ ;  $\langle f, h, g \rangle$  – трійка функторів відношень між об'єктами категорії. Тоді зображення для категорії  $GD$  набуде вигляду:

$$(A \xrightarrow{f} B \xrightarrow{g} C) \circ ((A \xrightarrow{h} C) \circ (B \xrightarrow{g} C)) \quad (1)$$

Означення 2. Нехай  $A, C$  – об'єкти категорії;

$\delta, \delta_r$  – проєкційні стрілки для відкритого трикутника опису категорії  $GD$ . Оскільки даний підхід ставить строгі умови, доповнення категорії буде мати вигляд:

$$\langle \delta, \delta_r \rangle : A \times C \quad (2)$$

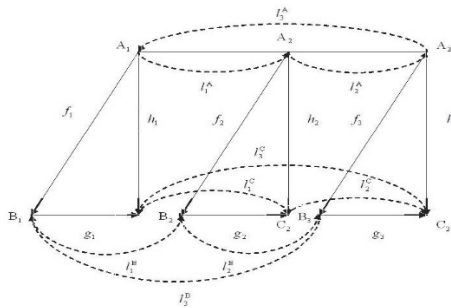


Рис. 1– Діаграма моделювання процесу усунення флюїдопрояву при бурінні свердловин з використанням об'єктно-орієнтованої бази даних і об'єктно-реляційної моделі

Означення 3. Нехай  $h : \delta \circ \delta_r$  та  $A \xrightarrow{f} B, C \xrightarrow{g} B$ , тоді частковим результатом при зворотному відображенні буде:

$$A \times C : h \rightarrow \delta \circ \delta_r \quad (3)$$

Конструкція конуса для окремої категорії матиме вигляд як зображено на рис. 2.

Означимо, що для отримання підтримки прийняття рішень за умов моделювання процесу усунення флюїдопрояву при бурінні свердловин на нафту і газ, необхідно композиційно трансформувати результати категорій  $GD_i$ , де  $i = \overline{1, n}$  за допомогою функторних залежностей у вигляді трійки  $\langle I^A, I^B, I^C \rangle$ .

Використовуючи вище сказані означення, в умовах нашої предметної області, прикладом можливих композицій, функторних трансформацій між об'єктами та категоріями, будуть:

1) категорії  $A, B, C$  ( $A$  – свердловина,  $B$  – флюїдопрояв,  $C$  – усунення флюїдопрояву)

2) об'єкти  $\langle A_1, B_1, C_1 \rangle, \langle A_2, B_2, C_2 \rangle, \langle A_3, B_3, C_3 \rangle$  ( $\langle A_1, B_1, C_1 \rangle$  – трійка представлення свердловини,  $\langle A_2, B_2, C_2 \rangle$  – трійка представлення усунення флюїдопрояву,  $\langle A_3, B_3, C_3 \rangle$  – трійка параметрів)

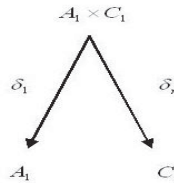


Рис. 2 – Конус добутку для об'єктів  $A_1 \times C_1$  (ускладнення при бурінні)

Звідси слідує, що  $A_1$  – дані, які характеризують свердловину,  $B_1$  – дані по свердловині, які характеризують флюїдопрояв,  $C_1$  – дані про літологію пласта, де виник флюїдопрояв;  $A_2$  – дані про історію аварійних ситуацій (флюїдопрояв) свердловини,  $B_2$  – параметри методів, які застосовувались для усунення,  $C_2$  – дані про зміни термобаричних умов пласта;  $A_3$  – опис (параметри), які характеризують робочу свердловину,  $B_3$  – опис (параметри) усунення флюїдопрояву для і-тої свердловини,  $C_3$  – опис (параметри) літології пласта.

$f_1$ : густина промивальної рідини, об'єм флюїду;

$h_1: \delta_1 \overset{\circ}{\delta}_1$  – де  $\delta_1$  – максимально допустима густина промивальної рідини в свердловині, густина промивальної рідини при випробуванні пласта на приймання, тиск на усті в кільцевому просторі при випробуванні пласта на приймання,  $\delta_1$  – допустимий диференціальний тиск (допустима репресія) на пласт, площа поперечного перерізу затрубного простору в інтервалах;

$g_1$ : тиск у бурильних трубах, тиск в кільцевому просторі.

$f_2 \cong f_1$ , густина промивальної рідини, об'єм флюїду;

$h_2 : \delta_2 \delta_{r_2}$  – де  $\delta_2$  – максимально допустима густина промивальної рідини в свердловині, густина промивальної рідини при випробуванні пласта на приймання, тиск на усті в кільцевому просторі при випробуванні пласта на приймання,  $\delta_{r_2}$  – допустимий диференціальний тиск (допустима репресія) на пласт, площа поперечного перерізу затрубного простору в інтервалах;

$g_2$  : глибина флюїдопроваю, термобаричні умови пласта, дані про флюїд,

$f_3$  : глибина флюїдопроваю, параметри свердловини.

$h_3 : \delta_3 \delta_{r_3} \cong h_2 : \delta_2 \delta_{r_2}$ , тобто  $\delta_3$  – час міграції пачки флюїду, зміна тиску в кільцевому просторі за відповідний проміжок часу,  $\delta_{r_3}$  – допустимий диференціальний тиск (допустима репресія) на пласт, площа поперечного перерізу затрубного простору в інтервалах.

$g_3$  – метод, який використовувався для усунення флюїдопроваю, відповідно коефіцієнт надстисливості газу і температура в умовах вибою, характеристика пласту на відповідній глибині.

Отже на основі вище сказаного можна зробити висновок, що для моделювання процесу усунення флюїдопроваю, необхідно композиційно трансформувати результати категорій  $GD_i$ , де  $i = \overline{1, n}$  за допомогою функторних залежностей у вигляді трійки  $\langle I^A, I^B, I^C \rangle$ .

Використовуючи вище сказані означення, в умовах нашої предметної області, прикладом можливих композицій, функторних трансформацій між об'єктами та категоріями, будуть: категорії  $A, B, C$ , де  $A$  – свердловина,  $B$  – флюїдопроваю,  $C$  – усунення флюїдопроваю; об'єкти  $\langle A_1, B_1, C_1 \rangle, \langle A_2, B_2, C_2 \rangle, \langle A_3, B_3, C_3 \rangle$ , де  $\langle A_1, B_1, C_1 \rangle$  – трійка представлення свердловини,  $\langle A_2, B_2, C_2 \rangle$  – трійка представлення усунення флюїдопроваю,  $\langle A_3, B_3, C_3 \rangle$  – трійка параметрів.

Враховуючи попередні математично–предикатні синтаксичні побудови запропоновано концептуальну модель, яка буде використовувати гідрогеологічні і структурні параметри бурових свердловин (сукупність функцій і правил для досягнення цілей – усунення флюїдопроваю) предметної області. Для цього використаємо метематичний апарат запропонований у роботі, де кожна ціль  $C$  – це усунення флюїдопроваю і задається своїм повним визначенням –  $D(C)$  кон'юнкцією часткових визначень з типами  $T$  (властивості водоносного шару, глибина пласта, ), множина яких фіксована для категорії:

$$T(C) = \langle L(C), B'(C, S), B''(C, S), S(C) \rangle \quad (4)$$

де  $L(C)$  – параметр степені визначеності  $T(C)$ :

$$L(C) \in \{d, p, u, n\} \quad (5)$$

де  $d, p, u, n$  – набори параметрів, знань при наявності яких можна робити висновок:  $d$  – флюїд з прогнозованим якісним складом;  $p$  – флюїд з непрогнозованим якісним складом,  $u$  – пласт з непрогнозованим кількісними ознаками флюїду,  $n$  – пласт з прогнозованим кількісними ознаками флюїду.

Задано цілі та параметри, через які визначається  $C$  в рамках  $S$ :

для  $B'(C, S)$ : *параметри*:  $S = \langle$  геологічна будова, якісний склад флюїду, глибина флюїдопрояву, структурна будова свердловини); *цілі* –  $C = \langle$  ефективність усунення флюїдопрояву, придатність використання свердловини, прогнозна швидкість усунення).

для  $B''(C, S)$ : *параметри* –  $S = \langle$  час міграції пачки флюїду, коефіцієнт надстигливості газу і температура в умовах вибою, зміна тиску в кільцевому просторі за відповідний проміжок часу); *цілі* – композиція  $C_{B'} = C_B \vee C_{B''}$

$S(C)$  – це множина параметрів, яка змінюється в залежності від цілей.

### Алгоритмізація процесу моделювання усунення флюїдопрояву

Використавши запропонований математичний апарат здійснено алгоритмізацію процесу моделювання. Програма спроектована у відповідності до ієрархічного шаблону MVP(model-view-presenter). Модель (model) відповідає за обробку даних, представлення (view) - за відображення даних, а презентер(presenter) зв'язує модель з представленням. Даний ієрархічний шаблон володіє тонким інтерфейсом, що дозволяє з легкістю застосувати різноманітні інтерфейси для представлення даних (рис. 3).

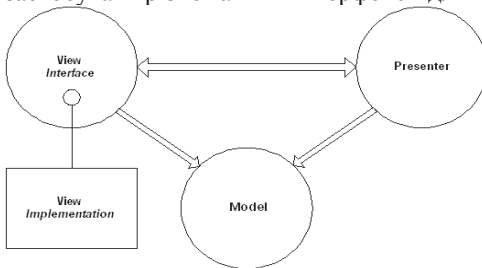


Рис. 3. Діаграма ієрархічного шаблону класів MVP

Архітектура програмного продукту розділена за функціоналом на 3 частини: головна форма, додавання секції труб та зміна довжини секції. Відповідно до кожної частини MVP шаблон застосований окремо, щоб розділити відповідальність між автономними частинами. Діаграма однієї з частин показана на рис. 4.

У даній автономній частині простежується тонкий інтерфейс: форма, що імплементує інтерфейс представлення може бути заміщена на будь-який інший клас, який буде володіти відповідним до інтерфейсу функціоналом, що реалізований інакше. Це дозволяє легко змінити користувацький інтерфейс для автономної частини.



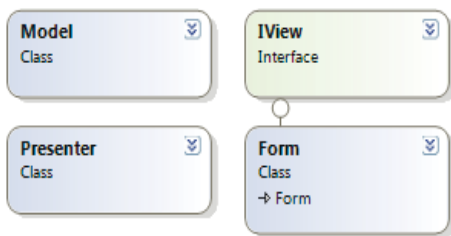


Рис. 4. Діаграма класів автономної частини "Головна форма"

алгоритми обчислень деяких з них.

Основна увага приділена 4 методам, що пов'язані з самим алгоритмом проведення дослідження.

```

void ComputeMudVolume()
void ComputeMudJammingDencity()
void ComputeBeginCyclingPressure()
void ComputeEndCyclingPressure()
  
```

ComputeMudJammingDencity обраховує необхідну густину бурильного розчину глушіння;

ComputeBeginCyclingPressure обраховує початковий тиск прокачування рідини;

ComputeEndCyclingPressure обраховує кінцевий тиск прокачування рідини. Вхідними параметрами для проведення обчислень цими методами є дані, введені користувачем.

В той час як реалізація останніх трьох методів є простою і їх алгоритми є лінійними, перший метод є дещо складнішим. Завдання цього методу - обчислити об'єм рідини, що може знаходитись в середині бурильних труб та затрубному просторі. Для розрахунку враховуються параметри свердловини та секції бурильних труб.

Архітектура програмного продукту передбачає використання об'єктів класів, що відповідають за побудову графіків (рис. 5).

Для побудови графіків за методами бурильника та обважнення і очікування використовуються класи Graph1 та Graph2 відповідно.

### Практична реалізація поставленої задачі

На основі запропонованої концептуальної моделі та здійсненої алгоритмізації створений програмний продукт для моделювання процесу усунення флюїдопроявів. Програмний продукт застосовується для проведення розрахунку низки параметрів, що будуть враховані при проведенні ліквідації флюїдопрояву під час буріння. Для того, щоб успішно провести розрахунки поставлені вимоги до даних: кожен з параметрів повинен знаходитися у визначеному діапазоні значень і відповідати реальному показнику, щоб задовольнити відповідність моделі реальному дослідженню.

Бізнес-логіка програми зосереджена у моделях(models). Відповідно, основна увага звертається саме на модель, адже всі розрахунки, які передбачені алгоритмом проведення дослідження ліквідації флюїдопрояву, проводиться тут. Модель головної форми містить перелік всіх показників дослідження та

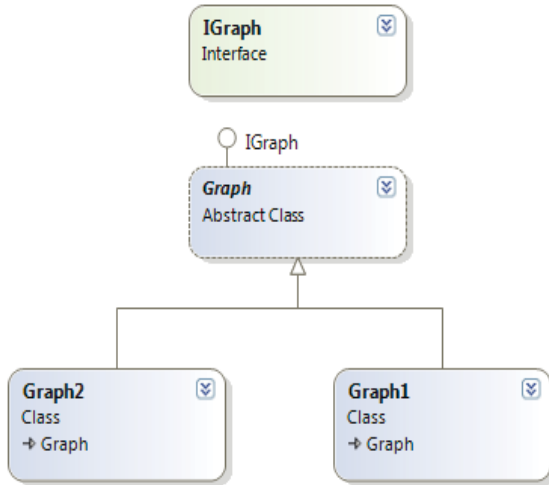


Рис. 5. Діаграма класів для побудови графіків

Вхідні дані складаються з двох основних частин:

1. Дані про конструкцію бурильної колони на момент виникнення ГНВП. Програма дозволяє додати, видалити, впорядкувати по довжині та розташуванню секції труб. Додавання труби відбувається наступним чином. Користувачу пропонується вибрати тип та типорозмір труби та вказати довжину секції. Після вибору одного з параметрів труби перелік інших можливих параметрів змінюється відповідно до нього. Випадаючий список вибраного параметру стає неактивним.
2. Група параметрів, що містять інформацію: про конструкцію свердловини, параметри бурового розчину, тиски на усті свердловини та об'єм флюїду у свердловині.

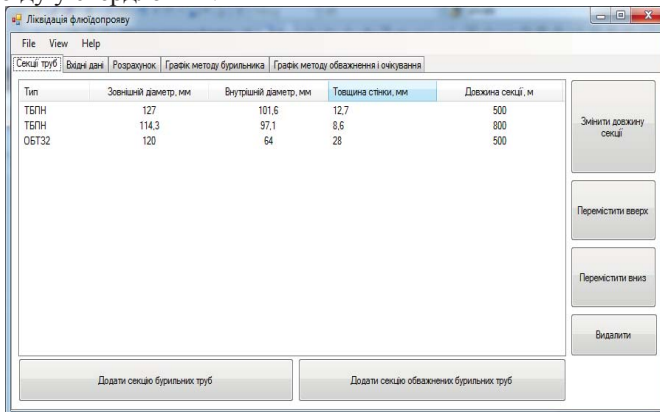


Рис. 6. Інтерфейс розробленого програмного продукту

Програмний продукт дозволяє розрахувати та побудувати графік методу, який використовується для усунення флюїдопрояву, а також візуалізувати процес обважнення бурового розчину та параметризувати процес очікування усунення аварійної ситуації

### **Висновки**

У результаті дослідження було проаналізовано можливі методи усунення флюїдопрояву у процесі буріння на нафту і газ. Здійснено формалізацію процесу моделювання даної аварійної ситуації, для цього використано математичний апарат теорії категорій. Побудовано концептуальну модель, побудовано алгоритм та реалізовано програмний продукт моделювання процесу учення флюїдопроявів. Подальші дослідження будуть направлені на створення інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень для моделювання і вибору методу усунення флюїдопрояву при бурінні на нафту і газ.

1. *Басарыгин Ю.М.* Технологические основы освоения и глушения нефтяных и газовых скважин / Ю.М. Басарыгин, В.Ф. Будников, А.И. Булатов, Ю.М. роселков//Учебник для вузов.- 2001.
2. *Жан Бом.* Предупреждение и ликвидация газонефтеводопроявлений /Жан Бом, Дидье Бриган, Бернар Лопе // Контроль скважины. Управление скважиной при газонефтеводопроявлениях (при строительстве скважин): Справочное пособие. - г. Камышинб, 2005.- 25 с.
3. *Piessens F.* Categorical data-specification / F. Piessens, E. Steegmans / Theory and Application of Categories.- vol.- 1.- No. 8.- 1995.- pp.156-173.
4. *Юрчишин В.М.* Застосування теорії категорій для аналізу прийняття технологічних рішень при розробці нафтових родовищ/ В.М. Юрчишин, В.І. Шекета, М.М. Яцишин // Нафтогазова енергетика. -2006. - №1. – С. 38-42.
5. *Яцишин М.М.* Інформаційно-категорійна формалізація процесу утворення неорганічних відкладів по стовбуру свердловини при видобутку газу / М.М. Яцишин // Східно-Європейський журнал передових технологій. -2007. -№ 6/5(30). - С. 20-22.
6. *Яцишин М.М.* Формалізація процесу утворення неорганічних відкладів по стовбуру свердловини при видобутку газу / М.М. Яцишин, М.Б. Горбаль, В.М. Юрчишин // Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології», Київ, 20-24 травня 2008р.: тези доповідей. - Київ: НТУУ “КПІ”, 2008. – С. 170.
7. MVP: Model-View-Presenter, The Taligent Programming Model for C++ and Java, Mike Potel, © Copyright Taligent, Inc. 1996.
8. Pro LINQ: Language Itegrated Query in C# 2010, ISBN-13 (electronic): 978-1-4302-2654-3, Copyright © 2010 by Adam Freeman and Joseph C. Rattz, Jr.
9. CLR via C#, third edition, Microsoft Press, A Division of Microsoft Corporation, One Microsoft Way, Redmond, Washington 98052-6399, Copyright © by Jeffrey Richter.

*Поступила 13.03.2017р.*