

УДК 658.012.56:622.24.051

## СТРУКТУРА ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

Ю.Д.Петрина, І.П. Марцінковська

ІФНТУНГ, 760019 Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15,

*Приведен порядок формування цифрової моделі, описана її структура. Систематизовані та подані в виді схеми основні етапи автоматизованого проектування. На конкретному прикладі показано процес створення чертежа в автоматичному режимі. Предложена технологія успішно використовується на практиці при автоматизованому проектуванні калібраторів.*

*In this article represented the order of digital model forming was described its structure. Authors generalized and represented like a scheme the main stages of automatized design process. At the concrete example it was shown the process of automatical drawing creation. Suggested technology has the successful practical usage at the automatized design of calibrators.*

В даний час в Україні немає повністю завершеного та впровадженого комплексу програмних засобів, який давав би змогу займатися автоматизованим проектуванням бурових інструментів за допомогою сучасної обчислювальної техніки і комп'ютерної технології CAD/CAM (computer-aided design/computer-aided manufacturing – автоматизоване проектування і виготовлення), а тому завдання розробки геометричних алгоритмів, математичних моделей та комплексу прикладних програм для створення системи автоматизованого проектування (САПР) бурових доліт і калібраторів є актуальними.

Геометричне моделювання елементів конструкцій завдяки швидкому розвитку комп'ютерної техніки та технології автоматизованого проектування стає уже традиційним інструментом інженерів-конструкторів в різних галузях.

Можливості діалогових графічних систем і машинної графіки змінюють традиційну технологію розв'язування задач проектування. Творчий початок, привнесений проектувальником, у сукупності зі здатністю комп'ютера швидко й безпомилково опрацьовувати величезну кількість інформації та видавати її у звичайній графічній формі відповідно до діючих креслярських стандартів - головна перевага таких систем проектування.

Для забезпечення основних етапів автоматизованого проектування бурових інструментів достовірними методами розрахунків елементів конструкцій та методиками автоматизованого формування адекватних графічних зображень актуальною потребою є наявність комплексу геометричних моделей елементів конструкцій та їх аналітична формалізація, доопрацювання та адаптація існуючих методик інженерних розрахунків для включення їх до складу проектних процедур.

Насамперед проведено аналіз творчого здобутку вчених-теоретиків та експериментаторів в галузі проектування і дослідження бурових інструментів з метою максимального заповнення їх наукових досягнень для використання в створюваній системі автоматизованого проектування.

Базовими працями для розробки описаної системи автоматизованого проектування є праці проф. Драганчук О.Т., в яких закладено науково-методологічні основи проектування оснащення шарошок бурових доліт [1]. Для створення цифрової моделі необхідно визначити координати вузлових точок профілю об'єкта проектування, для цього ми користуємося формулами і залежностями, що наведені в довідниках [2], [3]. Значною мірою матеріал, з якого буде виготовлено саму деталь, впливає на форму, розміри і послідовність проведення процесу проектування. Проф. Петрина Ю.Д. провів дослідження впливу матеріалу на підвищення довговічності роботи бурових доліт [4].

Виходячи із загальних визначень поняття інформації, проектування розглядається як процес перетворення попереднього опису об'єкта в остаточний для реалізації цього об'єкта в натурі, а також для оцінки конструктивних рішень на проміжних етапах проектного процесу.

У системах автоматизованого проектування такий опис створюється в комп'ютері у вигляді *цифрової моделі об'єкта (ЦМО)* проектування, що містить дані про геометричну структуру об'єкта та взаємозв'язки між його елементами.

Запропонована в цій роботі структура цифрової моделі знайшла своє застосування при розробці САПР бурових інструментів "КОМПАС-ДОЛОТО" та "КОМПАС-КАЛІБРАТОР".

*Цифрова модель об'єкта (ЦМО)* – це структуроване у наперед обумовленому форматі комп'ютерне представлення конструктивної схеми або креслення у вигляді дискретного цифрового набору даних. В комп'ютері ЦМО зберігається у вигляді зовнішнього текстового файла блочної структури, який формують або модифікують певні модулі пакета прикладних програм. Засобами текстового редактора проектувальник можна внести необхідні зміни в записи будь-якого блоку ЦМО.

ЦМО являє собою достатньо точний і повний опис компонентів і взаємозв'язків, які визначають геометричну структуру об'єкта, що моделюється.



**Математична модель** елемента конструкції бурового інструменту – це математичне представлення встановлених залежностей між її геометричними параметрами. Математична модель служить основою для написання комп'ютерної програми розрахунку та формування конструктивної схеми елемента конструкції. Чим більший ступінь адекватності математичної моделі-геометричній структурі описуваного об'єкта чи модельованого фізичного процесу, а також чим він простіший, тим достовірніші отримувані результати.

Як приклад формування ЦМО на рис. 1 представлена конструктивна схема простої деталі - кільця розрізного (калібратор КШ-219,5), для якого на рис. 4 подана реальна ЦМО з відповідними коментарями до кожного рядка.

На рис. 2 зображена схема формування та візуалізації цифрової моделі об'єкта. Спочатку цифрова модель формується на базі аналогічної (адекватної) геометричної моделі та відповідного вектора числових значень вхідних параметрів. У процесі автоматизованого проектування цифрова модель крок за кроком змінюється як структурно, так і уточнюється якісно завдяки надходженню нової інформації. Переважно зміни у структурі цифрової моделі здійснюються відповідні прикладні програми, записуючи в базу даних цифрової моделі результати своїх

розрахунків. Проте за проєктувальником завжди залишається право візуалізувати цифрову модель (для зручності сприйняття), прийняти рішення щодо її модифікації на будь-якій стадії проектного процесу. Залежно від характеру графічної інформації, візуалізувати цифрову модель (відобразити на екрані графічного дисплея або вивести зображення у вигляді твердої копії на принтер чи плотер) можна як у двовимірному, так і тривимірному представленні.



Рисунок 1 - Кільце розрізне

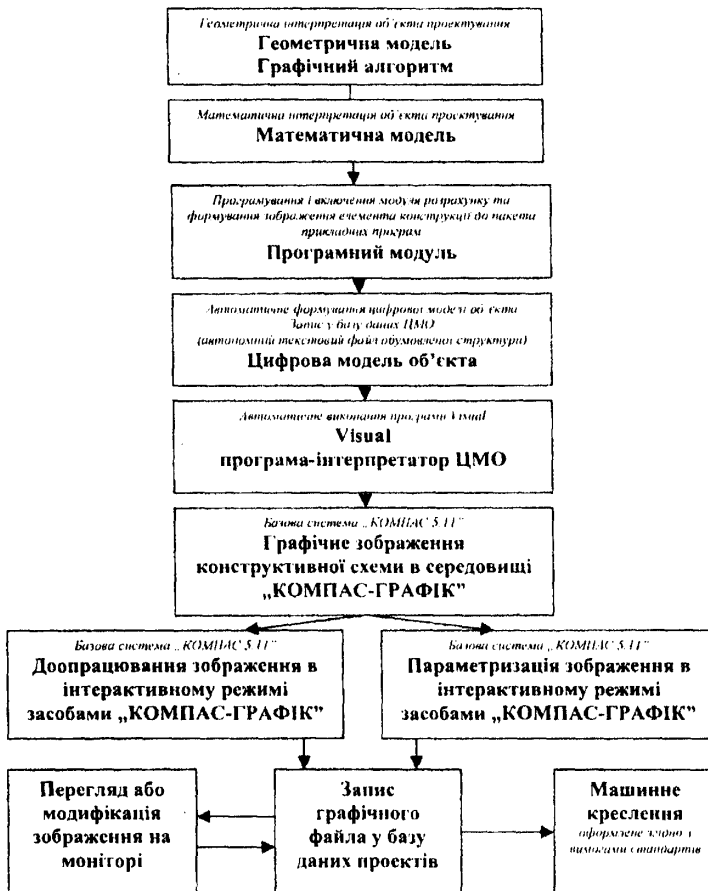


Рисунок 2 - Схема формування та візуалізації цифрової моделі об'єкта проектування



Ім'я	Вхідні параметри	Назва операції
L	X1 Y1 X2 Y2	Відрізок з початком у точці (X1,Y1) та кінцем у точці (X2,Y2)
PL	X2 Y2	Відрізок з точки поточного положення пера (ппп) до точки (X2,Y2)
VKL	X1 Y1 X2 Y2	Позначення об'єкта проектування
K	X2 Y2	Відрізок з точки (X1,Y1) відносно (ппп) до точки (X2,Y2) відносно (ппп)
D	X1 Y1 XC YC X2 Y2	Дуга через початкову точку (X1,Y1) з центром (XC,YC) до точки (X2,Y2)
CR	X1 Y1 X2 Y2 R	Дуга через початкову точку (X1,Y1) до точки (X2,Y2) радіусом R
CB	X1 Y1 X2 Y2 X3 Y3	Дуга через три точки (X1,Y1), (X2,Y2) та (X3,Y3)
E	X1 Y1 XC YC X2 Y2	Еліпс з початком у т. (X1,Y1), з центром в т. (XC,YC) до кінцевої точки (X2,Y2)
PK	XT YT	Переміщення курсора в точку (XT,YT)
VK	XT YT	Переміщення курсора в точку (XT,YT) відносно точки (ппп)
T1		Встановити СУЦІЛЬНУ ТОВСТУ лінію (колір-синій)
T2		Встановити СУЦІЛЬНУ ТОНКУ лінію
T3		Встановити ШТРИХОВУ лінію
T4		Встановити ШТРИХПУНКТИРНУ лінію
C1		Встановити ЧЕРВОНИЙ колір
C2		Встановити ЖОВТИЙ колір
C3		Встановити ЗЕЛЕНИЙ колір
C4		Встановити ГОЛУБИЙ колір
C5		Встановити СИНІЙ колір
C6		Встановити ФІОЛЕТОВИЙ колір
C7		Встановити БІЛИЙ колір
C8		Встановити ЧОРНИЙ колір
C9		Встановити ЧОРНИЙ колір для блоку
TL	X Y K	Текст зліва від точки (X,Y) та під кутом K до горизонталі
TR	X Y K	Текст справа від точки (X,Y) та під кутом K до горизонталі
TC	X Y K	Текст посередині відносно точки (X,Y) та під кутом K до горизонталі
TF	X1 Y1 X2 Y2	Текст між точками (X1,Y1) та (X2,Y2)
PSK	X Y K	Поточна система координат в точці (X,Y) та нахилом осей під кутом K
M	X1 Y1 X2 Y2 XT YT K	Поточний масштаб вікна (X1 Y1 X2 Y2) з центром в (XT, YT) та коефіцієнтом K
ST	ARIAL 12 1 75	Зміна стилю фона, висоти шрифту та кута нахилу букв
B	AAA 0 0 1 1 0	Вставляє блок AAA в точку (O,O) масштаби MX=1 MY=1 під кутом O градусів
SH	F1 45	Виконує штрихову вказаної області F1 під кутом 45 градусів

Рисунок 3 - Синтаксис мови опису цифрової моделі об'єкта проектування

На рис. 3 представлені синтаксичні елементи мови описання ЦМО, структура вхідних параметрів та короткий опис функцій формування ЦМО.

Етапи автоматизованого проектування будових інструментів передбачають виконання цілого ряду автоматичних та інтерактивних процедур, які крок за кроком формують або модифікують цифрові моделі елементів конструкції. Графічне відображення цифрових моделей об'єктів на кожному етапі здійснюється в автоматичному режимі засобами системи КОМПАС та розробленої нами *програми-інтерпретатора цифрової моделі VISUAL*. Програма *VISUAL* автоматично відображає в середовищі графічного редактора КОМПАС-

ГРАФІК цифрову модель об'єкта, створену чи модифіковану будь-якими програмними засобами.

Оскільки процес конструювання долота багатоітераційний, така технологія формування та зберігання цифрових моделей шарошок забезпечує інформаційну базу для наступного порівняльного аналізу різноваріантних конструктивних пропозицій, можливість варіантної оптимізації конструктивних рішень шляхом проектних досліджень цифрових моделей, можливість повернення на декілька кроків назад при отриманні незадовільного результату або виявленні помилок попередніх етапів. Структура ЦМО повністю відкрита для користувачів і описується та ілюструється на рис. 1 та 4.



Блок	Значення рядка в текстовому файлі ЦМО	Приклад ЦМО "Кільце розрізне"
Заголовок ЦМО – 7 рядків	Код приналежності файла до Цифрових Моделей Об'єктів	04032804
	Назва об'єкта або конструктивної схеми	Кільце розрізне
	Позначення об'єкта проектування	8K-215,3МС 006
	Дата запису або останньої модифікації ЦМО	21.06.2002
	Час запису	09:45:32
	<i>Розробник</i>	Марцінковська І.П
	Рядок для коментарів у заголовку (або порожній рядок)	*****
Тіло ЦМО -- довільна кількість рядків	Перенос Системи Координат в точку (250; 380)	PSK 250 380 0
	Встановити тип лінії СУЦІЛЬНА ТОВСТА	T1
	Дуга, задана початковою точкою, центром і кінцевою точкою	D -1.5 92 0 0 -1,5 -92
	Дуга, задана початковою точкою, центром і кінцевою точкою	D 1.5 -92 0 0 -1,5 92
	Дуга, задана початковою точкою, центром і кінцевою точкою	D -10 109 0 0 -10 -109
	Дуга, задана початковою точкою, центром і кінцевою точкою	D 10 -109 0 0 -10 109
	Відрізок, заданий координатами його початку і кінця	L -1,5 92 -10 109
	Відрізок заданий координатами його початку і кінця	L 1,5 92 10 109
	Відрізок, заданий координатами його початку і кінця	L -1,5 -92 -10 -109
	Відрізок, заданий координатами його початку і кінця	L 1,5 -92 10 -109
	Встановити тип лінії ШТРИХПУНКТИРНА	T4
	Відрізок, заданий координатами його початку і кінця	L 0 125 0 -125
	Відрізок, заданий координатами його початку і кінця	L -125 0 125 0
	Перенос Системи Координат в точку (190;0)	PSK 190 0 0
	Встановити тип лінії СУЦІЛЬНА ТОВСТА	T1
	Відрізок, заданий координатами його початку і кінця	L 0 109,5 0 -109,5
	Відрізок, заданий координатами кінця (з поточної точки)	PL 40 -109,5
	Відрізок, заданий координатами кінця (з поточної точки)	PL 40 109,5
	Відрізок заданий координатами кінця (з поточної точки)	PL 0 190,5
	Відрізок, заданий координатами його початку і кінця	L 0 94 40 94
	Відрізок, заданий координатами його початку і кінця	L 0 92 40 92
	Відрізок, заданий координатами його початку і кінця	L 0 -92 40 -92
	Відрізок, заданий координатами його початку і кінця	L 0 -94 40 -94
	Встановити тип лінії ШТРИХПУНКТИРНА	T4
	Відрізок, заданий координатами його початку і кінця	L -10 0 50 0
Перенос Системи Координат в точку (-250;-380)	PSK -250 -380 0	



## Література

- 1 Драганчук О.Т. Науково-методологічні основи конструювання озброєння шарошкових доліт: Дис. ... докт. техн. наук. – Ів.-Фр., 1996. – 456 с.  
2 Мокшин А.С., Владиславлев Ю.Е., Комм Э.Л. Шарошечные долота. – М: Недра, 1971. – 216 с.

- 3 Палий П.А., Корнеев К.Е. Буровые долота: Справочник. – М.: Недра, 1971. – 445 с.  
4 Петрина Ю.Д. Розробка науково-прикладних основ підвищення довговічності бурових доліт шляхом раціонального використання матеріалів: Дис. ... докт. техн. наук. – Ів.-Фр., 1999. – 325 с.  
5 Юрковский П.В. Геометрическое конструирование шарошек буровых долот с использованием интерактивной машинной графики: Дис. ... канд. техн. наук. – Киев, 1982. – 200 с.

УДК 622.276

## НАВАНТАЖЕНІСТЬ КОЛОНИ ШТАНГ З ДВОМА ПЛУНЖЕРНИМИ НАСОСАМИ

Б.Д.Малько,

ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

О.В.Прозур, П.В.Пушкар

Прилуцьке НГВУ, Надвірнянське НГВУ, ВАТ „Укрнафта”

*Определены особенности погружения колонны штанг глубинной насосной установки с двумя плунжерными насосами. Установлено, что в такой системе нагрузка на нижнюю часть штанг на 25% меньше, чем в схеме с одним плунжерным насосом.*

Сучасні схеми штангових глибинних насосних установок (ШГНУ), які використовуються для видобування нафти, мають традиційно одну структуру, зображену на рис. 1 [1]. Сюди входить верстат-гойдалка 1, колона штанг 2, на яких підвішений плунжер 3 занурювального насоса 4.

*Стан питання.* Схеми можуть відрізнитись конструкцією механізму верстата-гойдалки або заглибного насоса. Такі схеми використовуються в різних за глибиною свердловинах – від кількох сотень до 3000 м і більше, за нахилом осі – від вертикальних до похило направлених. При цьому навантаження на штанги в міру збільшення глибини свердловини й викривлення її осі суттєво зростає і в кінцевому результаті призводить до обмеження використання ШГНУ. В глибоких свердловинах крім того, що зростає навантаження на штанги від власної ваги, має місце збільшення деформації колони штанг і відповідно втрата ходу плунжера занурювального насосу.

*Мета роботи.* Метою проведених досліджень є вивчення умов роботи колони штанг з двома плунжерними насосами.

Реалізація поставленої мети здійснюється коректуванням схеми ШГНУ. Для цього вводиться додатковий плунжерний насос 2, розташований вище основного насоса 1 (рис. 2). Подібні схеми використовуються для компенсації устьового тиску в свердловинах [2]. Результати досліджень, викладені в цій роботі, засвідчують, що наявність верхнього плунжера дає змогу суттєво зменшити навантаження на колону

*Habits of a loading of a column of rods of the deep-seated pumping units with two ram-type pumps are defined. It is established that in such system of loading on the lower part of rods on 25 % it is less than in the circuit with one ram-type pump.*

штанг. Крім того, за певних умов в свердловині з'являється фонтанний ефект, викликаний дією верхнього плунжера. На даний час відсутні фундаментальні дослідження роботи подвійних плунжерних насосів як компенсаторів устьового тиску, так і для видобування нафти із свердловин. В даній статті розглядається робота двох плунжерних насосів, які використовуються для підймання нафти з свердловини (рис. 2).

Нижній насос 1 розташований під динамічним рівнем, а верхній насос 2 піднятий на висоту  $l_1$  над нижнім. Довжина штанг, на яких підвішений до головки балансира верхній насос, дорівнює  $l_2$ . Діаметри  $d_2$  плунжера верхнього насоса і  $d_1$  плунжера нижнього насоса можуть бути рівними, тобто  $d_1=d_2$ , або різними, тобто  $d_1>d_2$  або  $d_1<d_2$ . В кожному з цих випадків будуть різні умови роботи штанг.

Розглянемо загальний випадок роботи системи. При русі колони штанг вгору клапани 3, 4 закриті, а всмоктувальний клапан 5 відкритий. Верхня частина колони штанг  $l_2$  сприймає навантаження

$$F_2 = G_{u1} + G_{u2} + G_{p1} + G_{p2} + F_{d12} + F_m \quad (1)$$

Тут:  $G_{u1}$ ,  $G_{u2}$  – вага нижньої і верхньої частин колони штанг;  $G_{p1}$ ,  $G_{p2}$  – вага рідини в порожнинах I і II;  $F_{d12}$  – динамічне зусилля, яке має місце при нерівномірному русі всієї колони штанг;  $F_m$  – сила опору рухові всієї колони штанг.

