

Целью работы являлось исследование изменений в поверхностном слое неметаллических материалов в процессе их механической обработки и разработка метода контроля качества обработанных поверхностей по эллипсометрическим параметрам отраженного от них света и оптическим постоянным обрабатываемого материала.

### **Методика эксперимента**

Для проведения исследований были использованы образцы из природного камня (гранита, базальта) и прозрачных НМ (оптического стекла и природного кварца) диаметром 60 мм. Перед полированием образцы обрабатывались на операциях тонкого и супертонкого шлифования инструментами из алмазных шлиф- и микропорошков зернистостью 80/63, 40/28, 20/14, 10/7, 7/5. Для полирования использовались полировальные инструменты на основе полировальных порошков  $\text{CeO}_2$ . Обработка образцов осуществлялась на оптическом шлифовально-полировальном станке модели ЗШП-320М при следующих режимных параметрах: частота вращения детали - 200 об/мин, длина штриха - 0,008 м, несимметрия штриха - 0,005 м, смещение штриха - 0,003 м, частота колебаний поводка - 88 дв. ход/мин. В качестве смазочно-охлаждающей технологической среды (СОТС) применялась вода [4].

Эллипсометрические параметры - разность фаз колебаний взаимно перпендикулярных компонент электрического вектора  $\Delta$  и соотношение амплитуд этих компонент  $\Psi$  поляризованного света при отражении от полированных поверхностей определялись при помощи эллипсометра мод. «ЛЭФ-3М» при постоянном значении угла падения лазерного луча (длина волны  $\lambda = 632,8$  нм) на поверхность образца  $\varphi = 70^\circ$  [3 - 4].

Эллипсометрические *in situ* исследования поверхностного слоя прозрачных НМ в процессе их финишной обработки осуществлялись при помощи шлифовально-полировального устройства, встроенного в эллипсометр [4]. Поверхность образца из прозрачного НМ, на которую падал поляризованный луч, была предварительно отполирована с помощью полировального инструмента «Аквапол» по традиционной технологии (параметр шероховатости  $R_z = 0,05$  мкм) [5]. Противоположная сторона образца (отполированная точно таким же образом) обрабатывалась методом притира с помощью полировального инструмента на основе  $\text{CeO}_2$ . Непрерывное во времени наблюдение за оптическими характеристиками этой поверхности позволяет исследовать кинетику формирования ее поверхностного слоя. Для контроля характеристик поверхностного слоя в зоне, которая подвергается механической обработке, анализировались эллипсометрические параметры  $\Delta$  и  $\Psi$  лучей 1 (отраженного от первой поверхности) и 2, который прошел через толщу образца и возвратился в исходную среду [4].

### **Эллипсометрический контроль поверхностей деталей из неметаллических материалов**

Шероховатость обработанных поверхностей деталей из НМ можно контролировать при помощи метода эллипсометрии по эллипсометрическим параметрам - разности фаз колебаний взаимно перпендикулярных компонент электри-

ческого вектора  $\Delta$  и соотношению амплитуд этих компонент  $\Psi$  поляризованного света. Для образцов из гранита (Токовского и Янцевского месторождений Украины) получены зависимости эллипсометрических параметров  $\Delta$  и  $\psi$  от параметров шероховатости поверхности  $Ra$ ,  $Rz$ ,  $Rmax$  [3]. На рис. 1 приведены зависимости параметра  $\Psi$ , а на рис. 2 – параметра  $\Delta$  от параметра шероховатости обработанных поверхностей  $Rz$ .

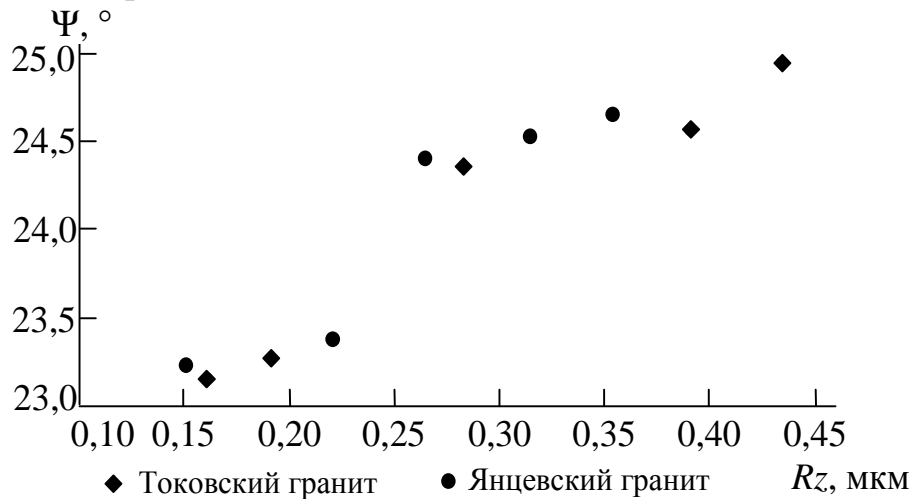


Рисунок 1 – Зависимость параметра  $\Psi$  от параметра шероховатости  $Rz$

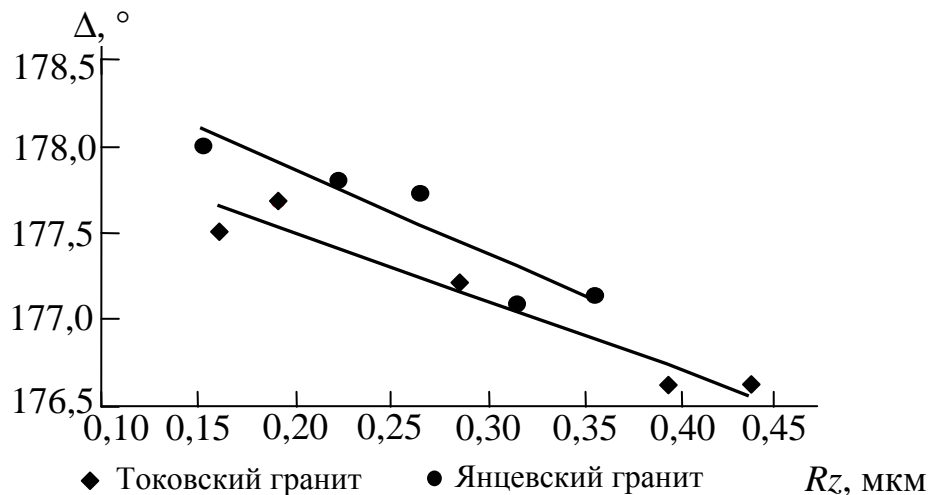


Рисунок 2 – Зависимость параметра  $\Delta$  от параметра шероховатости  $Rz$

Полученные экспериментально зависимости эллипсометрического параметра  $\Delta$  от шероховатости поверхностей образцов на различных стадиях финишной обработки показывают, что при увеличении шероховатости поверхности  $\Delta$  линейно уменьшается. Эти зависимости для исследованных НМ являются практически параллельными прямыми, из чего следует, что эллипсометрический параметр  $\Delta$  чувствителен к цвету исследуемого образца: при любых значениях параметра шероховатости  $Rz$  параметр  $\Delta$ , характерный для гранита Янцевского месторождения (серого цвета), превышает соответствующее значение  $\Delta$ , характерное для гранита Токовского месторождения (красно-коричневого цвета).

Значения эллипсометрического параметра  $\Psi$  увеличиваются с увеличением шероховатости поверхности и при одинаковых значениях  $R_z$  для образцов разного цвета практически совпадают. Кроме того, из рис. 1 следует, что зависимость  $\Psi = f(R_z)$  имеет разрыв при  $R_z \approx \lambda/2$ .

В результате изучения кинетики процесса формирования поверхностного слоя при полировании оптического стекла и природного кварца установлены зависимости эллипсометрических параметров  $\Delta_2$  и  $\psi_2$  луча, который дважды прошел через толщу образца, отразившись от обрабатываемой поверхности, от времени обработки (рис. 3 - 4). Зависимости оптических постоянных: показателей поглощения и преломления  $k$ ,  $n$  и коэффициента отражения  $R$  от времени обработки образцов из стекла и кварца приведены на рис. 5 - 7. Периодическое изменение оптических постоянных в процессе полирования образцов из стекла марки К8 [4], обнаружено и для исследованных материалов.

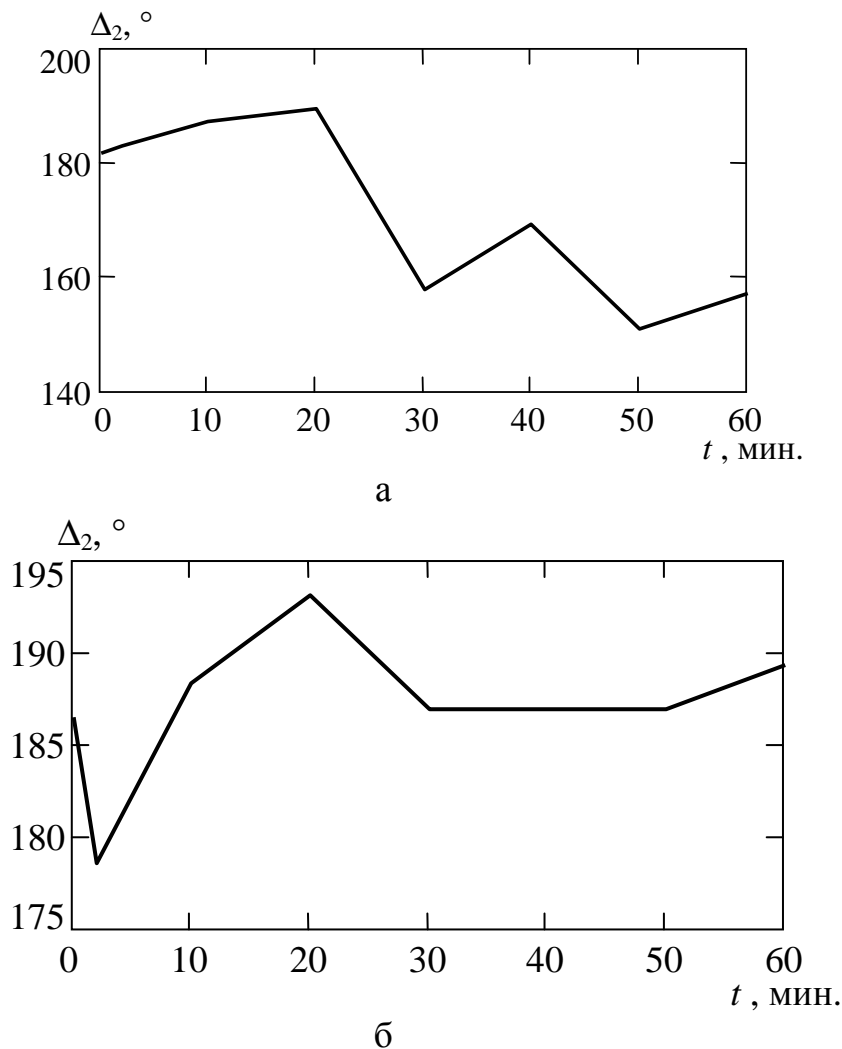
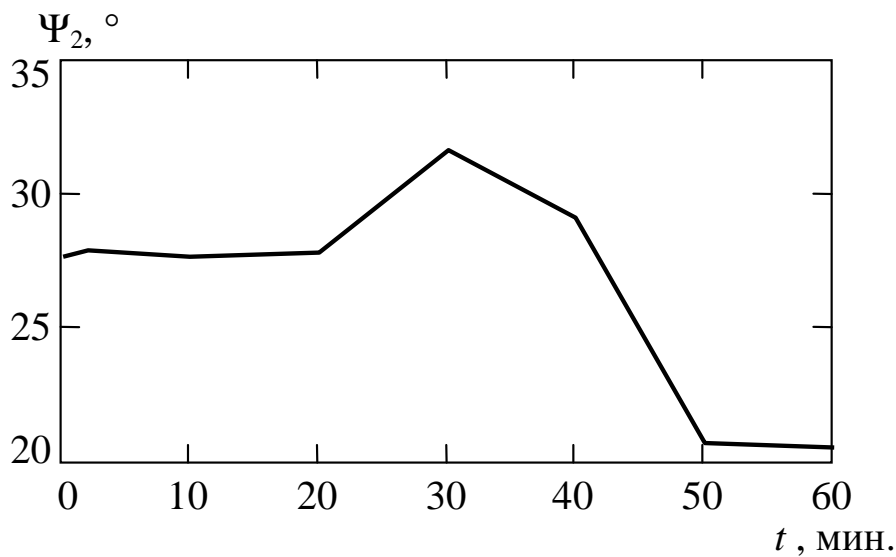


Рисунок 3 – Зависимость  $\Delta_2$  от времени обработки стекла (а) и кварца (б)

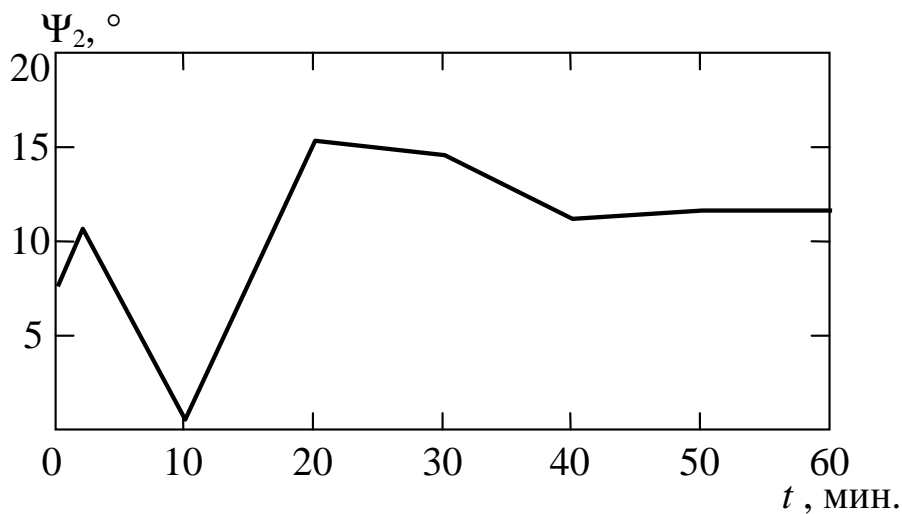
Образование поверхностного слоя толщиной 45 - 130 нм на поверхности стекла марки К8 сопровождается изменениями показателя преломления в очень узком диапазоне (отличия  $n$  - в третьем знаке после запятой) [6], поэтому изме-

нения оптических постоянных, которые наблюдаются в рассматриваемом случае (рис. 5 – 7) могут быть объяснены лишь на основе анализа характеристик контакта обрабатываемой поверхности с поверхностью рабочего слоя инструмента. Причиной изменения эллипсометрических параметров и оптических постоянных обрабатываемых диэлектрических материалов в процессе полирования является образование налета на поверхности рабочего слоя инструмента [4, 7] и обрабатываемой детали.

Состояние поверхности рабочего слоя инструмента исследовалось после окончания процесса полирования образца из стекла марки К8 при помощи сканирующего микроскопа-анализатора «CamScan – 4DV» (рис. 8). В результате ее исследования показано, что в процессе обработки образовывается налет размерами до 1 мм, химический состав которого указывает на образование конгломератов частиц износа обрабатываемого материала и инструмента (распределение оксидов -  $\text{SiO}_2$  – 52,13 %,  $\text{CeO}_2$  – 39,8 %,  $\text{MgO}$  – 1,98 %,  $\text{CaO}$  – 5,34,  $\text{K}_2\text{O}$  – 0,19 %).

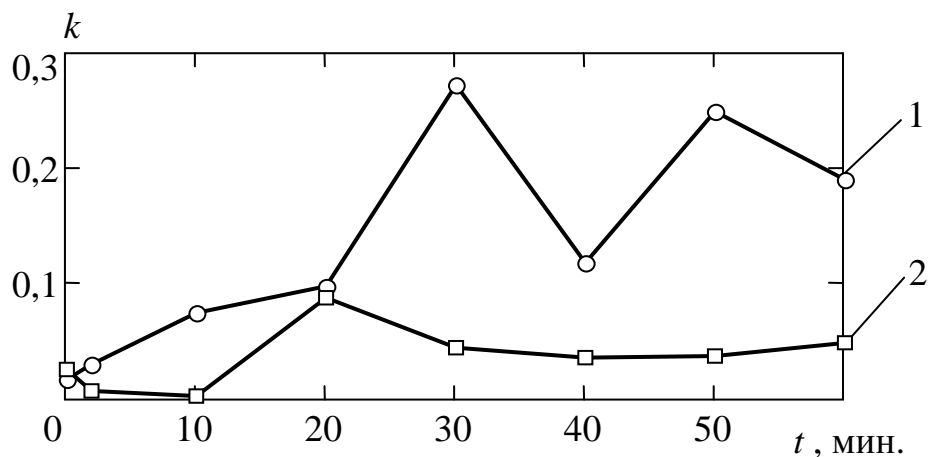


а



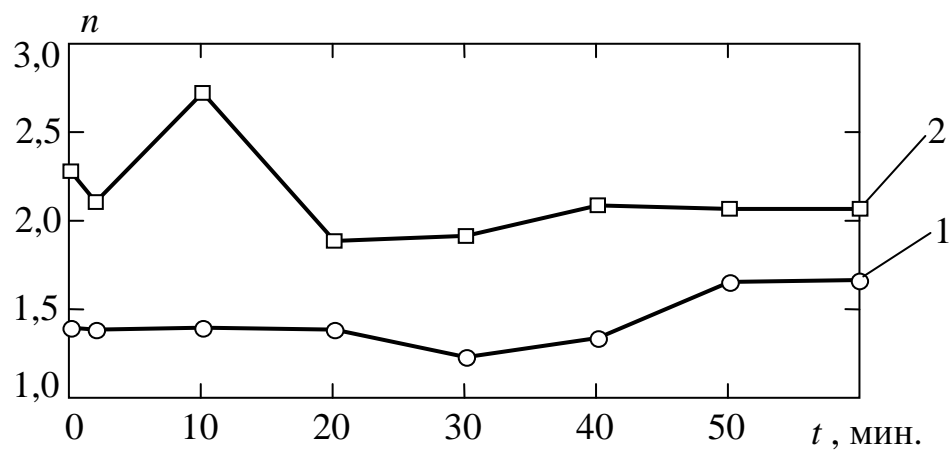
б

Рисунок 4 – Зависимость  $\Psi_2$  от времени обработки стекла (а) и кварца (б)



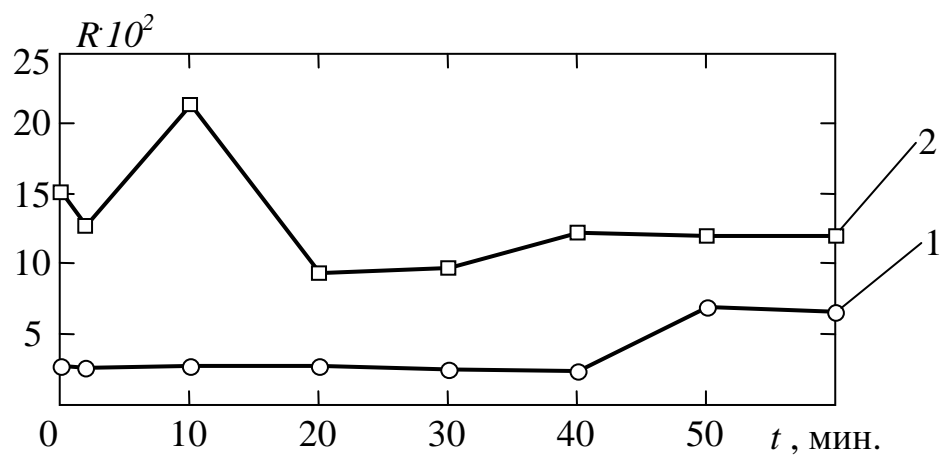
1 – стекло, 2 – кварц

Рисунок 5 – Зависимость показателя поглощения  $k$  от времени обработки:



1 – стекло, 2 – кварц

Рисунок 6 – Зависимость показателя преломления от времени обработки:



1 – стекло, 2 – кварц

Рисунок 7 – Зависимость коэффициента отражения от времени обработки:

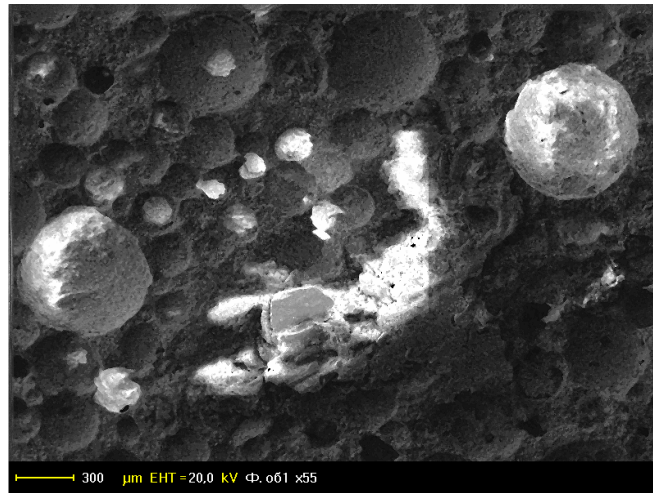


Рисунок 8 – Налет на поверхности рабочего слоя инструмента

В состав налета входит не чистый кремнезем, как в реальном процессе полирования [7], а стекло, о чем свидетельствует наличие в нем оксидов калия, кальция, магния и др., которые входят в состав стекла марки К8 [4].

Состояние обработанной поверхности образца из стекла марки К8 исследовалось при помощи метода атомной силовой микроскопии после окончания процесса полирования. Изображение микропрофиля участка обработанной поверхности (дорожки шириной 2,8 мкм в радиальном направлении), приведенное на рис. 9 а, показывает, что ее образующая – нелинейна и характеризуется наличием отдельных выступов и впадин, разность ординат которых составляет величину от 230 до 240 нм (на длине 44,3 мкм). Исследование микрорельефа обработанной поверхности позволяет обнаружить на ней отдельные выступы (рис. 9 б), высота которых (до 0,23 мкм) значительно больше параметров шероховатости.

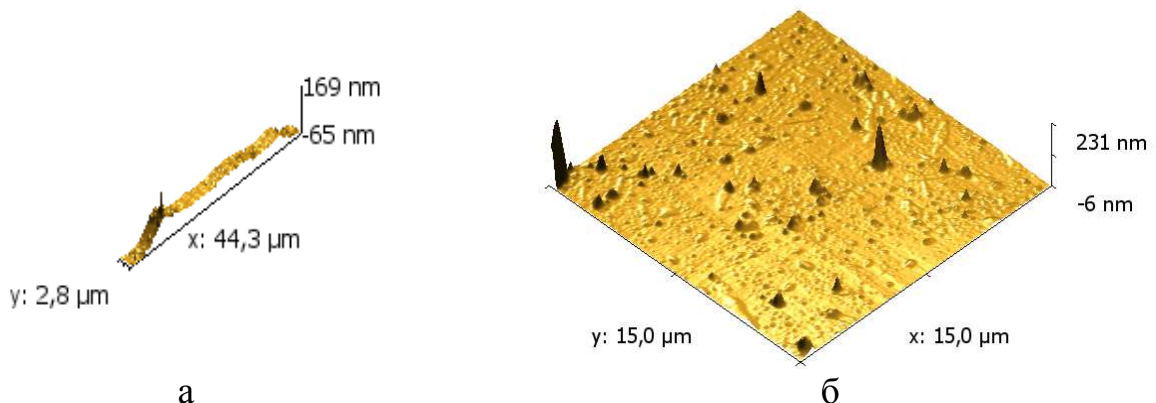


Рисунок 9 – Микрорельеф обработанной поверхности стекла

Эти выступы представляют собой фрагменты налета продуктов износа на обработанной поверхности. Их размеры зависят от концентрации частиц износа в контактной зоне инструмента и обрабатываемой детали, то есть от интенсивности съема обрабатываемого материала и интенсивности износа инструмента.

Из приведенных данных следует, что образующиеся в зоне контакта инструмента и обрабатываемой детали продукты износа (частицы износа обрабатываемого материала и инструмента), перемещаясь в направлении нормали к взаимодействующим поверхностям, локализуются на них в виде отдельных, дискретно расположенных фрагментов налета.

Следует также отметить, что образование на обрабатываемой поверхности продуктов износа рабочего слоя полировального инструмента сходно с явлением повторной полимеризации кремнезема на обрабатываемой поверхности стекла [8] и образования полимеризованного налета кремнезема на поверхности инструмента за счет хемосорбции [7]. Отличие этих явлений состоит в месте локализации налета (поверхность инструмента или обрабатываемой детали), его природе и химическом составе.

### **Выводы**

На основе результатов экспериментальных исследований зависимостей эллипсометрических параметров  $\Delta$  и  $\psi$  от шероховатости поверхностей образцов на различных стадиях их финишной обработки показана возможность использования метода эллипсометрии для контроля качества обработанных поверхностей деталей из НМ. Установлено, что при увеличении шероховатости поверхности параметр  $\Delta$  линейно уменьшается и зависит от колориметрических характеристик обрабатываемого материала, а возрастающая зависимость  $\Psi = f(Rz)$  имеет разрыв при  $Rz \approx \lambda / 2$ .

В результате исследования оптических постоянных обрабатываемого материала в процессе полирования и состояния поверхностей рабочего слоя инструмента и обрабатываемой детали установлено, что периодические их изменения связаны с процессом образования налета. При помощи методов рентгеновской и атомно-силовой микроскопии показано, что частицы износа обрабатываемого материала и инструмента, образующиеся в зоне их контакта в процессе полирования, локализуются на них в виде отдельных фрагментов налета. Дальнейшее изучение механизма образования наночастиц износа инструмента и обрабатываемого материала в зоне обработки возможно лишь на основе полученных результатов.

### **Литература**

1. Финишная обработка и контроль поверхности деталей из алюмосиликатных материалов // Филатов Ю.Д., Сидорко В.И., Горбачев Г.Ф., Ящук В.П., Крамар В.Г., Скрыбин В.В. Сверхтвердые материалы. - Киев. - 2001. - №5. - С. 70–75.
2. Filatov A.Y., Poperenko L.V., Sidorko V.I. Ellipsometrical in situ research of surface layer of the nonmetal materials during their finish processing // Fifth International Young Scientists Conference “Problems of Optics and High Technology Material Science” SPO 2004, October 28 – 31, 2004, Kyiv, Ukraine. – p. 77.
3. Дослідження якості поверхонь деталей з неметалевих матеріалів оптичними методами / Сідорко В.І., Філатов О.Ю., Поперенко Л.В., Ящук В.П., Скрыбін В.В., Філатов Ю.Д. // Наук. праці наук.-практ. конф., присвяч. 100-річчю з дня народження засновника кафедри оптики проф. Шишловського О.А., 30 березня-1 квітня 2005, К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2005. – С. 152 – 164.
4. Исследование состояния поверхностей обрабатываемой детали и инструмента в процессе полирования / В.И. Сидорко, Ю.Д. Филатов, А.Ю. Филатов, Л.В. Поперенко // Сверхтвердые материалы. – 2005.– № 3. – С. 63 – 72.

5. New technology of precision polishing of glass optic / Rogov V.V., Filatov Y.D., Kottler W., Sobol V.P. // Optical Engineering. – V. 40, august 2001.- p. 1641-1645.
6. Склеенкова Ж.В. Оценка качества обработки поверхности стекла эллипсометрическим методом // Эллипсометрия в науке и технике. – Вып. 2. – Новосибирск, 1990. – С. 117 – 121.
7. Филатов Ю.Д., Рогов В.В. Особенности процесса полирования стекла инструментом со связанным полировальным порошком // Оптика и спектроскопия.- 1993.- Т. 74, вып. 6.- С. 1229 - 1235.
8. Brown N.J. Some speculations on the mechanisms of abrasive grinding and polishing // Precis. Eng. - 1987. - V. 9. - p. 129 - 138.

Сідорко В.І., Філатов О.Ю., Філатов Ю.Д., Поперенко Л.В. <b>Еліпсометричний контроль поверхонь деталей з неметалевих матеріалів</b> Показано, що у процесі обробки оптичні постійні оброблюваного матеріалу, стану його поверхні й робочого шару інструмента періодично змінюються	Sidorko V.I., Filatov A.Y., Filatov Y.D., Popperenko L.V. <b>Ellipsometric monitoring of su faces of the nonmetallic materials</b> It is shown, that the optical constants of the processed material, condition of its surface and condition of working layer of the tool it is variable periodically at the manufacturing process
---	---

*Надійшла до редакції  
20 липня 2006 року*

УДК 528.022

## ВИЗНАЧЕННЯ СТУПІНЮ ДОСТОВІРНОСТІ ДАНИХ В ІНКЛІНОМЕТРИЧНИХ ПРИСТРОЯХ

*Макарчук В.Ф., ТОВ “Спецсервіс”, м. Київ, Україна*

*Розробка методів оцінки достовірності даних в інклінометричних пристроях побудованих на датчиках кутової швидкості, магнітометрах та акселерометрах*

### **Вступ. Постановка задачі**

Для проведення ефективних геолого-розвідувальних бурових робіт, а також при оцінці стану обсаджених і необсаджених свердловин, які б відповідали сучасним вимогам і міжнародним стандартам неможливо обійтись без інклінометричних пристроїв, які б забезпечували швидке та якісне вимірювання просторових координат в будь-якій точці свердловини.

Задача визначення інклінометричних параметрів свердловини, зокрема азимуту орієнтованого напрямку та кута відхилення від вертикалі, успішно вирішується за допомогою інклінометрів, побудованих на основі безплатформених інерційних навігаційних систем (БІНС). Так з допомогою БІНС, побудованої на основі акселерометрів і датчиків кутової швидкості (ДКШ) чи магнітометрів, можливо визначити азимут та кут відхилення від вертикалі (горизонту) однієї з осей БІНС, застосовуючи відповідний алгоритм [1, 2, 3]. Існуючі алгоритми передбачають застосування абсолютно достовірних даних з ДКШ, акселерометрів та магнітометрів. Крім того, для систем, побудованих за структурою БІНС, технічні характеристики датчиків повинні відповідати вимогам прецизійності.

Існують різні варіанти побудови БІНС для інклінометрів [2, 3], які, враховую-



чи неможливість встановлення одного або декількох первинних датчиків для визначення інклінометричних параметрів, використовують алгоритмічне обчислення відсутньої інформації, за допомогою загальновідомих фізичних констант Землі.

Сучасна інтенсивна розробка та створення високоточних малогабаритних навігаційних пристроїв дозволила виготовити інклінометр, побудований на основі БНС, який включає в себе три ДКШ (чи три магнітометри) і три акселерометри. Такий інклінометр має змогу вирішувати повну задачу орієнтації в точковому режимі роботи, при неперервній роботі, а також їх швидке суміщення.

Відомі алгоритми не гарантують достовірності інклінометричних параметрів.

Важливою характеристикою інклінометра є можливість проведення оцінки достовірності вимірюваної інформації (відповідності її реальній). При цьому поряд з інструментальними похибками, обумовленими не ортогональністю і не колінеарністю відповідних осей, існують похибки невідповідності умов експлуатації (механічні та кліматичні збурення та інші). Оцінка достовірності даних інтегрально містить у себе не тільки чіткість побудови БНС (досягнення необхідної ортогональності й колінеарності відповідних осей чутливості датчиків, які на сьогодні вирішені), але й похибки, котрі принадні датчикам, при безпосередньому вимірюванні.

Необхідна розробка таких методів оцінки достовірності даних, що дозволила б визначити точність роботи інклінометру в цілому, а також отримати додаткову інформацію, яка дозволить оператору прийняти рішення про подальше дослідження свердловини.

### **Структурна побудова інклінометра**

Структурно побудову БНС можна розділити на наступні блоки:

- блок ДКШ (чи блок магнітометрів);
- блок акселерометрів;
- обчислювач.

За умови, що інклінометр знаходиться на нерухомій відносно Землі основі, вимірювані фізичні характеристики Землі вважаємо незмінними, а дією інших збурюючих факторів можна нехтувати, тому первинні датчики БНС будуть вимірювати проекції вектора швидкості обертання Землі  $\vec{\omega}_{\text{Землі}}$ , прискорення сили тяжіння  $\vec{g}$  і магнітного поля Землі  $\vec{M}_{\text{Землі}}$ , на відповідні осі чутливості ДКШ, акселерометрів та магнітометрів.

Відомо, що будь-який вектор однозначно розкладається на три ортогональні складові [4]. Відповідно до цього блок ДКШ вимірює три незалежні проекції вектора швидкості обертання Землі, тому що осі чутливості ДКШ взаємно ортогональні. Так само і блок акселерометрів, і блок магнітометрів вимірюють три незалежні проекції вектора прискорення сили тяжіння і напруженості магнітного поля Землі відповідно. Маючи три відповідні незалежні складові є змога знайти величини модулів векторів швидкості обертання Землі, прискорення сили тяжіння та магнітного поля Землі.

Можливі наступні методи оцінки достовірності виміряних даних.

### Оцінка за модулем вектора вимірної величини

За значенням сигналів з датчиків отримуємо модуль вектора вимірної величини:

$$C_{\text{Землі}}^B = \sqrt{c_x^2 + c_y^2 + c_z^2},$$

де  $C_{\text{Землі}}^B$  - модуль вимірної величини;  $c_x$ ,  $c_y$ ,  $c_z$  - проекції вектора вимірної величини, на три ортогональні осі X, Y, Z.

Як модуль вимірної величини  $C_{\text{Землі}}^B$  може прийматись модуль вектора швидкості обертання Землі  $\omega_{\text{Землі}}^B$ , напруженості магнітного поля Землі  $M_{\text{Землі}}^B$  чи прискорення сили тяжіння Землі  $g_{\text{Землі}}^B$  (приведеного прискорення сили тяжіння Землі  $K_{\text{Землі}}^{\text{ВП}}$ ), при розрахунках яких використовуються відповідні проекції вектора вимірної величини  $c_x$ ,  $c_y$ ,  $c_z$ , а саме  $\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$  - проекції вектора швидкості обертання Землі,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$  - проекції вектора магнітного поля Землі,  $g_x$ ,  $g_y$ ,  $g_z$  - проекції вектора прискорення сили тяжіння Землі ( $\sin \alpha$ ,  $\sin \beta$ ,  $\sin \gamma$  - синуси кутів відхилення осей БІНС  $OX$ ,  $OY$ ,  $OZ$  від горизонту відповідно).

Критерієм оцінки достовірності даних з датчиків є величина відносної похибки вимірюваної величини:

$$\left| \frac{C_{\text{Землі}}^B - C}{C} \right| \leq n_c,$$

де,  $C$  - модуль вимірюваної величини;  $n_c$  - прийняте значення допустимої відносної похибки модуля вимірюваної величини.

Відповідно за модуль вимірюваної величини  $C$  приймаються модуль швидкості обертання Землі  $\bar{\omega}_{\text{Землі}}$ , модуль магнітного поля Землі  $\bar{M}_{\text{Землі}}$  та модуль прискорення сили тяжіння Землі  $\bar{g}$  (приведений модуль прискорення сили тяжіння Землі 1). Величина прийнятого значення допустимої відносної похибки модуля вимірюваної величини  $n_c$  обирається з умов необхідної похибки при визначенні інклінометричних параметрів свердловини і може варіюватись.

До переваг наведених вище методів оцінки достовірності даних належить:

- при розрахунках використовуються показники з трьох датчиків, (чи ДКШ, чи акселерометрів, чи магнетометрів);
- порівняння ведеться з апріорі відомими стабільними у просторі й в часі фізичними величинами;
- є можливість обирати величину допустимої відносної похибки, виходячи з необхідної точності вимірювання фізичних величин.

До недоліків можна віднести:

- не враховується неортогональність між осями чутливості трьох ДКШ (чи трьох акселерометрів, чи трьох магнетометрів);

– незалежно визначають модуль швидкості обертання Землі і модуль прискорення сили тяжіння Землі, відповідно не враховується взаємне геометричне положення відповідних осей ДКШ, акселерометрів і магнетометрів;

– не враховується випадок, коли датчики компенсують свої похибки таким чином, що можливо отримати вимірний модуль, який задовольняє вищенаведеним оцінкам.

Нижче наведений метод оцінки достовірності вимірних даних враховує:

– показники усіх датчиків включених до складу БНС, трьох ДКШ і трьох акселерометрів;

– взаємне геометричне положення відповідних осей ДКШ і акселерометрів;

– додаткову величину оцінки даних – широту місця вимірювання.

### **Оцінка за широтою місця**

За значенням вимірних сигналів з ДКШ і акселерометрів отримуємо широту місця вимірювання:

$$\varphi^B = \arctg\left(\frac{\omega_e}{\omega_\Gamma}\right) = \arctg\left(\frac{\omega_x \sin \alpha + \omega_y \sin \beta + \omega_z \sin \gamma}{\sqrt{B_{1X(Y,Z)}^2 + B_{2X(Y,Z)}^2}}\right),$$

де  $\varphi^B$  - вимірjana широта місця;

$\omega_e = \omega_x \sin \alpha + \omega_y \sin \beta + \omega_z \sin \gamma = \omega \sin \varphi$  - вертикальна складова кутової швидкості обертання Землі;

$\omega_\Gamma = \sqrt{B_{1X(Y,Z)}^2 + B_{2X(Y,Z)}^2}$  - модуль горизонтальної складової кутової швидкості обертання Землі;

$B_{1X(Y,Z)}$  - проекція кутової швидкості обертання Землі на додатній напрямок сліду вимірювальної осі на площині горизонту;

$B_{2X(Y,Z)}$  - проекція кутової швидкості обертання Землі на відмінний на  $90^\circ$  при русі проти часової стрілки (якщо дивитись з кінця додатного напрямку вертикалі місця) напрямок від додатного сліду вимірювальної осі на площині горизонту.

Критерієм оцінки достовірності вимірних даних є величина абсолютної похибки вимірjаної широти місця.

$$|\varphi^B - \varphi| \leq \Delta\varphi_{\text{дон}},$$

де  $\varphi$  - широта місця (визначається іншими методами);

$\Delta\varphi_{\text{дон}}$  - допустиме значення похибки визначення широти місця роботи приладу.

### **Висновки**

Запропоновані методи оцінки достовірності вимірних даних, при проведенні інклінометричних досліджень, дозволяють вирішувати наступні задачі:

– оцінка достовірності даних в точковому режимі роботи приладу;

– визначення нерухомості приладу відносно свердловини при неперервній роботі;

- при русі приладу здійснюється контроль величини кутової швидкості;
- наближення приладу до природних магнітних аномалій.

Такі методи дозволяють оператору відразу прийняти рішення про подальше дослідження свердловини.

Перспективним напрямком подальшого розвитку методів оцінки достовірності виміряних даних є визначення того датчика, який дає хибні значення, і застосування відповідних алгоритмів обробки даних, а також розробка методів по визначенню впливу різних збурюючих факторів на допустимі значення похибок.

### **Література**

1. Суминов В.М., Галкин Д.В. “Математическая модель гироскопического инклинометра”, Изв. ВУЗов, Приборостроение, 1999 г., т.42, №3-4.
2. Ковшов Г.Н., Алимбеков Р.И., Жибер А.В. Инклинометры. (Основы теории и проектирования) – Уфа: Гилем, 1998. – 380 с.
3. Исаченко В.Х. Инклинометрия скважин. – М.: Недра, 1987. – 216 с.
4. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВУЗов. – 13-е изд., исправленное. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 544 с.

<p>Макарчук В.Ф. <b>Определение степени достоверности данных в инклинометрических приборах</b> Разработка методов оценки достоверности данных в инклинометрических приборах построенных на основе датчиков угловой скорости, магнитометрах и акселерометрах. Оценка проводится по величине модуля измеренной величины (вектора угловой скорости вращения Земли, напряженности магнитного поля Земли и ускорения силы тяжести), а так же по величине широты места измерения</p>	<p>Makarchuk V.F. <b>Determining the Degree of Data Accuracy in Inclinator Devices</b> The development of evaluation methods for data accuracy in inclinometer devices based on angle speed sensors, magnetometers, and accelerometers. The evaluation is performed using the measured absolute values (of angle speed vector for Earth rotation, the strength of Earth's magnetic field, and the g acceleration constant) as well as the value of measured latitude</p>
--	--

*Надійшло до редакції  
8 вересня 2006 року*