

**Основные и дополнительные методы диагностики репродуктивной функции коров/ Т. А. Утицких, В. В. Семенец // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х. : НТУ «ХПІ», – 2013. - № 18 (991). – С. 120-124. – Бібліогр.: 6 назв.**

Розглянуто та проаналізовано основні та додаткові методи дослідження стану яєчників корів. Для постановки діагнозу проводять: клінічні, ректальні, гістологічні та ультразвукові методи діагностики. Встановлено, що найбільш інформативним, неінвазивним методом дослідження яєчників є ультразвукова діагностика, яка дозволяє просто і безболісно отримати найбільш повні і достовірні дані про досліджуваному органі, а також виявляти патологічні процеси.

**Ключові слова:** репродуктивна функція, яєчники, клінічні, ректальні, гістологічні, ультразвукові, методи діагностики.

Reviewed and analyzed the primary and secondary methods of ovarian status of cows. For the diagnosis of conduct: clinical, rectal, histological and ultrasound diagnostic methods. Found that the most informative, non-invasive method of research is ultrasound diagnosis, which makes it easy and painless to get the most complete and reliable data on the target organ, as well as to determine the pathological processes.

**Keywords:** reproductive function, gonads, clinical, rectal, histologic, ultrasound, diagnostic methods.

## УДК 615.47

*М. Ю. ТЫМКОВИЧ*, аспирант, ХНУРЭ, Харьков

### **ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД РЕГИСТРАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ХИРУРГИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА В КОМПЬЮТЕРНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ**

В работе рассматриваются основные составляющие хирургической навигационной системы. Такие системы состоят из подсистемы визуализации, регистрации положения. Одна из основных частей компьютерной навигационной системы – подсистема регистрации положения. Рассмотрены основные этапы определения положения хирургического инструмента в пространстве. Разработаны соответствующие части хирургической навигационной системы.

**Ключевые слова:** хирургическая навигация, хирургический инструмент, калибрация камеры.

#### **Введение**

В настоящее время качество проведения операционного вмешательства связано не только с мастерством хирурга, а в значительной степени определяется имеющимся в распоряжении медицинским оборудованием. За последние несколько десятков лет в медицинскую практику широко вошло повсеместное использование томографического оборудования. Оно оказало огромный положительный эффект на корректность постановки диагноза, а также позволило получать дополнительную информацию необходимую для проведения дальнейшего лечения. Кроме того, современные вычислительные устройства обладают значительным быстродействием, что позволяет решать многие времязатратные проблемы в реальном режиме времени. Это и стало предпосылкой к развитию и внедрению навигационных систем.

## **Актуальность**

Компьютерные навигационные системы активно внедряются в мировую практику, так как они нередко определяют исход операции, позволяя увеличить точность операционного вмешательства, снизить риск послеоперационных осложнений, а также получать оперативные данные в реальном режиме времени. В Украине использование хирургических навигационных систем также положительно оценено [1, 2], но оснащенность лечебных учреждений данными системами невелика.

## **Анализ последних исследований и литературы**

В литературе посвященной хирургическим навигационным системам значительная роль отводится описанию результатов получаемых с использованием данных систем [1, 2]. Широко описываются преимущества хирургических навигационных систем [3 - 5], а также структура и их построение [6 - 8]. В настоящее время разрабатываются и совершенствуются методы согласования предоперационных томографических данных с интраоперационными данными положения пациента [9, 10].

## **Цель работы**

При построении хирургической навигационной системы одной из основных частей является определение инструмента в пространстве в реальном режиме времени. При этом возникает множество вопросов связанных с выбором оптимального метода регистрации, а также возникает ряд дополнительных задач. От качества определения положения инструмента в пространстве зависит успешность проведения хирургического вмешательства. Исходя из этого, можно утверждать, что данная задача является одной из первоочередных при построении хирургического навигационного комплекса любого места применения. Поэтому целью данной работы является рассмотрение основ определения положения хирургического инструмента в пространстве, с использованием оптического метода.

## **Структура хирургической навигационной системы**

Рассмотрим обобщенную принципиальную схему хирургической навигационной системы (см. рис. 1).

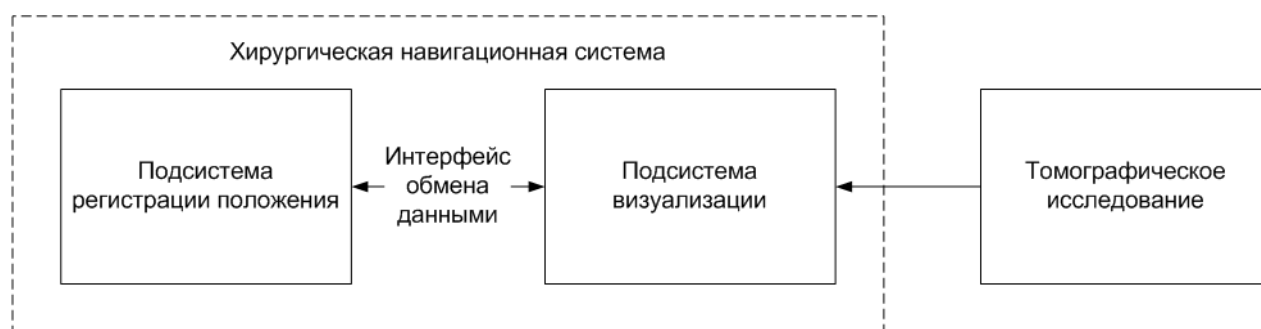


Рис. 1 – Обобщенная структура хирургической навигационной системы

Данные томографического исследования загружаются в подсистему визуализации. Подсистема регистрации положения передает координаты инструмента в подсистему визуализации, которая визуализирует результаты томографического исследования, а также данные о положении инструмента.

## **Регистрация положения хирургического инструмента оптическим методом**

Суть оптической регистрации положения инструмента в пространстве заключается в одновременной фиксации 3-D сцены (сцены операционного вмешательства) с нескольких ракурсов. Данных с одной стационарной камеры недостаточно, так как при проецировании теряются координаты глубины. Наиболее естественным и интуитивным является определение положения объекта по двум ортогональным проекциям (см. рис. 2).

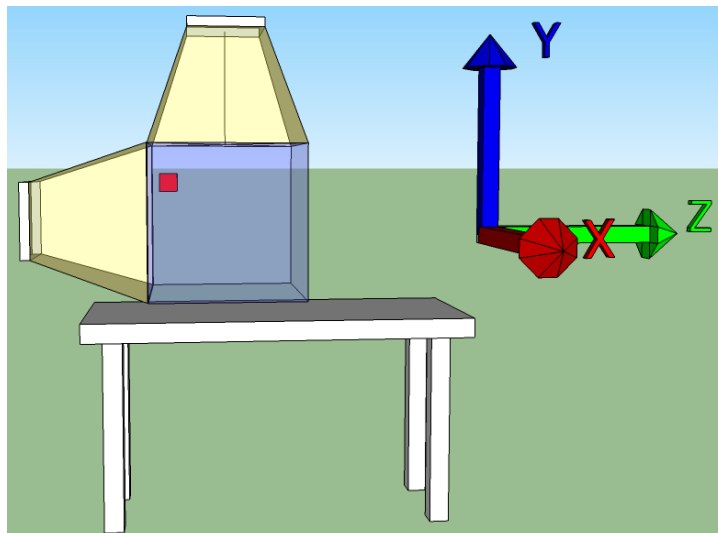


Рис. 2 – Ортогональное расположение камер

Но во многих случаях актуально использовать произвольное расположение камер, что влечет за собой дополнительные сложности.

Рассмотрим процесс регистрации положения недеформируемого хирургического инструмента. Его представим в виде полигональной модели (уравнение 1) описываемой набором треугольников  $s(T_0-T_{n-1})$

$$I = \{T_0, T_1, \dots, T_{n-1}\}. \quad (1)$$

Треугольник в свою очередь описывается тремя вершинами  $(V_0, V_1, V_2)$  – формула 2.

$$T = \{V_0, V_1, V_2\}. \quad (2)$$

Регистрация непосредственно каждой вершины хирургического инструмента во время операции практически не возможна. Это связано в первую очередь с тем, что значительная часть поверхности инструмента находится не в прямой области видимости. К примеру, некая часть инструмента может находиться внутри пациента, либо перекрываться сама собой (одна часть инструмента – лицевая, вторая – обратная). Увеличение числа камер в некотором смысле может решить малую долю проблем, но в общем случае не отсечет все возможные случаи. Кроме того, с увеличением числа камер увеличивается вычислительная сложность, а также возникают дополнительные проблемы. Регистрация каждой точки инструмента является неэффективной также с точки зрения вычислительных затрат. Поэтому от идеи непосредственной регистрации каждой точки инструмента следует отказаться.

Так как, инструмент является недеформируемым, то матрица трансформации

вершины поверхности инструмента равна матрице трансформации любой другой вершины поверхности инструмента (формула 3).

$$A_1 = A_2 = \dots = A_{n-1}, \quad (3)$$

где  $A_1, A_2, A_{n-1}$  – матрицы трансформации каждой из вершин хирургического инструмента.

В свою очередь матрица трансформации представляет собой матрицу 4x4 (формула 4), позволяя описать всевозможные вращения и перемещения.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Поэтому положение инструмента в системе координат операционного поля (мировой системе координат) описывается выражением 5.

$$I_w = AI_o, \quad (5)$$

где  $I_w$  – положение инструмента в системе координат операционного поля;

$I_o$  – положение инструмента в системе координат объекта;

$A$  – матрица трансформации.

Положение инструмента в системе координат объекта изначально определяется путем моделирования геометрии реального инструмента с помощью различных САПР.

Поэтому для каждого момента времени  $t$ , необходимо лишь определять матрицу трансформации  $A_t$ . Для определения матрицы трансформации воспользуемся алгоритмом Kabsch, который паре наборов вершин находит матрицу трансформации, минимизируя среднее квадратическое отклонение (формула 6).

$$A_t = f(\{\{V_0^o, V_1^o, \dots, V_{n-1}^o\}, \{V_0^{wt}, V_1^{wt}, \dots, V_{n-1}^{wt}\}\}), \quad (6)$$

где  $V_0^o, V_1^o, \dots, V_{n-1}^o$  – положения вершин в системе координат объекта;

$V_0^{wt}, V_1^{wt}, \dots, V_{n-1}^{wt}$  – положения вершин в мировой системе координат в момент времени  $t$ ;

$f$  – алгоритм Kabsch.

Кроме того, можно воспользоваться другими методами определения матрицы трансформации [11 - 13].

Таким образом, необходимо определить лишь некоторое число вершин хирургического инструмента, либо жестко связанных с ним маркеров.

Проецирования вершины из системы координат операционного поля на плоскость изображения камеры описывается выражением 7.

$$v = PV, \quad (7)$$

где  $P$  – матрица проецирования;

$v$  – координаты на плоскости изображения;

$V$  – координаты вершины в системе координат операционного поля.

## Результаты исследований

С целью определения матрицы проецирования разработан калибровочный стенд (рис. 3), а также воссоздана его геометрическая модель (рис. 4). Геометрическая модель полностью состоит из координат predeterminedных вершин. Для определения матрицы проецирования необходимо вручную выделить соответствующие точки калибровочного стенда на изображении камеры. И по соответствующему набору координат производится расчет проекционной матрицы.

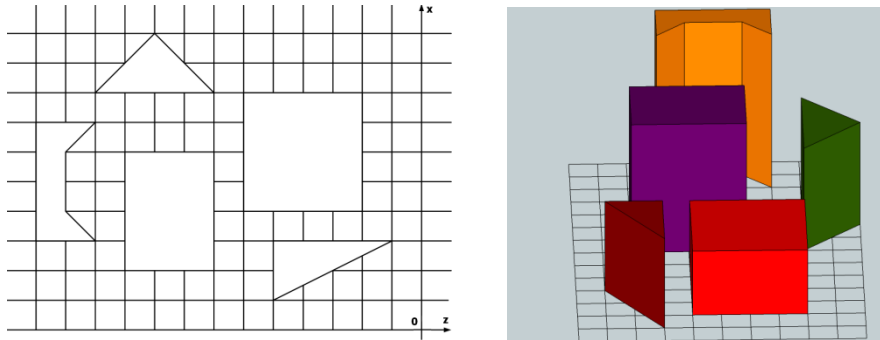


Рис. 3 – Калибровочный стенд



Рис. 4 – Геометрическая модель калибровочного стенда

По двум проекциям точки на плоскости изображения, а также имея две матрицы проецирования можно определить положение точки в трехмерном пространстве [14]. Результаты отслеживания маркера представлены на рис. 5.

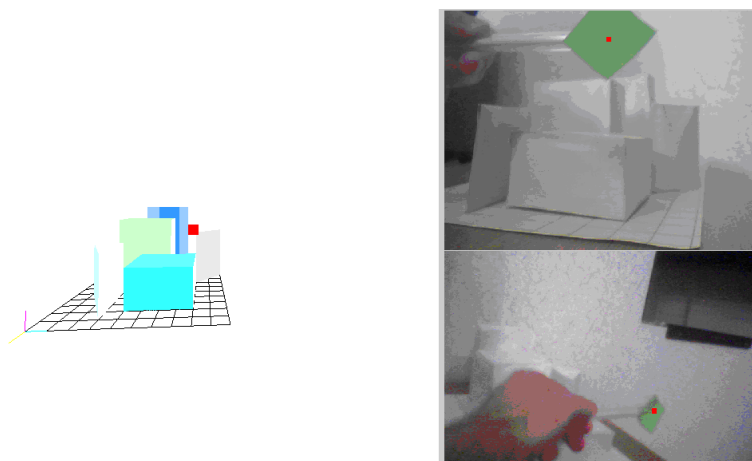


Рис. 5 – Определение положение маркера в пространстве

Время работы совокупности алгоритмов, по определению положения маркера, позволяет использовать данный подход в реальном режиме времени в хирургической навигационной системе.

### **Выводы**

В работе рассмотрен процесс регистрации положения хирургического инструмента в пространстве оптическим методом. Подсистема определения пространственных координат должна обеспечивать бесперебойную работу в реальном режиме времени. Реализованы алгоритмы, обеспечивающие эти задачи, а именно алгоритм калибровки камеры и алгоритм определения положения маркеров в пространстве. Разработана калибровочная сцена, для тестирования и проверки работы разработанных алгоритмов.

Перспективой работы является разработка хирургической навигационной системы, позволяющей ассистировать хирургу во время проведения операционного вмешательства в реальном режиме времени, путем сообщения точной информации о положении хирургического инструмента, а также. Это в значительной степени должно сократить риск проведения вмешательства и упростить работу хирурга.

Также одной из последующих основных задач является минимизация погрешностей определения положения хирургического инструмента и оценка всевозможных влияний различного рода помех на всех этапах работы подсистемы регистрации положения. Это позволит выявить недостатки в работе системы, а также повысить ее качественные показатели.

**Список литературы:** 1. Применение мультимодальной нейронавигации в хирургии опухолей головного мозга / В. Д. Розуменко, А. В. Розуменко //Український нейрохірургічний журнал. – Київ: Українська Асоціація Нейрохірургів, 2010. – №4. – С. 51-57. 2. Применение навигационной системы Stealth Station®Treon®Plus в хирургии внутричерепных менингиом / А. Г. Сирко, Н. А. Зорин, Ю. Е. Новик, И. Ю. Курна, В. И. Шпонька //Український нейрохірургічний журнал. – Київ: Українська Асоціація Нейрохірургів, 2010. – №1. – С. 39-46. 3. Development of Intraoperative MRI: A Personal Journey / R. Fahlbusch //Intraoperative Imaging. – New York: SpringerWien, 2011 – С. 9-16. 4. Experience With Various 3-Dimensional Navigation Systems in Head and Neck Surgery / A. R. Gunkel, W. Freysinger, W. F. Thumfart // Otolaryngology-Head & Neck Surgery, 2000. – Vol.126 – С. 390-395. 5. A. Eben Advanced Neurosurgical Navigation / A. Eben, R. J. Maciunas. New York: Thieme, 1999. – 609 с. 6. A. Schramm Navigational Surgery of the Facial Skeleton / A. Schramm, N.-C. Gellrich, R. Schmelzeisen. New York: Springer, 2007. – 170 с. 7. Surgical navigation system and method using audio feedback / C. M. Wegner, D. B. Karron // US Patent 6.083.163, Jul 4 2000. 8. Magnetic field digitizer for stereotactic surgery / P. J. Kelly, S. J. Goerss // US Patent 5.483.961, Jan 16 1996. 9. I. M. Germano Advanced Techniques in Image-Guided Brain and Spine Surgery. New York: Thieme, 2002. – 216 с. 10. Comparison of 3 Optical Navigation Systems for Computer-Aided Maxillofacial Surgery / E. B. Strong, A. Rafii, B. Holhweg-Majert, S. C. Fuller, M. C. Metzger // Otolaryngology-Head & Neck Surgery, 2008. – Vol.134. – №10. – С. 1080-1084. 11. Rapid Communication Fast Determination of the Optimal Rotational Matrix for Macromolecular Superpositions / P. Liu, D. K. Agrafiotis, D. L. Theobald //Journal of Computational Chemistry. Wiley Periodicals, 2010 – №31. С 1561-1563. 12. Fast differentiation algorithm and efficient calculation of the exact matrix of second derivatives / A. G. Urzhumstev, V. Y Lunin // Acta Crystallographica. Foundation of Crystallography, 2001 – A57. – С 451-460. 13. Linear transformations of variance/covariance matrices / P. Parois, M. Lutz // Acta Crystallographica. Foundation of Crystallography, 2011 – A67. – С 383-390. 14. 3D Reconstruction / K. Daesik // Summary Note, ISRC, SKKU, 2006. 6 с.

Надійшла до редколегії 27.02.2013

**Оптический метод регистрации пространственного положения хирургического инструмента в компьютерной навигационной системе / М. Ю. Тымкович // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х. : НТУ «ХПІ», – 2013. – № 18 (991). – С. 124-130. – Бібліогр.: 14 назв.**

В роботі розглядаються основні складові частини хірургічної навігаційної системи. Такі системи складаються із підсистеми візуалізації, реєстрації положення. Одна із основних частин комп'ютерної навігаційної системи – підсистема реєстрації положення. Розглянуто основні етапи визначення положення хірургічного інструмента у просторі. Розроблено відповідні частини хірургічної навігаційної системи.

**Ключові слова:** хірургічна навігація, хірургічний інструмент, калібрація камери.

The paper considers the main components of a surgical navigation system. These systems are composed of subsystems visualization and determination of position. Subsystem determination of a position is a one of the main parts of computer navigation system. Were considered the main stages of determination the surgical instrument in space. Have been developed the suitable parts of the surgical navigation system.

**Keywords:** surgical navigation, surgical instrument, camera calibration.

## УДК 615.47

**Е. И. СОКОЛ**, чл.-корр. НАНУ, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;  
**Р. С. ТОМАШЕВСКИЙ**, канд. техн. наук, старш. преп., НТУ «ХПІ»;  
**В. А. МАКАРОВ**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»

### **МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СПИРОМЕТРОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧАМ СЕМЕЙНОЙ МЕДИЦИНЫ**

В статье показаны современные тенденции развития технического обеспечения семейной медицины, в частности в области пульмонологии, и определены основные требования к спирометрам. В ходе аналитического обзора в качестве датчика для портативного спирометра был выбран турбинный преобразователь потока. В работе был обоснован метод повышения чувствительности и улучшения частотных свойств спирометра на этапе получения диагностической информации. Для снижения инструментальной погрешности был разработан программный метод динамической компенсации ошибки и рассмотрены возможные способы определения поправочных коэффициентов. По результатам исследований математической модели определена функция, описывающая передаточную характеристику измерительной турбины, и разработана методика калибровки спирометра, работающего с таким типом датчика.

**Ключевые слова:** спирометр, турбинный преобразователь потока, инструментальная погрешность, методы коррекции, динамическая компенсация ошибки, измерительная турбина.

**Введение.** Сегодня, в условиях активного развития сектора семейной медицины, особое внимание уделяется экспресс-методам функциональной диагностики и лабораторной аналитики. Основной причиной этого является высокое соотношение информативности подобных методов к их ресурсоемкости. На примере развитых государств показано, что до 80 % заболеваний, с которыми пациенты обращаются к врачу, могут быть диагностированы с применением лишь амбулаторного