

## РАЗВІЦЦЁ СРОДКАЎ КІРАВАННЯ КУРСОРАМ У РЭЧЫШЧЫ ЭВАЛЮЦЫІ ГРАФІЧНАГА ІНТЭРФЕЙСУ З КАРЫСТАЧОМ

Д. А. Касцюк, В. А. Мельнік, Д. М. Русак

Брэсцкі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт, Брэст, Беларусь,  
dmitriykostiuk@bstu.by

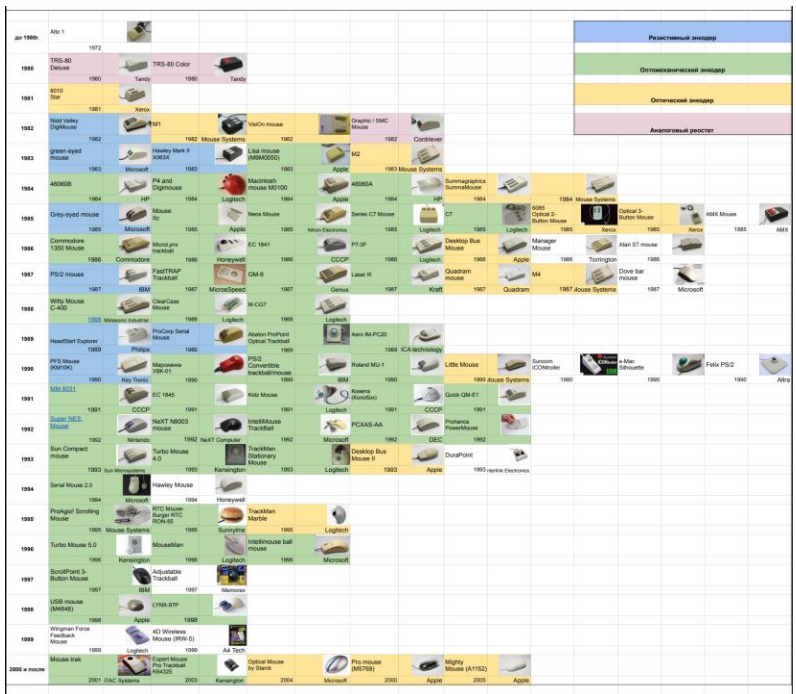
*The evolution of the personal computer peripheral devices converting motion to the cursor movements (mainly mice and trackballs) is analyzed based on a number of key devices from the 1970–2000 time period. Motion detection methods, data transfer specifics and ergonomics are considered.*

У канцы дваццатага – пачатку дваццаць першага стагоддзя лічбавыя тэхналогіі сталі адыгрываць усё больш важную ролю ў жыцці грамадства. Гэта быў перыяд пастаянных тэхналагічных змен у вылічальнай тэхніцы, якія прывялі да павелічэння колькасці састарэлага абсталявання. Некаторыя з гэтых аб'ектаў атрымалі вядомасць дзякуючы іх культурнай або сацыяльнай ролі і нават былі адзначаны ў кантэксце эстэтычнага значэння, шэраг іншых аказалі уплыў на развіццё тэхнікі, не набыўшы шырокай вядомасці. Разнастайнасць, якая аказалася характэрнай для масіва тэхналогій, назіраецца, у прыватнасці, у такой падкатэгорыі перыферыйнага абсталявання, як сродкі кіравання экранным курсорам (мышы і трэкболы). У канструкцыях гэтых прылад выяўляюцца значныя адрозненні, а інтэрфейсы падлучэння, канструкцыя, тэхналогія адсочвання руху і форма ўвесь час падвяргаліся перагляду [1].

Аналіз мышэй і трэкболаў за перыяд з 1970 па 2000 гады, якія на ілюстрацыі прыведзены ў выглядзе сістэматычнай табліцы (мал. 1), дазволіў зрабіць высновы аб эвалюцыі канструктыўных асаблівасцяў сродкаў кіравання курсорам, вылучыць ключавыя маніпулятары, якія адзначылі паваротныя этапы ў ходзе іх развіцця.

Гістарычна першым маніпулятарам з'яўляецца трэкбол, які быў распрацаваны ў 1952 годзе ў якасці інтэрфейсу з тактычнай сістэмай DATAR для Каралеўскага ваенна-марскога флота Канады.

Наступным этапам у развіцці маніпулятараў была першая канструкцыя кампютарнай мышы на аснове колаў, якую прапанаваў у 1963 годзе Дуглас Энгельбарг. Аўтар першага прататыпа мышы Энгельбарта, інжынер Біл Інгліш, змог прадэманстраваць дзеючую мадэль у 1966 годзе ў Даследчым цэнтры Пала-Альта кампаніі Хэгох, выкарыстаўшы ў яе канструкцыі драўляны корпус, артаганальна размешчаныя колы ў форме ўсечанага конусу і адзіную кнопку [2]. У дадзенай канструкцыі у час руху мышы ўздоўж адной з каардынатыных восяў адно з колаў круціцца, перадаючы змены каардынаты, а іншае слізгае без руху.



**Малюнок 1. Систематичная таблица наследованных манипуляторов**

У тым жа 1966 незалежна ад Хероха інжынеры кампаніі Telefunken рэалізавалі класічную мыш на аснове шара, якая прадстаўляе сабой «перавернуты трэ́кбол». Рух шара адсочваўся з дапамогай двух фрыкцыйных колаў, механічна злучаных з энкодэрамі.

Першая мыш у вольным продажы – гэта мыш для кампутараў Хероха Alto, выпушчаная ў 1973 пры ўдзеле інжынераў Біла Інгліша і Джэка Хоўлі. У яе канструкцыі – гладкі сталёвы шар і барабаньны механічны энкодэр. Дадзеная канструкцыя апынулася лепш папярэдніх, і Джэк Хоўлі працягваў выпускаць гэтую мыш у некалькіх мадыфікацыях незалежна ад Хероха амаль да сярэдзіны 80-х гадоў. Канструкцыя мышы на аснове механічнага энкодэра стала досыць папулярнай, аднак гарызантальны барабан быў заменены на вертыкальны дыск – для памяншэння кошту, габарытаў канструкцыі і крытычнасці да смецця, якое непазбежна трапляла ўнутр. Пры руху мышы шар паварочвае прышлісныя ролікі, размешчаныя перпендыкулярна адзін аднаму, ролікі маюцца да стрыжняў, якія злучаюцца з дыскамі энкодэраў. Калі дыск круціцца, нанесеныя на іх кантактныя пляцоўкі датычацца слізгальных кантактаў, замыкаючы і размыкаючы электрычны ланцуг, а выніковыя сігналы кампютар можа пераўтварыць у рухі курсора.

Першай аптычнай мышшу ў сучасным разуменні з’яўляецца мыш для кампутараў Хероха Star, пабудаваная на аснове матрыцы з 16 фотапрымальнікаў. Для рэгістрацыі руху патрабавалася паверхня з рэгулярнай яркаснай

неаднароднасцю, таму ў камплекце ішоў спецыяльны дыванок (у той час – папяровы) з чаргаваннем чорных і белых плям [3].

Такая канструкцыя апынулася залішне дарагой, і праз год з'яўляецца першая аптычная мыш кампаніі Mouse Systems (пазней Genius), канструкцыя якой на дзесяцігоддзе стала стандартам. У ёй для выяўлення руху выкарыстоўваецца спецыяльны дыванок, паверхня якога адлюстроўвае святло і расчэрчана лініямі сеткі. Як правіла, лініі адрозніваюцца па колеры: напрыклад, сінія, і артаганальна ім – чорныя. У ніжняй частцы мышы знаходзяцца два святлодыёда, якія выпраменьваюць святло, і фотатранзістары, якія прымаюць адлюстраванае святло. Адзін святлодыёд выпраменьвае чырвонае святло, якое паглынаюць сінія лініі; іншы выпраменьвае інфрачырвонае святло, якое паглынаюць чорныя. Кожны разрыў у светлавым сігнале ўяўляе праходжанне вызначанай адлегласці ўздоўж каардынатнай восі [4].

У 1982 швейцарская гадзіннікавая кампанія Depraz (якая пазней вылучыла вытворчасць мышэй у кампанію Logitech) прапанавала аб'яднаць перавагі аптычных і механічных мышэй за кошт оптамеханічнага энкодэра. Такая мыш каштуе танней паўнавартаснай аптычнай мышы, ёй не патрабуецца спецыяльны дыванок, а ў энкодэры няма ненадзейнага механічнага кантакту. Для оптамеханічнага энкодэра лягчэй дамагчыся больш высокай адрознівальнай здольнасці, чым для кантактнага энкодэра.

Оптамеханічная мыш выкарыстоўвае тыя ж прынцыпы, што і механічная, але па-іншаму вызначае рух дыскаў энкодэра. Дыскі маюць раўнамерна размешчаныя радыяльныя прарэзы або дзіркі. Святлодыёд, размешчаны з аднаго боку дыска, выпраменьвае святло, а фотатранзістар, размешчаны па іншым боку дыска, рэгіструе светлавы сігнал у момант праходжання прарэзу і генеруе электрычны імпульс, які кампутар пераўтварае у рух курсора.

У пераважнай большасці ранніх мышэй у кампутар перадаецца квадратурны сігнал для кожнай каардынаты (дзума значэннямі А і В). Інтэрфейс падлучэння квадратурнай мышы да кампутара з'яўляецца паралельным: ён уключае лініі зямлі і сілкавання, 4 лініі для перадачы каардынат (XA, XB, YA, YB) і па адной лініі на кожную клавішу мышы. Нягледзячы на аднатыпнасць, стандартызацыя такіх інтэрфейсаў была слабой, розныя сямействы кампутараў з убудаваным квадратурным інтэрфейсам мелі рознае размяшчэнне кантактаў, а для кампутараў без квадратурнага порта мыш даводзілася камплектаваць асобнай платай-адаптарам, які ўстаўляўся ў сістэмную шыну.

Паслядоўны інтэрфейс падлучэння мышы, у якім інфармацыя аб каардынатах і націсках клавіш кадуецца ў выглядзе паслядоўнасцяў імпульсаў па адной лініі, з'яўляецца з-за архітэктурных асаблівасцяў такіх кампутараў. У 1984 году Logitech распрацоўвае паслядоўную мыш HP 46060A для працоўных станцый Hewlett-Packard HP 9000: уся перыферыя гэтых кампутараў падлучалася ў выглядзе паслядоўнага ланцужка прылад у агульную шыну HP HIL (канцэптуальны папярэднік USB). Крыху пазней для таннейшых IBM-сумяшчальных кампутараў (таксама без квадратурнага інтэрфейсу) кампаніі Mouse Systems і Microsoft распрацоўваюць мышы з паслядоўным інтэрфейсам, якія падключаюцца ў

існуючы порт RS-232. Пры гэтым, з-за адсутнасці ў RS-232 ланцугоў электрасілвання, да з'яўлення нізкаспажывальных святлодыёдаў у 1986 годзе, паслядоўныя мышы для IBM PC маюць патрэбу ў яго дадатковай крыніцы (асобны блок сілвання для разетки 220 В ці ўрэзка ў кабель клавіатуры).

У 1985 годзе для яшчэ таннейшых хатніх кампутараў TANDY TRS-80, якія не мелі ні квадратурнага, ні паслядоўнага інтэрфейсу, але затое былі ўкамплектаваны портам аналагавага джойсціка, з'явілася мыш Color Mouse. Замест выкарыстання энкодэраў, рух шара з дапамогай зубчастай перадачы перадаецца на зменныя рэзістары, а становішча мышы адносна каардынатнай восі задаецца амплітудай аналагавага сігналу, які павінен быць аблічбаваны кампутарам для наступнага аналізу. Нягледзячы на відэачны недахоп (абмежаваны «прабег» мышы ў кожны з бакоў), такія прылады былі танней і знаходзілі ўжыванне ў простых хатніх «кампутарах для гульні».

У 1986 дзве кампаніі (Torrington і Hawley Mouse House Джэка Хоўлі) спрабуюць рэанімаваць ідэю выкарыстання колаў замест шара, каб паменшыць засмечанасць і кошт мышы. Такая мыш мала адрозніваецца ад звычайнай механічнай мышы (з механічным або оптамеханічным энкодэрам), аднак замест перадачы ролікам кручэння шара, самі восі ролікаў маюць нахіл уніз і выходзяць праз прарэзы ў дне корпуса мышы, перадаючы рух прама на энкодэр. На канцы восі роліка знаходзіцца невялікае кола ў выглядзе ўсечанага конусу, якое тычыцца працоўнай паверхні пад вуглом.

У 1987 з'яўляецца трэцяя мадэль мышы Microsoft – першы маніпулятар, вытворца якога свядома рабіў упор на эрганамічны дызайн корпуса. Прататыпам для формы гэтай мышы паслужыў шліфавальны брусок.

У канцы 80-х гадоў адбываецца таксама зварот папулярнасці да трэкболаў пры працы з персанальным кампутарам, а да гэтага трэкболы знаходзілі толькі нішавае ўжыванне ў адмысловым абсталяванні і ў кампутарных гульніх. Вяўляюцца дзве новыя вобласці, дзе трэкбол мае перавагі:

- эрганоміка (прылады для барацьбы з тунэльным сіндромам запясцяў) – піянер ужывання трэкболаў у гэтай сферы фірма ITAC Systems;
- САПР (вялікі трэкбол дазваляе дакладней пазіцыянаваць курсор і выключае рызыку неспадзявана яго ссунуць пры націску на кнопку).

У абодвух выпадках перавага аддаецца оптамеханічным прыладам вялікага памеру без эканоміі на канструктыўных элементах (характэрна выкарыстанне шарыкавых падшыпнікаў, дарагіх матэрыялаў і інш.).

У 1995 з'яўляецца першы аптычны трэкбол – мадэль Logitech Trackman. Малюнак на шары трэкбола выконвае ролю спецыяльнага дыванка, дазваляючы матрыцы аптычных сэнсараў чытаць чаргаванне светлых і цёмных плям пры кручэнні. Выкарыстанне аптычнага метаду рэгістрацыі дазваляе замяніць ролікі кропкавымі апорамі з нізкім каэфіцыентам трэння для лягчэйшага кручэння шара. Пры гэтым выявілася, што канструкцыя аптычнага трэкбола менш адчувальная да засмечвання і радзей патрабуе чысткі.

У тым жа 1995 з'явілася мыш Mouse Systems ProAgio, вядомая таксама як Genius EasyScroll Mouse – першая мыш, у якой было кола пракруткі (хоць з-за

формы правільней было б назваць яе кола барабанам). Першапачаткова меркавалася выкарыстоўваць кола для маштабавання ў электронных табліцах, але вельмі хутка аказалася, што яно ідэальна падыходзіць для пракруткі дакументаў на экране [5]. У дадзеным маніпулятары для пракруткі ўжываўся асобны оптамеханічны энкодэр, злучаны з барабанам раменнай перадачай, таму тэхнічна адрознівальная здольнасць пракруткі была залішняй, адпавядаючы адрознівальнай здольнасці руху курсора мышы (наступныя мадэлі ўжывалі для пракруткі больш прымітыўны энкодэр). Гэтая мыш стала прычынай сур'ёзнай змены рынка маніпулятараў і зрабіла нерэлевантнымі сотні мадэляў без функцыі пракруткі.

Нарэшце, у 1999 з'явілася мыш IntelliMouse Explorer ад кампаніі Microsoft: дзякуючы яшчэ больш прасунутай тэхналогіі аптычнага адсочвання аптычных неаднароднасцяў паверхні (за кошт асаблівасцяў падсвятлення і падвышанай адрознівальнай здольнасці сканавальнай матрыцы) яна абыходзілася без адмысловага дыванка і можа лічыцца завяршальным этапам эвалюцыі аптычнага спосабу рэгістрацыі руху.

Вылучаныя этапы эвалюцыі прыведзены ў табліцах 1 і 2.

**Табліца 1 – Этапы эвалюцыі маніпулятараў: дакамерцыйны этап (артэфакты)**

1952	з'яўленне трэкбола
1966	колавая мыш Дугласа Энгельбарта
1966	шарыкавая мыш Rollkugel

**Табліца 2 – Этапы эвалюцыі маніпулятараў: камерцыйны этап**

1973	мыш Xerox Alto, пачатак выкарыстання кантактных энкодэраў
1981	мыш Xerox Star, з'яўленне канструкцыі мышы з аптычным энкодэрам на аснове сканавальнай матрыцы
1982	мыш Mouse Systems, спрошчаны аптычны энкодэр
1982	Depraz mouse, пачатак эксплуатацыі оптамеханічнага энкодэра
1984	мыш HP 46060A з паслядоўным інтэрфейсам
1985	мыш TRS-80 Color mouse, з'яўленне аналагавых мышэй
1986	мышы Manager і Hawley DEC, адраджэнне колавых мышэй
1987	Microsoft mouse v. 3, першая эрганамічная мыш
1988	Трэкбол MOUSE-TRAK, першае пазіцыянаванне трэкбола для вырашэння праблем эрганомікі і барацьбы з тунэльным сіндромам запясцяў
1995	Logitech Trackman, першы трэкбол з аптычным энкодэрам
1995	Mouse Systems scroll mouse, з'яўленне кола пракруткі
1999	мыш IntelliMouse Explorer, тэхналогія аптычнай рэгістрацыі руху па адвольнай паверхні

### Список выкарыстаных крыніц

1. Beale G., Schofield J., Austin J. The archaeology of the digital periphery: computer mice and the archaeology of the early digital era // Journal of Contemporary Archaeology, 5(2), 2019. – pp. 154-173.
2. oldmouse.com. Mouse museum. – 08/10/2021. – Режим доступу: <https://web.archive.org/web/20211008211229/https://www.oldmouse.com/>
3. Lyon R.F. The Optical Mouse: Early Biomimetic Embedded Vision / Advances in Embedded Computer Vision. – Springer, 2014. – pp. 3-22.
4. McLoughlin I. Computer Peripherals. Chapter 5. Mouse and Trackball / School of Computer Engineering. Nanyang Technological University. Singapore. – 16/10/2001. – Режим доступу: <https://www.lintech.org/comp-per/05MS.pdf>.
5. Atwood J. Meet the inventor of the mouse wheel. / CODING HORROR: programming and human factors. – 16 May 2007. – Режим доступу: <https://blog.codinghorror.com/meet-the-inventor-of-the-mouse-wheel/>

УДК 620.179.18

### АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

А. Н. Парфиевич, В. А. Сокол, Ю. Н. Саливончик

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь

*The article is devoted to the study of various methods of processing vibroacoustic signals to assess the condition of gears in multi-shaft drives. Such approaches as spectral analysis, cepstral analysis, correlation analysis, spectrum trimming, synchronous accumulation of vibroacoustic data, analysis of the envelope of the vibroacoustic signal, the method of shock pulse analysis and strobing of the vibroacoustic signal are considered. Their unique characteristics are described, as well as their advantages and disadvantages. The study also suggests some promising areas for further development of methods for vibroacoustic diagnostics of gears in multi-shaft drives.*

#### Введение

Работа многовальных приводов и механизмов на основе зубчатых передач сопровождается разнообразным виброакустическим фоном. Корректность интерпретации полученных данных существенно зависит от выбранных методов выделения значимых частотных составляющих виброакустического сигнала. В зависимости от конструкции механизма и возможных дефектов используются различные методики [1,2]. При диагностировании зарождающегося дефекта возникают сложности, связанные с его малой энергией на фоне общих помех во время работы механизма [2]. При выборе определенного метода виброакустической диагностики необходимо учитывать постав-