

ЕЛЕМЕНТИ ПЕРЕДІСТОРІЇ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ В ПРАЦЯХ О.О.АНДРОНОВА

В статті показано розвиток ідей А. Пуанкаре і О.М. Ляпунова в працях вітчизняного вченого О.О. Андронова (початок ХХ ст.).

Ключові слова: *якісні методи розв'язування нелінійних диференціальних рівнянь, стійкість динамічних систем, нелінійні коливання, нелінійна динаміка.*

Нелінійна динаміка—міждисциплінарна наука, в якій вивчаються властивості нелінійних динамічних систем. Основне завдання цієї теорії—це дослідження кривих, що описуються диференціальними рівняннями. У формуванні нелінійної динаміки, вивченні основних властивостей нелінійних динамічних систем визначне місце займає вітчизняна наука.

Розглянемо ту частину передісторії нелінійної динаміки, вагомий внесок в яку належить вітчизняному вченому Олександрові Олександровичу Андронову – учню Леоніда Ісааковича Мандельштама (виходця з України). Стислий огляд праць самого О.О. Андронова з теорії нелінійних коливань міститься в монографії О.С. Бойко "Школа академіка О.О. Андронова" (1983), в статті М.В. Бутеніна та ювілейних виданнях, присвячених О.О.Андронову [1, 2]. Однак, в цих публікаціях не проаналізовано наукові праці О.О. Андронова стосовно формування в 60-х рр. ХХ ст. нової галузі – нелінійної динаміки.

У 20–30-х рр. ХХ ст. російська теоретична школа Л.І. Мандельштама вперше використала якісні методи французького вченого А. Пуанкаре і вітчизняного математика і механіка О.М. Ляпунова для вивчення тільки чисто періодичних режимів нелінійних коливань, побудувавши їх теорію. Ця теорія в подальшому, з розширенням сфер застосування, переросла в нову галузь – фізику нелінійних явищ. У 1927 р. Л.І. Мандельштам запропонував О.О.Андронову дослідити питання стійкості періодичного розв'язку, який отримується методом припасовування, для довільних початкових умов. Працюючи над цією задачею, О.О. Андронов сформулював базові нелінійні поняття, серед яких важливе місце належить поняттю автоколивань.

В своїй дисертації "Граничні цикли Пуанкаре і теорія коливань" (1927) О.О. Андронов переніс основи математичного апарату А. Пуанкаре в теорію коливань. За допомогою цього апарату можна геометрично зобразити будь-який стан динамічної системи. Введене Андроновим поняття граничного циклу отримало подальший розвиток в нелінійній науці (простий аттрактор – математичний образ регулярних автоколивань).

На основі фундаментальних понять якісної теорії диференціальних рівнянь Пуанкаре – понять характеристики, напівхарактеристики, особливої точки О.О. Андронов запровадив нові означення: поняття траєкторії, напівтраєкторії, стану рівноваги для системи. О.О. Андронов у праці "Граничні цикли Пуанкаре і теорія коливань" також ввів у теорію нелінійних коливань метод точкових відображень, який американський вчений Дж. Біркгофф зробив основним інструментом теоретичного дослідження динамічних систем [3, 4].

О.О. Андроновим також перенесено в теорію коливань поняття "біфуркаційного значення параметра", "точки біфуркації", "зміни стійкості", які пізніше стали базовими при формуванні нелінійної динаміки. Вперше ці поняття з'явилися 1885 р. в мемуарі А. Пуанкаре про фігури рівноваги небесних тіл. У 1931 р. О.О. Андронов стисло, без доведень, виклав результати дослідження зв'язку, який існує між теорією залежності стаціонарних режимів катодного генератора від параметрів і теорією біфуркацій А. Пуанкаре [5].

В 1930 р. О.О. Андронов і О.А. Вітт довели нову теорему для з'ясування питання стійкості періодичних розв'язків, що зробило можливим застосування теорії стійкості руху О.М. Ляпунова [6]. У 1937 р. О.О. Андронов і Л.С. Понтрягін в праці "Грубі системи" сформулювали вимогу стійкості за Ляпуновим [7].

У 1938 р. введено поняття негрубої динамічної системи, для якої малі зміни параметрів приводять до зміни структури розбиття її фазової площини на траєкторії [8].

Крім того, такі терміни, як "стійке положення рівноваги", "стійкі періодичні та квазіперіодичні рухи", "стійкість у великому та малому", введено О.О. Андроновим на основі понять Пуанкаре та Ляпунова. О.О. Андронів цікавив не тільки статистичний розгляд структури розбиття фазового простору динамічної

системи, але і розгляд змін цієї структури розбиття при зміні самої системи, тобто при зміні функцій, що стоять в правих частинах рівнянь, які описують рух цієї системи і залежать від параметрів системи.

Отже, О.О. Андронов ввів у теорію нелінійних коливань деякі наукові поняття, які стали базовими при становленні у 60-70-х рр. ХХ ст. нової міждисциплінарної науки – нелінійної динаміки.

Використані джерела

1. Бойко Е.С. Школа академіка А.А. Андропова / Бойко Е.С.– М.: Наука, 1983.– 200 с.
2. Бутенин Н.В. Работы А.А. Андропова и его школы по теории нелинейных колебаний / Н.В. Бутенин // Динамика систем.– 1977.– Вып. 12.– С. 3–11.
3. Андронов А.А. Предельные циклы Пуанкаре и теория колебаний / А.А. Андронов // Андронов А.А. Собрание трудов / Андронов А.А.– М.: Изд-во АН СССР, 1956.– С. 32–33.
4. Биркгоф Дж.Д. Динамические системы / Биркгоф Дж.Д.– М.: Гостехиздат, 1940.– 320 с.
5. Андронов А.А. Применение теории Пуанкаре о "точках бифуркаций" и "смене устойчивостей" к простейшим автоколебательным системам / А.А. Андронов, А.Г. Любина // Журнал экспериментальной и теоретической физики.– 1935.– Т. 5, вып. 3/4.– С. 296–306.
6. Андронов А.А. Об устойчивости по Ляпунову / А.А. Андронов, А.А. Витт // Андронов А.А. Собрание трудов / Андронов А.А.– М.: Изд-во АН СССР, 1956.– С. 140–141.
7. Андронов А.А. Грубые системы / А.А. Андронов, Л.С. Понтрягин // Докл. АН СССР.– 1937.– Т. 14, №5.– С. 247–252.
8. Андронов А.А. К теории изменения качественной структуры разбиения плоскости на траектории / А.А. Андронов, Е.Н. Леонтович // Докл. АН СССР.– 1938.– Т. 21, №9.– С. 247–252.

Kilochytska T.V.

ELEMENTS OF PREHISTORY OF NONLINEAR DYNAMICS IN WORKS OF O.O.ANDRONOV

The article shows further development of ideas and methods of H. Poincaré's and O. Lapunov's in works of soviet scientist O.O. Andronov.

Key words: *qualitative methods of solving of nonlinear differential equations, stability of dynamical systems, nonlinear fluctuations, nonlinear dynamics.*

Стаття надійшла до редакції 01.08.2013 р.

