

**ҒЫЛЫМ МЕН ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ:  
ЖАҢА ИДЕЯЛАР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР  
РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНИКИ:  
НОВЫЕ ИДЕИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

---

$|f(x)| > |g(x)|$  теңсіздігінің шешуі  $f^2(x) > g^2(x)$  теңсіздігімен мәндес.

Әр түрлі авторлардың алгебра оқулықтарында модулі бар теңдеулер мен теңсіздіктер туралы материалды модульмен және оның мазмұнымен зерттеу әр түрлі. Тақырыптың негізгі терминологиясын зерттеу тәртібінде айырмашылықтар бар. Алайда авторлардың көпшілігі оны зерттеудің ұқсас стратегиясын ұстанады.

*Базалық білім* (5-6 сыныптардағы математика мектебінен белгілі): координаталық сызық ұғымы, координаталық сызықтағы нүктенің координаттары, сан модулі, теңдеулер, сандық теңсіздік ұғымы, теңсіздік белгілері ұғымы, теңсіздік белгілерін қолдана отырып сандарды салыстыру.

*Базалық білім* (7-9 сыныптардың алгебрасының мектеп курсынан белгілі): теңсіздік ұғымы және оның қасиеттері, теңсіздікті шешу, теңсіздіктің теңсіздігі туралы түсінік, теңсіздіктің теңсіздігі туралы түсінік, бір айнымалысы бар сызықтық теңсіздік туралы түсінік, бір айнымалысы бар сызықтық теңсіздікті шешу; Бір айнымалысы бар рационалды теңсіздік, бір айнымалысы бар бөлшек-рационалды теңсіздік туралы түсінік.

*Енгізілетін (жаңа) білім*: модульден белгі астында белгісіздігі бар теңсіздік ұғымы, модульден белгі астында белгісіздігі бар теңсіздік шешімі, модуль белгісімен белгісіз бір айнымалысы бар теңсіздік жүйесі, модуль белгісімен белгісіз екі айнымалысы бар теңсіздік жүйесі, модуль белгісімен белгісіз екі айнымалысы бар теңсіздік жүйесі. [5]

Қорыта келе, "Айнымалысы модульмен берілген теңдеулер мен теңсіздіктер" тақырыбын оқу үшін базалық деңгейде аптасына 1 сағат, бейіндік деңгейде аптасына 2 сағат бөлінді. Жоспар бойынша "айнымалысы модульмен берілген теңдеулерге" 4 сағат, ал тақырыпты зерттеуге бөлінген "Айнымалысы модульмен берілген теңсіздіктер" 6 сағат. Біздің ойымызша, математика сабақтарында модуль белгісімен айнымалысы бар теңдеулер мен теңсіздіктерді шешуге, алгебра сабақтарында, элективті курстарда, элективтерде шешуге көп көңіл бөлу керек, өйткені бұл емтиханды сәтті тапсыруға, демек университетке түсуге мүмкіндік береді.

#### **Пайдаланылған әдебиеттер тізімі**

1. Б.В. Гнеденко «Математика в современном мире: Книга для внеклассного чтения 8-10 классов' (Мир знаний)» / М., 1980
2. В. Гейзенберг «Физика и философия» / М., 1963
3. Ә.Н. Шыныбеков «Математиканы оқыту не үшін қажет?», 2008
4. А.Е. Әбілқасымова «Орта мектепте математика есептерін шығаруға үйретудің әдістемелік негіздері» / А., 2004
5. І. Есенғабылов «Математиканы оқыту әдістері», 2013

УДК 519.6(075.8)

#### **ӨЗДІГІНЕН ТЕРБЕЛУ ЖҮЙЕСІНІҢ МОДЕЛІ**

*Айтмухан Д.А., 2 курс, ақпараттық жүйелер мамандығы, инженерлік-техникалық институті, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті*

*Байманқұлов Ә.Т., профессор, физика-математика ғылымдарының докторы, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті*

*Мақалада еркін тербелістерді талдаудың негізгі модельдерінің бірі болып табылатын Ван дер Полдың дифференциалдық теңдеуі қарастырылады. Екінші ретті дифференциал-*

**ҒЫЛЫМ МЕН ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ:  
ЖАҢА ИДЕЯЛАР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР  
РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНИКИ:  
НОВЫЕ ИДЕИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

дық теңдеу үшін сызықты емес периодты шекаралық есептерге негізделген тербелмелі жүйелерді модельдеу бүгінгі күнге дейін идеялар мен шешудің жаңа тәсілдерін жасауға қызығушылық тудырады. Ван дер Пол теңдеуін ғылымның әртүрлі салаларында қолдану нәтижелеріне талдау жасалады.

Көптеген физикалық процестерді зерттеуде әртүрлі жүйелердің тербелістерін зерттеуге көп орын бөлінеді. Тербеліс амплитудасы ұзақ уақыт сақталатын және іс жүзінде бастапқы жағдайларға тәуелді емес өздігінен тербелмелі жүйелер үлкен қызығушылық тудырады. Мұндай процестерді сипаттайтын модельдерге Ван дер Пол осциллятор жүйесі жатады. Ван дер Пол теңдеуі тербеліс теориясы мен сызықты емес тербеліс жүйелері моделінің негізін құрайды, ол гармоникалық сипатқа ие сыртқы әсер болған жағдайда өздігінен тербелістерді сипаттайды. Жүйенің өшпейтін мерзімді тербелісі сыртқы әсердің салдары болып табылады.

Ван дер Полдың сызықты емес теңдеуі келесі түрге ие.

$$\ddot{x} - \mu(1-x^2)\dot{x} + x = 0, \quad (1)$$

мұндағы  $\ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2}$ ,  $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$ .

Ван дер Пол осцилляторының мәжбүрлі тербелістерінде қолданылатын тағы бір теңдеу бар. Ол энергияны жоғалту және жоғалтпайтын жағдайында да, есептеу үшін қолданылады.

$$\frac{d^2x}{dt^2} - \mu(1-x^2)\frac{dx}{dt} + x = A \cdot \sin(\omega t), \quad (2)$$

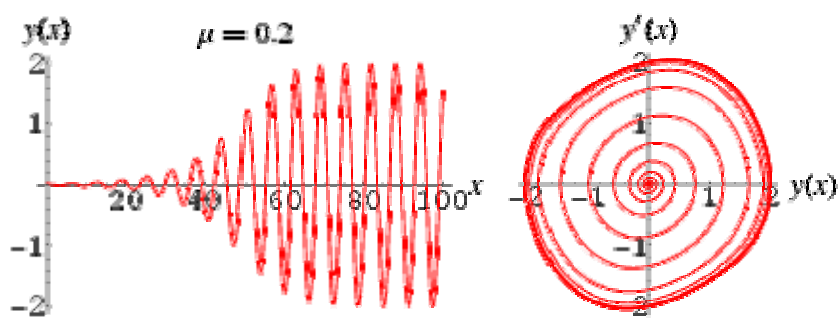
мұндағы  $A$  – ыртқы гармоникалық сигналдың амплитудасының шамасы,  $\omega$  – оның бұрыштық жиілігінің көрсеткіші,  $x$  – нүктенің тұрақты емес координаты,  $\mu$  – тербелістердің сызықтық емес және өшу жылдамдығын сипаттайтын коэффициент.

Ван дер Пол осцилляторы  $\mu$  үшін мәндермен анықталған екі режим бар:  $\mu = 0$  және  $\mu > 0$  болғанда. Әлбетте, үшінші режим  $\mu < 0$  болғанда жоқ, өйткені жүйеде теріс үйкеліс болмайды.

Егер осциллятор сөнбестеп есептелсе, яғни  $\mu = 0$ , онда гармоникалық осциллятор теңдеуі келесідей болады

$$\frac{d^2x}{dt^2} = 0.$$

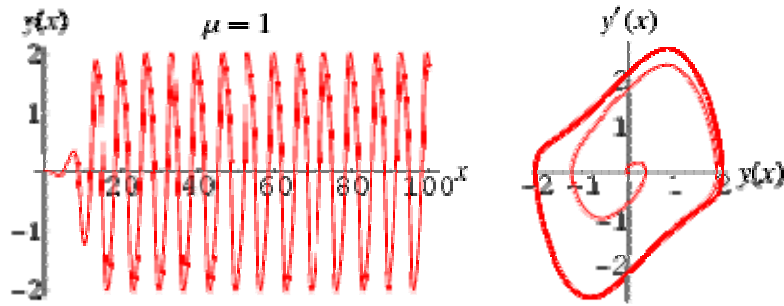
$\mu > 0$  жағдайларда жүйе белгілі бір шекті циклдермен сипатталады. Мән нөлден неғұрлым алыс болса, жүйе хаотикалық сипатқа ие болады. Жүйенің  $\mu$  әрекеті мәндерге қалай байланысты болуы, төмендегі суреттерде көрсетілген.



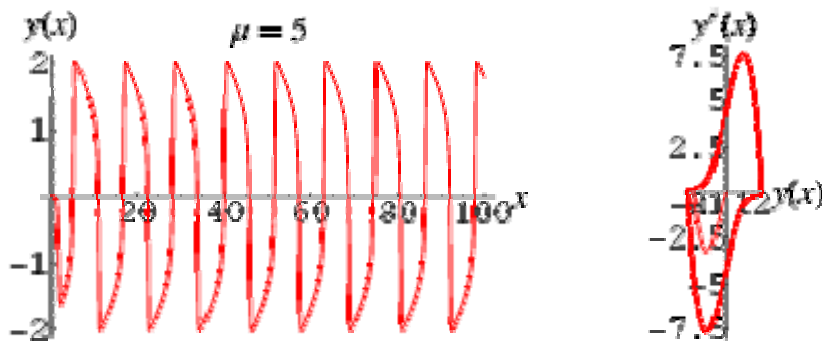
1 Сурет –  $\mu = 0.2$  болғанда жүйенің түрі

**ҒЫЛЫМ МЕН ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ:  
ЖАҢА ИДЕЯЛАР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР  
РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНИКИ:  
НОВЫЕ ИДЕИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

---



2 Сурет –  $\mu = 1$  болғанда жүйенің түрі



3 Сурет –  $\mu = 5$  болғанда жүйенің түрі

Ван дер Пол теңдеуінің басты артықшылықтарының бірі-оның әмбебаптығы. Осы теңдеуге негізделген модельдер әртүрлі қолдану спектрінің өздігінен тербелмелі жүйелерін сипаттауға мүмкіндік береді.

Осылайша, наносистемалардағы Ван дер Пол теңдеуінің арқасында кванттық жүйені құрудың бірқатар өзекті мәселелерін зерттеу мүмкін болды. Екі байланысқан осциллятордың динамикасының кванттық ауытқуларға тәуелділігін зерттеу Магда И.И., Пашенко А.В. еңбектерінде келтірілген. Ван дер Пол осцилляторы атмосфералық физика есептерін зерттеу үшін қолданылады. Кеңістіктік өзін – өзі тербеліс жүйесін ұсынуда табиғаттан үлкен ауытқулары бар тропикалық циклон моделі қарастырылады.

Модельдік жүйе Ван дер Полдың екі байланысқан модификацияланған осцилляторы түрінде болады. Ван дер Пол теңдеуі цилиндрге айналатын құйындардың пайда болуының гидродинамикалық есептерін модельдеуде қолданылады. Ван дер Пол осцилляторын кеңінен қолдану ақпараттық тапсырмалар мен қосымшаларда сипатталады. Сонымен, Скоп Р.А. осы модельді қолдана отырып, фракталдық қасиеттері бар сигналдарды генерациялаудың қолданылуын қарастырды. Факчинетти М.Л. және т.б. еңбектерінде Ван дер Пол осцилляторында өздігінен тербелістерді құру алгоритмі негізінде төмен жиілікті спектрмен деректерді жасырын беру әдісі зерттеледі.

### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Д.С. Джумабаев «Признаки однозначной разрешимости линейной краевой задачи для обыкновенного дифференциального уравнения» / А., 1989
2. И.И. Магда, А.В. Пашенко, С.С. Романов «К теории пучковых обратных связей в генераторах с виртуальным катодом», 2003
3. M.L. Facchinetti, E. Langre, F. Biolley «Vortexshedding modeling using diffusive van der Pol oscillators», 2002