

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы  
АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТИ

Компьютерлік техникалар  
кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»

Кафедра меңгерушісі

ф.-и.ғ.р., доцент Құранбаев З. Қ.  
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)  
Қу «24» «05» 2016 ж.  
(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы:

«Бірлескі кәсіп әрістері қозғалысты  
компьютерлік моделдеу»

53070400 - «Солтүстік техникалық және білім беру мамандығы бойынша  
қамтамасыз ету»

Орындаған Филансқара Әрайым 87к-12-1  
(аты-жөні) (тобы)

Жетекші ф.-и.ғ.р., доцент Құранбаев З. Қ.  
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Кенесшілер:

Экономикалық болім бойынша:

З. Қ. профессор Түзелбаев Б. Ш.  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
Тү «24» «05» 2016 ж.  
(қолы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:

ф.-и.ғ.р., доцент Хакимжанов Т. Е.  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
Тү «24» «05» 2016 ж.  
(қолы)

Есептеу техникасын қолдану бойынша:

ф.-и.ғ.р., профессор Құранбаев З. Қ.  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
Қу «24» «05» 2016 ж.  
(қолы)

Мөлшер бақылаушы:

ф.-и.ғ.р., профессор Құранбаев З. Қ.  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
Қу «24» «05» 2016 ж.  
(қолы)

Нісіп жазушы:

п.ғ.р., профессор Сатбағиршев О. С.  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
С. С. «24» «05» 2016 ж.  
(қолы)

Алматы 2016

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы  
АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

«Ақпараттық және аэрокосмостық технологиялар» факультеті  
«Солтеу техникасы және бағдарламалық жүйелерді жасау» мамандығы  
«Компьютерлік технологиялар» кафедрасы

жобаны орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Беккеріқоза Арайған  
(аты - жөні)

Жоба тақырыбы «Бірлескі күш әрісіндегі қозғалыста  
компьютерлік модельдеу»  
ректордың «10» наурыз 2016 ж. №21 бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «24» мамыр 2016 ж.

Жобаға бастапқы деректер (талап етілетін жоба нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері)

Бастапқы деректер – бірлескі күш әрісіндегі  
решенің қозғалысшы математикалық моделі;  
Бірлескі күш әрісіндегі решенің қозғалысшы  
компьютерлік моделі.

Диплом жобасындағы әзірленуі тиіс сұрақтар тізімі немесе диплом жобасының қысқаша мазмұны:

- Бірлескі күш әрісінде решенің қозғалысы туралы есептің қойылуы;
- Тақырыпқа қатысты мабидаттың анықталуы туралы;
- Математикалық модель мен математикалық есептің қойылуы;
- Бірлескі күш әрісіндегі решенің қозғалысшы компьютерлік моделі.

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

- Саяси шешуірлі саясат әрекеттері туралы лекциялар;
- Саяси шешуірлі шешімдері;
- Саясатты шешуірлі программалық жобалар;
- Саясатты әкелеріміз және олардың әрекеттері.

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

1. Вурицкая А. И. Политическая философия: Лекции для молодежи исследователей. От идеи к технологии / Вурицкая А. И. - М.: Колос, 2008.
2. Тихонов А. Н., Костомаров Д. Ф. Вторая лекция по политической философии. - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984.

Жоба бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

бөлімшелер	кеңесші	мерзімі	КОЛЫ
Экономика	Түзелбаев Б.		
Тіршілік қажетсіз	Жақияшев Т.	25.01 - 24.05.16	
Саяси технологиялар	Жүзбаев З. С.		
қорғаны			

КЕСТЕСІ

№ р/с	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1.	Дипломдық жұмыстың мақсаттары мен міндеттері	24.02.2016	
2.	Жеделгі әдістер мен тәсілдер	25.02.2016	
3.	Дипломдық жұмыста алды қолданатын мақсат-тарға қолы	29.02.2016	
4.	Бағдарламалық жоспар және ортасын таныту	02.03.2016	
5.	Әкпәрияның есептеулері басталу	10.03.2016	
6.	Математиканың есептері қарастыру	14.03.2016	
7.	2елркі 7 бағдарламасын және жоспарды құру	28.03.2016	
8.	Әкпәрияның есептері, әдістері, әдістерінің есептері	04.04.2016	
9.	Бағдарламаның есептері қарастыру	25.04.2016	
10.	Әкпәрия және жұмыстың	21.04.2016	

Тапсырманың берілген уақыты « 24 » ақпан 2016 ж.

Кафедра меңгерушісі Қу... ф.-м.д.р., прор. Құралибаев З.Г.  
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жоба жетекшісі Қу... ф.-м.д.р., прор. Құралибаев З.Г.  
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы қабылдаған студент Әбб... Әббасқұлова Әбілмәлі  
(қолы) (аты-жөні)

## **АННОТАЦИЯ**

Дипломная работа посвящена модельному исследованию одной из актуальных задач о движениях тела в однородном силовом поле. В качестве метода исследования использовались методы компьютерного моделирования. С помощью компьютерной модели проведен численный эксперимент. В результате теоретического исследования и численного эксперимента компьютерной модели получены результаты, которые представлены в виде таблиц и графиков. Результаты исследования имеют теоретический и практический интерес для изучения движений тела в силовом поле.

## **ANNOTATION**

Thesis is devoted to the study of the model of one of the most urgent tasks of the movements of the body in a uniform force field. As a method of study used computer modeling techniques. With the help of a computer model of a numerical experiment was carried out. As a result of theoretical studies and numerical computer model experiment produced results that are presented in tables and graphs. The findings have theoretical and practical interest for the study of body movement in a force field.

## **АНДАТПА**

Дипломдық жұмыс дененің біркелкі күш өрісіндегі қозғалысын модельдік зерттеуге арналған. Зерттеу әдісі ретінде компьютерлік модельдеу әдістері қолданылған. Есептің компьютерлік моделінің көмегімен сандық эксперимент жүргізілді. Компьютерлік модельді теориялық зерттеулермен қатар, сандық эксперимент орындаудың нәтижесінде алынған материалдар кестелер мен графиктер түрінде берілген. Жұмыстың нәтижелері дененің қозғалысын зерттеуде теориялық және практикалық маңызы зор.

## **МАЗМҰНЫ**

**ҚОЛДАНЫЛҒАН БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР ..... 11**

КІРІСПЕ .....	12
1 БІРКЕЛКІ КҮШ ӨРІСІНДЕГІ ДЕНЕНІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ.....	16
1.1 Біркелкі күш өрісінде дененің қозғалысы туралы есептің қойылуы	17
1.2 Тақырыпқа қатысты табиғаттың фундаменталь заңдары.....	18
1.3 Математикалық модель мен математикалық есептің қойылуы .....	21
2 БІРКЕЛКІ КҮШ ӨРІСІНДЕГІ ДЕНЕНІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛІ.....	24
2.1 Есепті шешудің сандық әдістері туралы мәліметтер .....	25
2.2 Есепті шешудің алгоритмдері.....	27
2.3 Есептерді шешудің программалық жабдығы.....	28
3 КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬ АЯСЫНДАҒЫ САНДЫҚ ЭКСПЕРИМЕНТ .....	38
3.1 Сандық эксперимент жоспары және алғашқы деректер.....	38
3.2 Эксперимент нәтижелері.....	39
3.3 Есептің шешімдерін талдау және практикалық маңызы .....	41
4 ЭКОНОМИКАЛЫҚ БӨЛІМ .....	43
4.1 Жобалау және әзірлеу бойынша жұмыстың құнын есептеу .....	43
4.2 Есептеу бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеуге арналған шығындар.....	47
4.3 Қорытынды .....	50
5 ТІРШЛІК ҚАУІПСІЗДІГІ .....	51
5.1 Денсаулыққа әсер ететін қолайсыз факторларды талдау .....	51
5.2 Бөлмедегі микроклимат.....	51
5.3 Жұмыс орнын жарықтандыру .....	53
5.4 Электромагниттік сәуле әсері және электр өрісі .....	54
5.5 Шу және діріл.....	54
5.6 Бағдарламаушы денсаулығына әсер ететін басқа да факторлар.....	55
5.7 Жұмыс орнының ерекшеліктері .....	55
5.8 Пайдаланылған жабдықтар.....	56
5.9 Реттеу бөлімі.....	56

5.9.1 Шу әсерінен акустикалық есептеу және дәлелдеу .....	56
5.9.2 Операциялық бөлмеде ауаның иондалуы деңгейін есептеу .....	60
ҚОРЫТЫНДЫ .....	61
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТ .....	62
ҚОСЫМША.....	63

## **ҚОЛДАНЫЛҒАН БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР**

Дипломдық жұмыста келесі белгілеулер мен қысқартулар қолданылды:

$m$  – дененің массасы;

$x$  – абцисса осі;

$y$  – ордината осі;

$t$  – уақыт;

$F$  – сырттан әсер етуші күш;

$\vec{F}$  – әер етуші күштің векторы;

$q$  – элементар бөліктің зарядының мөлшері;

$\vec{E}$  – электр өрісінің кернеуі;

$\vec{g}$  – ауырлық күшінің векторы немесе тарту күшінің үдеуі.

## **КІРІСПЕ**

Табиғат пен қоғамды зерттеуші ғалымдар ондағы заңдар мен даму процестерін анықтауда әртүрлі зерттеу әдістерін қолданған. Зерттеу



әдістерінің түрлері көптеп саналады, оның ішінде адам зердесі, ойлау және талдау мүмкіншіліктерімен қатар, әртүрлі құралдарды (инструменттер мен приборларды) пайдалану, зертханалық және натурлық зерттеулер және тағы басқа тәсілдер қолданылады [1,2]. Ғылыми зерттеулердің қоғамның дамуы мен экономиканың өрлеуіне тигізетін әсері үлкен болғандықтан, әсіресе кейінгі заманда, оларға көңіл көбірек бөлінеді. Ғылымы, техникасы мен технологиясы дамыған ел алдыңғы қатардағы ел болып саналады.

Ғылыми-техникалық зерттеулердің соңғы жылдардағы даму сатысында оның күрделенуі бұрынғы дәстүрлі зерттеу әдістерімен қатар жаңа әдістерді қолданудың қажеттілігі туды. Адамзат алдына қойылатын проблемаларды шешу жаңа ғылыми зерттеулерді, оның ішінде басымды (приоритетті) мәселелерді шешу, аса күрделі есептерді шешуді қажет етеді. Егер ерте кездерде ғалымдар өздерінің зердесін (ойлау мүмкіншіліктерін) пайдаланған болса және өзінің гипотезалары мен идеяларын тексеру үшін зертханалық зерттеулер жүргізетін. Кейде натурлық эксперименттер (зерттелінетін объектілердің өзінде) жасау мүмкіншіліктері болса, кейінгі кезде адамзат алдына қойылатын күрделі проблемаларды зерттеу үшін ол әдістер жеткіліксіз болса, ал кейде ол проблемаларды зерттеу үшін зертханалық немесе натурлық зерттеулер мүмкін болмады. Мысалы, ядролық процестер мен климатты зерттеулер, экономикалық және қоғамдық заңдылықтарды және тағы басқа проблемаларды зерттеу ісінде зертханалық немесе натурлық эксперименттер мүмкін болмайды. Кейбір мәселелерді зерттеулер адам өміріне қатерлі де болады немесе ақпарат алу мүмкіншілігі болмайды.

Осындай жағдайларда математикалық модельдерді қолдану ғалымдар үшін негізгі, кейде жалғыз, зерттеу құралы болады [1]. Кейбір зерттеулерде математикалық модельдеу әдістері зертханалық және натурлық зерттеулермен қатар қолданылады. Математикалық модельдеу әдістерінің негізгі артықшылығы кез келген проблеманы математикалық есепке келтіру, математикалық формулалар арқылы сипатталынған заңдарды алу және сандық эксперименттер жасау мүмкіншіліктері. Болашақта, ғылым мен техниканың дамуымен математикалық модельдеудің рөлі аса маңызды болып келеді [1,2]. Көптеген күрделі құбылыстар мен үдерістердің зерттеуіне байланысты қол жетімсіздігі байқалады, тіпті қазіргі заманғы құралдар көмегімен объект параметрлерінің мәнін анықтау мүмкін емес. Кейбір жағдайларда, математикалық модельдеу әдістері күрделі құбылыстарды зерттеу үшін ғана жасалғандай.

Есептеу техникасы сияқты қуатты құралдың пайда болуы математикалық модельдеу әдістерін кеңінен пайдалануға мүмкіндік берді. Математикалық модельдерден алынған математикалық проблемаларды, үлкен мөлшердегі деректерді өңдеу және сақтау сияқты мәселелердің көпшілігі, тиімді компьютерлік техниканың көмегімен шешілді. Жаңа үлгілеу әдістері деп аталатын *компьютерлік модельдеу* әдістері пайда болды [1-3].

*Компьютерлік модельдеу.* Компьютер тек математикалық есептерді шешу құралы ғана емес, көптеген нысандарды модельдеу үшін пайдаланылатын болды. Компьютерлік модельдеу, қазіргі уақытта әртүрлі жүйелерді зерттеу үшін ең тиімді әдістерінің бірі болып табылады. *Есептеу эксперименттері* (немесе сандық модельдеу) - компьютерлік модельдеудің көмегімен эксперименттердің жаңа әдістері жүргізілді. *Сандық эксперимент* деп аталатын – эксперименттің жаңа түрі пайда болды, ол ақпараттың үлкен көлемімен, әрі үлкен жылдамдықпен сандық талдау орындауға мүмкіндік береді.

Компьютерлік модельдеудің басты *ерекшелігі* - оның қарапайымдылығы, оларды құру мен модификациялаудың жеңілдігі болып табылады. Математикалық және бағдарламалық қамтамасыз ету ғана өзгеріске ұшырайды. Сонымен қатар, компьютерлік модель, ең үздік (тиімді) нысан үлгісінің талдау және іріктеу үшін өте маңызды, түрлі нұсқаларды қарастыру мүмкіндігінің болатынымен ерекшеленеді. Жүйелілік және ресімделетін компьютерлік модельдерді өзгерту ішкі және сыртқы жағдайларға байланысты талдау, зерттелетін объектілердің қасиеттерін анықтайтын негізгі факторларды анықтауға мүмкіндік береді.

Компьютерлік модельдеу объектінің алғашқы сапалы моделін, содан кейін сандық моделін салуды ұсынады. Бұл әрекетті орындау үшін, сандық эксперименттер жүргізіледі, нәтижесі талданады және талдау негізінде олардың нақты моделін қабылдайды.

*Компьютерлік есептеу эксперименті.* Компьютерді қолдануға байланысты кеңінен қолданылатын сандық модельдеу сандық әдістерге (компьютерлік) айналды. Сандық әдістердің артықшылығы кез келген практикалық мәселелерді шешу қабілеті болып табылады. Компьютерге негізделген алгоритм бойынша мәселені шешу үшін, бағдарлама қабылдануы тиіс. Қазіргі заманғы компьютерлер деректерді, кіріс нұсқалардың түрлі есептеулер орындауға мүмкіндік береді. Компьютерлік есептеу эксперименті деп аталатын, түрлі тапсырмалар мен олардың нәтижелерін талдау үшін сандық есептеулер болып табылады.

Компьютерлік модельдеу әдістерін пайдаланатын ғылым салаларының бірі – әртүрлі денелердің немесе элементар бөлшектердің қозғалысын зерттеу болып есептеледі. Мұндай есептер физика, механика және басқа ғылым салаларында жиі кездеседі. Осындай есептердің бірі – кез келген дененің біркелкі күш өрісіндегі кедергісіз қозғалысын зерттеу. Мұндай есептерді шешу классикалық механика мен физика есептерін шешуде белгілі бір *өзекті проблема* болып есептеледі. Бұл ұсынылып отырған дипломдық жұмыста осы өзекті мәселеге байланысты есепті шешу үшін компьютерлік модельдеу әдістерін пайдаланудың мүмкіндігін көрсетуге арналған.

**Жұмыстың мақсаты.** Жұмыста қарастырылатын есепті шешудің негізгі мақсаты - біркелкі күш өрісінде дененің кедергісіз қозғалысының математикалық моделінің негізінде оны компьютерде сандық эксперимент

жасау үшін әртүрлі есептеу алгоритмдерін пайдалану арқылы компьютерлік моделін құрастыру.

**Тақырыптың өзектілігі.** Қазіргі кезде практикалық есептерді шешу үшін компьютерлік модельдеу әдістерін пайдалану өзекті мәселе болып есептеледі. Оның негізгі себептері мыналар:

- біріншіден, күрделі есептерді шешуге арналған аналитикалық әдістердің көпшілігі аса күрделі математикалық формулалар түріндегі шешімдерге келтіреді; оларды талдау қиындықтарға келтіреді;

- екіншіден, кейбір есептерді шешудің аналитикалық әдістері болмағандықтан сандық әдістерді пайдалану қажет болады; ондай жағдайда жылдам әрі үлкен көлемді ақпараттарды өңдеуге арналған компьютерлерді пайдалану қажет болады;

- үшіншіден, компьютерлік модель сандық эксперименттер жүргізуге мүмкіндік береді; қазіргі кезде зертханалық және натурлық эксперименттер жасау көп шығынды қажет етеді, кей жағдайларда ондай эксперименттер жасаудың мүмкіндігі болмайды;

- төртіншіден, зертханалық және натуралдық экспериментермен қатар, сандық эксперименттер де қажет болатын жағдайлар болады.

Сондықтан, жұмыста қарастырылатын есепті шешуге компьютерлік модельдеуді пайдалану *өзекті мәселе* болып табылады.

**Жұмыстың жалпы сипаты.** Дипломдық жұмыстың тақырыбы дененің қозғалысын теориялық зерттеуге арналған; қарастырылатын есептің математикалық моделі негізінде компьютерлік моделі құрастырылған. Компьютерлік модельге негізделген алгоритм мен программа сандық эксперимент үшін пайдаланылған.

**Зерттеу әдістері.** Жұмыста қарастырылған есепті зерттеу үшін математикалық және компьютерлік модельдеу әдістері пайдаланылып, шешімдерді зерттеу үшін сандық эксперимент әдісі қолданылған.

**Теориялық және практикалық маңызы.** Жұмыста шешілген есептің теориялық және практикалық маңызы дененің қозғалысы туралы есептерді компьютерлік модельдеумен байланысты. Мұнда компьютерлік модельдеудің ерекшеліктері мен артықшылықтары іс жүзінде қарапайым мысал арқылы көрсетілген.

**Жұмыстың құрамы мен көлемі.** Дипломдық жұмыс кіріспеден, 5 бөлімнен, 65 беттен тұрады; құрамында 20 сурет және 13 кесте бар. Пайдаланылған әдебиет саны 14.

Дипломдық жұмыстың *бірінші бөлімінде* тақырыпқа байланысты негізгі түсініктер мен анықтамалар берілген. Біркелкі күш өрісі туралы, ондағы дененің қозғалысын сипаттайтын физикалық заңдылықтар келтірілген. Осында қарастырылатын есептің математикалық моделін құрастыруға пайдаланылатын табиғаттың белгілі заңдары, оларды сипаттайтын математикалық формулалар берілген. Келтірілген фундаменталды физика заңдарының негізінде есептің математикалық моделі құрастырылған. Математикалық модель негізінде математикалық есеп

қойылған. Мұнда дифференциалдық теңдеулер системасы үшін Коши есебі қарастырылған.

*Екінші бөлім* қойылған есепті шешудің алгоритмдері мен программаларына арналған. Сонымен қатар, есепті шешуде компьютерлік модельдеудің қажеттілігі мен программалық жабдығы туралы мәлімет берілген.

*Үшінші бөлімде* есепті шешу процесіндегі сандық эксперимент қарастырылған. Эксперимент нәтижесі графиктер мен кестелер түрінде берілген. Осы бөлімде эксперимент нәтижелері талданған. Жұмыстың қорытындысы алынған нәтижелердің талдауынан жасалынды.

## **1 БІРКЕЛКІ КҮШ ӨРІСІНДЕГІ ДЕНЕНІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ**

Кейбір практикалық есептерді қарастырғанда көбінесе олардың қарапайым модельдері қолданылатын. Оның негізгі себебі - күрделі модель

аса күрделі математикалық есепке келтіретін болғандықтан оны шешу қиындықтарға келтіретін. Қарапайым модель есептің шешіміне әсер етуші көпшілік факторларды ескермеуді, тек кейбіреулерін ғана ескеруді қажет ететін. Мұндай жағдай шешімнің маңызын төмендетеді. Ал әсер етуші факторлардың көпшілігін ескеріп құрастырған модель күрделі математикалық есепке келтіретіні белгілі. Күрделі есептердің көпшілігі аналитикалық әдістермен шешілмейді. Сондықтан сандық әдістерді қолдануға адам мәжбүр болады.

Осыған байланысты есептеу техникасының пайда болуы және оның мүмкіншіліктерінің қарқынды дамуы математикалық және компьютерлік модельдеу әдістерінің дамуына, олардың зерттеу жұмыстарында кеңінен пайдалануына келтірді. Кейінгі кездері кейбір аналитикалық шешімдері анықталатын есептердің өздерін шешу үшін де сандық әдістер қолданылатын. Оның себебі – жылдамдығы аса зор компьютерлер есептің өте көп нұсқаларын жылдам әрі үлкен дәлдікпен шешу мүмкіншілігі есептің шешімдерін талдау үшін есептеу техникасын пайдалану мүмкіншілігіне ие болуы.

Дипломдық жұмыстың осы бөлімінде табиғатта және зерттеу жұмыстарында жиі кездесетін есептердің бірі – дененің біркелкі күш өрісіндегі қозғалысы туралы есеп қарастырылады. Бұл есептің де кейбір жеке жағдайларының аналитикалық шешімдерін табуға болады. Бірақ оларды сипаттайтын математикалық формулалар күрделі болғандықтан, есептің шешімдерін талдау жасау үшін компьютерлік модельдеу әдістерін қолданып, сандық эксперимент жүргізген тиімді болады.

## **1.1 Біркелкі күш өрісінде дененің қозғалысы туралы есептің қойылуы**

Табиғи құбылыстарды зерттеулерде жиі кездесетін физика есептерінің бірі – белгілі бір күш өрісінде дененің қозғалысын зерттеу. Мұндай есептер ұшақтардың, ғарыш аппараттарының, элементар бөлшектердің және тағы басқа денелердің қозғалысын зерттеу кездерінде кездесетіні белгілі [ 1 ].

Алдымен осында пайдаланылатын кейбір түсініктерге анықтама берілсін делік.

Кез келген дене белгілі бір факторлардың әсерінде болады; ол факторлардың әсері осы денелердің жағдайын анықтайды. Соның бірі - дененің қозғалысы. Табиғаттың заңдары кез келген қозғалыстың белгілі бір күштердің әсерімен болатынын көрсететіні белгілі немесе дене белгілі бір күш өрісінде қозғалыста болады.

*Күш өрісі* дегеніміз белгілі бір табиғи күштердің басқа денелерге әсері болатын кеңістік. Егер денеге әсер етуші күш уақыт пен кеңістіктің координаталарынан тәуелсіз болса, онда ол *біркелкі күш өрісі* деп аталынады. Мұндай жағдайда біркелкі күш өрісінің кернеу векторы тұрақты болады.

Осыған байланысты, біркелкі күш өрісінің әсер ету кеңістігіндегі денеге әсер ететін күш те тұрақты болады.

Осындай есептерге келтірілетін екі мысал қарастырылсын. Бірінші мысал - біркелкі электр өрісіндегі қарапайым бөлшектердің қозғалысына қатысты. Бұл есеп қарастырылатын болса, онда оған әсер етуші күш келесі формула арқылы анықталады:

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E},$$

ал екінші мысал - Жердің біркелкі тарту (гравитациялық) күштерінің өрісі үшін келесі формула қолданылады:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{g}.$$

Осы жоғарыда келтірілген формулалардағы параметрлердің физикалық мәндері физика пәнінен белгілі:

$\vec{F}$  – әсер етуші күштің векторы;

$q$  – элементар бөліктің зарядының мөлшері;

$\vec{E}$  – электр өрісінің кернеуі;

$m$  – дененің массасы;

$\vec{g}$  – ауырлық күшінің векторы немесе тарту күшінің үдеуі.

Осы келтірілген екі мысалдағы күштерді сипаттайтын формулалардың ұқсастығын пайдаланып, бірін ғана қарастыруға болады. Бұл жерде массасы берілген дененің біркелкі күш өрісіндегі қозғалысын әр түрлі жағдайлар үшін зерттеу керек.

Сонымен, *физикалық есеп* келесі түрде қойылады: *берілген біркелкі күш өрісіндегі массасы берілген дененің қозғалысын әртүрлі жағдайлар үшін зерттеу керек.*

Зерттеу жұмысы үшін математикалық әдістерге негізделген компьютерді қолдануға мүмкіншілік беретін компьютерлік модельдеу әдістері қолданылады. Компьютерлік модельдеуден бұрын қарастырылатын есептің математикалық моделі құрастырылуы тиіс. Есептің *математикалық моделі* дегеніміз оны сипаттайтын негізгі параметрлерді байланыстыратын математикалық формулалардың жиыны [ 2 ]. Есептің сипатына байланысты математикалық модельді құрайтын формулалар әртүрлі болуы мүмкін. Оның құрамында алгебралық және дифференциалдық теңдеулер немесе олардың системалары, интегралдар мен интегралдық теңдеулер, әртүрлі шарттар мен формулалар және тағы басқалар.

Жоғарыда айтылғандай, модельді құрайтын формулалар жиыны ескерілетін денеге әсер етуші факторларға да байланысты. Құрастырылған математикалық модель математикалық есеп қоюға мүмкіншілік береді.

Математикалық модель табиғаттың белгілі фундаментальды заңдарының негізінде құрастырылады. Сондықтан осында қолданылатын кейбір физиканың (табиғаттың) заңдары қарастырылсын.

## 1.2 Тақырыпқа қатысты табиғаттың фундаменталь заңдары

*Ньютонаң бірінші заңы* (инерция заңы). Кез-келген денеге, оған сырттан басқа күш әсер етпесе, өзінің тыныштық күйін немесе бірқалыпты және түзу сызықты қозғалыс күйін жалғастырып тұрады.

*Ньютонаң екінші заңы*. Денде туындайтын үдеу оған әрекет етуші күшке тура пропорционал, ал оның массасына кері пропорционал.

Ньютонаң анықтауы бойынша, қозғалыс шамасы массасы мен жылдамдыққа тепе-тең. Сонда аналитикалық өрнек ретінде Ньютонаң екінші заңы [2]:

$$\frac{d(mv)}{dt} = F \quad (1.1)$$

Бұл формулада:  $m$  – масса,  $v$  – жылдамдық,  $F$  – күш,  $t$  – уақыт. Бұл динамиканың негізгі заңы болып саналады.

*Ньютонаң үшінші заңы*. Әрбір әрекет етуші күшке оған кері бағытталған қарсы әсер болады, басқаша айтқанда, екі дене бір-біріне шама жағынан тең, бағыты жағынан қарама-қарсы күштермен әсер етеді.

Кинематика, статика және динамика деп механиканы бөлуге болатыны белгілі [2]. Бұл бөлімде қаралатын тапсырмалар динамикаға жатады. Динамикада денеге әсер етуші күш, осы дененің қозғалысын анықтайды және керісінше, қозғалысқа күш әрекет ететін есептер шешіледі.

Бірінші осы есептерде әсер ететін күш, бастапқы жылдамдығы мен бастапқы кезі белгілі болса, онда дененің қозғалыс заңын анықтауға мүмкіндік береді. Екінші есепте қолданыстағы дене күшін, оның қозғалыс заңы белгілі болғанда анықтайды.

Қозғалыстағы денені қарастырған кезде, оның қозғалысының барлық нүктелеріндегі жағдайлары да анықталады. Тапсырмаларға байланысты денені, кейбір нүктелерінің жиынтығы немесе кейбір материалдық нүкте деп қарастыруға болады. Бір сөзбен айтқанда, модельденген қозғалыстағы денені, қозғалыс ретінде материалдық нүкте немесе қозғалыс жүйесіндегі материалдық нүкте ретінде қарастырылады. Механикада материалдық нүкте - массасы берілген нүкте деп аталынады.

Сондықтан, мысал ретінде осы бөлімде қарастырылатын кейбір есептерде, ғарыш аппараты (объект) материалдық нүкте ретінде қарастырылады. Осыған байланысты бұл жерде түрлі тапсырмаларды орындауға арналған математикалық модельдерді құрастыру үшін алдымен осы жерде қажет болатын теоремалардың қарастырылғаны жөн.

*Қозғалыс нүктесінің өзгеруі туралы теорема*. Қозғалыстағы материалдық нүктенің өзгеруі, оның қозғалыс санының өзгеруімен сипаттауға болады; сонда келесі тұжырым орындалуы тиіс: қозғалыс санының белгілі бір берілген уақыт аралығында өзгеру мөлшері оған сырттан әсер ететін күштің импульсына тең [2]. Бұл тұжырым келесі түрде жазылады:

$$mv - mv_0 = S, \quad S = \int_{t_0}^t F dt. \quad (1.2)$$

Мұндағы  $[t_0, t]$  уақыт аралығындағы  $S$  күштер импульсі;  $mv$  – қозғалыс саны деп аталады. Бұл (1.2) формуласы векторлық түрде жазылған. Егер ол теңдеу тік бұрышты координаттар жүйесінің остеріне проекцияланған болса, онда келесі үш скалярлық теңдеулер түрінде жазылады:

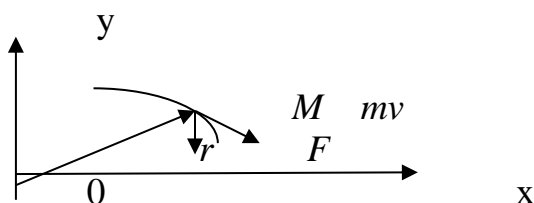
$$m \frac{dx}{dt} = S_x, \quad m \frac{dy}{dt} = S_y, \quad m \frac{dz}{dt} = S_z. \quad (1.3)$$

Мұндағы  $S_x, S_y, S_z$  – күштер импульсының қарастырылған координата остеріне  $(x, y, z)$  түсірілген проекциялары.

*Қозғалыс моменттері туралы теорема.* Көпшілік жағдайларда дененің күш өрісіндегі қозғалысы бір орталықтан әсер ететін күшке байланысты болады. Мысалы, Күн системасында планеталардың қозғалысы. Егер дененің қозғалысы бір орталыққа байланысты әрекет ететін күшке қатысты болса, онда олардың сол орталық нүктеге қатысты қозғалыс моменті уақыт бойынша өзгеруі әсер етуші күштердің сол нүктеге қатысты моментіне тең болады. Бұл теорема бойынша келесі векторлық формадағы теңдеу жазылады:

$$\frac{d}{dt}(r \times mv) = r \times F. \quad (1.4)$$

Бұл жердегі  $r \times mv$  қозғалыс санының берілген  $O$  центріне қатысты моменті,  $r \times F$  – сыртқа әсер етуші  $F$  - күшінің осы орталық нүктеге қатысты моменті. Мұнда  $r$  - векторлық радиусы (1.1 – сурет). Кей кезде бұл теореманы материалдық нүкте қозғалыс санының моментінің өзгеруі деп те атайды.



1.1 сурет – Координаттар жүйесі және  $M$  материалдық нүктеге әсер ететін күштер

*Материалдық нүктенің кинетикалық энергиясының өзгеруі туралы теорема.* Материалдық нүктенің кинетикалық энергиясының өзгеруі (дифференциалы) күштің нүктеге әсерінен болатын жұмысқа тең. Векторлық формада ол келесі түрде жазылады:

$$d\left(\frac{mv^2}{2}\right) = F \cdot dr. \quad (1.5)$$

Бұл формулада  $\frac{mv^2}{2}$  - материалдық нүктенің кинетикалық энергиясы, ал  $F \cdot dr$  -  $F$  күшінің  $dr$  қарапайым қозғалыс үшін орындалатын жұмысы.

*Потенциалдық күш өрісі.* Алдағы есептеу жұмыстарына қажет күш туралы анықтамалар қарастырылсын.



1 - Анықтама. Кеңістіктегі облыста әрбір нүктесінде әрекет ететін нақты күш болып табылатын, бір мәнді, шектеулі және дифференциалдық функциясы осы нүктедегі координаталар *күштік өріс* деп аталады.

2 – Анықтама.  $\phi(x, y, z)$  - функциясы потенциал функция деп аталады, егер оның дифференциалы қарапайым жұмысқа тең болса:

$$d\phi(x, y, z) = \frac{\partial\phi}{\partial x} dx + \frac{\partial\phi}{\partial y} dy + \frac{\partial\phi}{\partial z} dz. \quad (1.6)$$

3 – Анықтама. Күштік өріс *потенциалды* деп аталады, егер оған әсер ететін күштер осы функция  $\phi(x, y, z)$  арқылы келесі түрде анықталатын болса:

$$F_x = \frac{\partial\phi}{\partial x}, \quad F_y = \frac{\partial\phi}{\partial y}, \quad F_z = \frac{\partial\phi}{\partial z}. \quad (1.7)$$

Мұндағы,  $F_x, F_y, F_z$  - координаталық остерге  $F$  - тің проекциялары.

Сонымен, материалдық нүкте қозғалысын сипаттайтын негізгі фундаменталды заңдар мен теоремалар қарастырылды. Олар математикалық тәуелділіктердің негізінде математикалық модель жасау үшін қажет. Осыдан кейін қарастырылатын объектінің (дененің) қозғалысына байланысты түрлі есептер мен олардың математикалық моделдері қарастырылатын болады.

### 1.3 Математикалық модель мен математикалық есептің қойылуы

Есептің математикалық моделін құрастырудан бұрын онда қолданылатын параметрлерді белгілеу қажет немесе идентификациялау процесі орындалады. Дененің (кішігірім бөлшектің) параметрлері келесі түрде белгіленсін:

- $m$  – дененің массасы;
- $x$  – абцисса осі;
- $y$  – ордината осі;
- $t$  – уақыт;
- $F$  – сырттан әсер етуші күш.

Жоғарыда келтірілген теоремалар мен заңдарға (1.1) – (1.7) негізделіп, келесі дифференциалдық теңдеулерді жазуға болады. Мұнда, біртекті өрісте болатын дене қозғалысын модельдеу келесі формулалардың системасына келтіріледі [ 3 ]:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -k_1 \cdot \frac{dx}{dt} - k_2 \cdot \frac{dx}{dt} \cdot \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}, \quad (1.8)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -k_1 \cdot \frac{dy}{dt} - k_2 \cdot \frac{dy}{dt} \cdot \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} + \frac{F}{m}.$$

Мұндағы:  $t$  – уақыт, ал  $x$  - абсцисса және  $y$  - ордината координаттары;  $k_1$  және  $k_2$  – дененің қозғалысы болатын облыстағы кездесетін кедергіні сипаттайтын коэффициенттері;  $F$  – күш өрісін сипаттайтын сыртқы күш.

Ескеретін жай, бұл формулаларда кедергі күші жылдамдыққа пропорционал тәуелділікте болады деп саналған; жылдамдық өскен сайын кедергі күші де артады, ал жылдамдық төмендегенде – кедергі де азаяды. Сондықтан (1.8) теңдеулер системасының оң жақтарында жылдамдықтың бірінші дәрежесі қарастырылған. Ал квадрат түбірі астында берілген көбейткіш жылдамдық векторының координата остері арасындағы бұрышты сипаттайды. Себебі (1.8) системасының әрбір теңдеуі қозғалысты сипаттайтын векторлық теңдеудің координата остеріне проекциялары болып есептеледі. Мұнда дене қозғалысы жазықтықта қарастырылған, сондықтан екі теңдеуден тұратын система алынған. Егер қозғалыс үш өлшемді кеңістікте қарастырылатын болса, онда үш теңдеулер системасы қарастырылатын болады.

Бұл дифференциалдық теңдеулер системасы (1.8) екінші дәрежелі; оларды жаңа белгілеулер арқылы бірінші дәрежелі дифференциалдық теңдеулер системасына келтіруге болады:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx}{dt} = u, \\ \frac{dy}{dt} = v, \\ \frac{du}{dt} = -k_1 \cdot u - k_2 \cdot u \cdot \sqrt{u^2 + v^2}, \\ \frac{dv}{dt} = -k_1 \cdot v - k_2 \cdot v \cdot \sqrt{u^2 + v^2} + \frac{F}{m} \end{array} \right. \quad (1.9)$$

Бұл жағдайда дененің жылдамдығының компоненттері белгіленіп, келесі түрдегі белгілеулер енгізілген:  $u = \frac{dx}{dt}$ ,  $v = \frac{dy}{dt}$ .

Егер Жер бетіне жақын кеңістікте біркелкі гравитациялық өрістегі дене қозғалысы қарастырылатын болса, оны анықтау үшін әсер етуші күш келесі түрде қарастырылады:

$$\vec{F} = \{0; -m \cdot \vec{g}\}. \quad (1.10)$$

Егер осы (1.10) формуласы (1.9) формуласындағы төртінші формулаға қойылатын болса, онда қозғалысты модельдеуге мынадай төрт белгісіздері бар төрт дифференциалдық теңдеулердің системасын шешу қажет болады:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx}{dt} = u, \\ \frac{dy}{dt} = v, \\ \frac{du}{dt} = -k_1 \cdot u - k_2 \cdot u \cdot \sqrt{u^2 + v^2}, \\ \frac{dv}{dt} = -k_1 \cdot v - k_2 \cdot v \cdot \sqrt{u^2 + v^2} - g \end{array} \right. \quad (1.11)$$

Осы теңдеулерден дененің қозғалысының сипаттамалары, яғни дененің уақыт бойынша орналасқан орынының координаттары мен қозғалысының

жылдамдығы анықталады. Одан басқа, дененің механикалық энергиясының шамасы да анықталуы тиіс:

$$E = \frac{1}{2} \cdot (u^2 + v^2) + g \cdot y. \quad (1.12)$$

Егер дененің қозғалысына кедергілер болса, онда оның кинетикалық энергиясының мәні төмендеуі тиіс. Егер қозғалысқа кедергілер болмаса, онда кинетикалық энергия өзгермеуі тиіс. Сондықтан дененің қозғалысын сипаттайтын теңдеулердегі механикалық энергияның уақыт бойынша туындысы теріс шама болып табылады, ал кедергі болмаған кезде нөлге теңеледі:

$$\frac{dE}{dt} = -(u^2 + v^2) \cdot (k_1 + k_2 \cdot \sqrt{u^2 + v^2}).$$

Бұл жерде, осы сипаттаудан, физикалық тұрғыдан алғанда, кедергі күштердің болмауынан механикалық энергияның сақталатыны анық. Сандық шешімде механикалық энергияның сақталу мәселесін зерттеп, қойылатын сұрақтың жауабын алу қажет.

Сонымен, қарастырылатын дененің қозғалысын сипаттайтын дифференциалдық теңдеулер системасын келесі жалпы түрде жазуға болады:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= u(t), \\ \frac{dy}{dt} &= v(t), \\ \frac{du}{dt} &= A(x, y, u, v, t), \\ \frac{dv}{dt} &= B(x, y, u, v, t). \end{aligned} \quad (1.13)$$

Бұл формулалардағы әрбір теңдеудің белгілі бір физикалық мәні бар. Мысалы, бірінші екі теңдеу жылдамдықты анықтаса, ал үшінші және төртінші теңдеулер дененің қозғалысының үдеуін сипаттайды. Мысалы,  $A(x, y, u, v, t)$  мен  $B(x, y, u, v, t)$  функциялары дененің қозғалысының үдеуінің өзгеруін сипаттайтын функциялар.

Бұл дифференциалдық теңдеулер системасын (1.13) шешу үшін алғашқы шарттар немесе уақыттың алғашқы сәтіндегі параметрлердің мәндері берілуі тиіс; олар келесі түрде берілсін:

$$t = 0; \quad x(0) = x_0; \quad y(0) = y_0; \quad u(0) = u_0; \quad v(0) = v_0. \quad (1.14)$$

Мұндағы  $(x_0, y_0)$  – дененің алғашқы орналасу нүктесінің координатасы болса, ал  $(u_0, v_0)$  – алғашқы уақыт сәтіндегі дененің алғашқы жылдамдығы. Есептің тәуелсіз айнымалы шамасы ретінде уақыт  $t$  қарастырылады. Оның мәндері белгілі бір аралықта болуы тиіс, мысалы,  $0 \leq t \leq T$ . Мұндағы  $T$  – дененің қозғалысын қарастыратын берілген уақыт мөлшері.

Осымен, (1.13) дифференциалдық теңдеулер системасы және (1.14) алғашқы шарттарды сипаттайтын формулалар жиыны қойылған есептің *математикалық моделін* құрайды. Осы модельдің негізінде математикалық есеп қойылады.

Сонымен, математикалық модельдеу нәтижесінде келесі Коши есебі алынады: *алғашқы шарттарды (1.14) қанағаттандыратын дифференциалдық теңдеулер системасын (1.13) шешу керек.*

Бұл типтегі есеп дифференциалдық теңдеулер пәнінде жеткілікті зерттелінген; ол туралы теориялық материалдар толық түрде келтірілген. Себебі мұндай математикалық есеп көптеген салаларда жиі қойылады. Осы қойылған математикалық есептің теориялық зерттеулері, оның ішінде есептің шешімінің болу шарттары, ол шешімнің жалғыз болуы дәлелденген [4,5].

Егер бірінші дәрежелі дифференциалдық теңдеулер системасы үшін Коши есебі берілсе, онда мұндай есептерді шешудің сандық әдістері де жеткілікті [6]. Бұл есепті шешудің аналитикалық әдіспен шешілетін жағдайлары тек қарапайым, сызықтық теңдеулер үшін ғана қолданылады. Кейде ондай аналитикалық шешімдердің өздері де күрделі болуы мүмкін; оларды талдау жасауда кейбір қиындықтар кездесуі мүмкін.

Жоғарыда айтылғандай, қазіргі кезде, жоғары өнімділікті компьютерлердің болуы, мұндай есептерді шешу үшін сандық әдісті пайдалану тиімді болғандықтан тиісті сандық әдіс таңдалынады. Сандық әдіс негізінде есепті шешудің алгоритмі мен компьютерлік программасы құрастырылуы тиіс. Компьютерлік программа арқылы сандық эксперимент жасалынып, шешімдерді талдау жасауға болады. .

Ол мәселе, есептің компьютерлік моделін құрастыру, келесі бөлімнің мазмұны болады.

## **2 БІРКЕЛКІ КҮШ ӨРІСІНДЕГІ ДЕНЕНІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛІ**

Алдыңғы бөлімде қойылған математикалық есеп (1.13) – (1.14) жалпы түрде жазықтықта немесе екі өлшемді кеңістікте қарастырылған. Оны үш өлшемді кеңістікте де қарастыруға болады. Оның ешбір ерекшелігі жоқ, себебі оны шешуде қарастырылып отырған есептен айырмашылығы болмайды; тек үшінші айнымалы шама қосылады.

Осы теңдеулер системасының (1.13) үшінші және төртінші теңдеулерінің оң жақтарындағы функциялар сызықтық болмағандықтан, олардың аналитикалық шешімдерін табу белгілі қиындықтарға келтіреді. Сондықтан сандық әдістерді пайдаланып, есептің компьютерлік моделін құрастырған жөн. Ол үшін компьютерлік модельдің негізін құраушы «модель

– алгоритм - программа» атты үштік (триада) құрастырылуы тиіс [1]. Бұл триаданың біріншісі – модель құрастырылды. Енді есепті шешудің әдісі таңдалынып, алгоритмі мен программасы құрастырылуы тиіс.

Сандық әдісті дұрыс таңдау компьютерлік техниканың ресурстарын тиімді пайдалану үшін қажет. Сондықтан қарастырылып отырған есепті шешу үшін қолдануға болатын әдістерді талдау қажет. Ол үшін олар туралы мәліметтер қарастырылып, олардың алгоритмдеріне және олардың негізінде құрастырылған компьютерлік программалардың тиімділігін зерттеу қажет. Тиімділікті анықтаудың көрсеткіші (критерийі) ретінде дененің қозғалысының кинетикалық энергиясының мәні алынады.

## 2.1 Есепті шешудің сандық әдістері туралы мәліметтер

Жұмыстың алдыңғы бөлімінде қойылған бірінші дәрежелі дифференциалдық теңдеулердің системасы үшін Коши есебін (1.13) – (1.14) шешуге арналған сандық әдістердің негізгі идеясы - ондағы дифференциалдық теңдеулерді дискреттеу арқылы алгебралық теңдеулер системасына келтіру. Дифференциалдық теңдеулерді дискреттеу үшін ондағы функциялардың туындыларын шектелген айырмалармен алмастыру керек [6].

Ол үшін математика пәнінен белгілі туындының анықтамасы қолданылады. Алдымен, уақыт  $t$  бойынша кішігірім бөлу қадамы таңдалынады  $\Delta t = h$ . Уақыт бойынша қарастырылатын аралық  $0 \leq t \leq T$  осы қадам бойынша  $n$  элементар бөлікке бөлінеді. Сонда осы уақыт аралығын бөлетін нүктелер (уақыт сәттері) келесі түрде белгіленеді:

$$t_i = t_0 + i \cdot \Delta t, \quad i = 0, 1, 2, \dots, n.$$

Бұл нүктелерді *түйін нүктелері* деп атауға болады; ізделініп отырған шамалардың (параметрлердің) осы нүктелердегі (уақыт сәттеріндегі) дискретті мәндері табылуы тиіс. Басқаша айтқанда, есептің шешімі үзіліссіз функциялар емес, сандық әдіспен шешілгенде есептің дискретті мәндерінен тұратын кестелер алынады. Осы түйін нүктелеріндегі ізделініп отырған параметрлердің мәндерін келесі түрде белгілеуге болады:

$$\begin{aligned} x_i &= x(t_i), & y_i &= y(t_i), & u_i &= u(t_i), & v_i &= v(t_i), \\ a_i &= A(x_i, y_i, u_i, v_i, t_i), & b_i &= B(x_i, y_i, u_i, v_i, t_i). \end{aligned} \quad (2.1)$$

Енді (1.13) дифференциалдық теңдеулеріндегі функциялардың бірінші туындылары келесі формулалар арқылы шектелген айырмалармен алмастырылады:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{x_{i+1} - x_i}{h}; \quad \frac{dy}{dt} = \frac{y_{i+1} - y_i}{h}; \quad \frac{du}{dt} = \frac{u_{i+1} - u_i}{h}; \quad \frac{dv}{dt} = \frac{v_{i+1} - v_i}{h}. \quad (2.2)$$

Бұл формулалар туындыларды шектелген айырмалармен алмастыруды сипаттайды; олардың бірнеше түрлері болуы мүмкін. Әрине бұл формулалар (2.2) туындыларды жуық шамалармен алмастырады. Сондықтан сандық әдістерді пайдалану жуық шешімдерге келтіреді. Әдістердің дәлдігін арттыру

мақсатымен әртүрлі әдістер қолданылады. Осындай әдістерге қысқаша шолу жасалынсын. Бұл жағдайда әдістердің келесі төрт түрі қарастырылсын.

*Эйлер әдісі.* Бұл әдістің формулалары келесі түрде жазылады:

$$\begin{aligned}x_{i+1} &= x_i + u_i \cdot \Delta t, \\y_{i+1} &= y_i + v_i \cdot \Delta t, \\u_{i+1} &= u_i + a_i \cdot \Delta t, \\v_{i+1} &= v_i + b_i \cdot \Delta t.\end{aligned}\tag{2.3}$$

*Кроммер әдісі.* Кроммер әдісінің формулалары:

$$\begin{aligned}u_{i+1} &= u_i + a_i \cdot \Delta t, \\v_{i+1} &= v_i + b_i \cdot \Delta t, \\x_{i+1} &= x_i + u_{i+1} \cdot \Delta t, \\y_{i+1} &= y_i + v_{i+1} \cdot \Delta t.\end{aligned}\tag{2.4}$$

*Орталық нүкте әдісінің формуласы:*

$$\begin{aligned}u_{i+1} &= u_i + a_i \cdot \Delta t, \\v_{i+1} &= v_i + b_i \cdot \Delta t, \\x_{i+1} &= x_i + \frac{1}{2} \cdot (u_{i+1} + u_i) \cdot \Delta t, \\y_{i+1} &= y_i + \frac{1}{2} \cdot (v_{i+1} + v_i) \cdot \Delta t.\end{aligned}\tag{2.5}$$

Осы келтірілген формулалар (2.3) - (2.5) бірінші ретті әдістер деп саналады. Егер бұл әдістер қолданылатын болса, онда әрбір есептеу қадамында жіберілетін қатенің деңгейі  $O(h^2)$  болады; мұндағы  $h = \Delta t$ . Мұндай жағдайда қадам  $h$  өте кішігірім болғанымен есептеу барысында кішігірім қате өте үлкен шамаға жетуі мүмкін, себебі қайталау саны  $n$  өте үлкен болғандықтан кішігірім қатенің өзі үлкен дәрежеге жететіні белгілі. Осыған байланысты дәлдігі жоғары басқа әдістер қарастырылады.

Сондай әдістердің бірі – пайдаланушылар арасында кең тараған Рунге-Кутта әдісі. Бұл әдістің әртүрлі ретке бөлінген түрлері қолданылады. Соның бірі - екінші ретті әдісі; оның формулалары келесі түрде жазылады:

$$\begin{aligned}u_{i+1} &= u_i + \varphi_u, \\v_{i+1} &= v_i + \varphi_v, \\x_{i+1} &= x_i + \varphi_x, \\y_{i+1} &= y_i + \varphi_y.\end{aligned}\tag{2.6}$$

Осы формулаларда мынадай белгілеулер енгізілген:

$$\begin{aligned}\varphi_x &= (u_i + \frac{1}{2} \cdot a_i \cdot \Delta t) \cdot \Delta t, \\ \varphi_y &= (v_i + \frac{1}{2} \cdot b_i \cdot \Delta t) \cdot \Delta t, \\ \varphi_u &= A(x_i + \frac{1}{2} \cdot \psi_x, y_i + \frac{1}{2} \cdot \psi_y, u_i + \frac{1}{2} \cdot \psi_u, v_i + \frac{1}{2} \cdot \psi_v, t_i + \frac{1}{2} \cdot \Delta t) \cdot \Delta t, \\ \varphi_v &= B(x_i + \frac{1}{2} \cdot \psi_x, y_i + \frac{1}{2} \cdot \psi_y, u_i + \frac{1}{2} \cdot \psi_u, v_i + \frac{1}{2} \cdot \psi_v, t_i + \frac{1}{2} \cdot \Delta t) \cdot \Delta t.\end{aligned}\tag{2.7}$$

Мұндағы белгілеулер:

$$\psi_x = u_i \cdot \Delta t, \quad \psi_y = v_i \cdot \Delta t, \quad \psi_u = a_i \cdot \Delta t, \quad \psi_v = b_i \cdot \Delta t. \quad (2.8)$$

Осы әдістердің алгоритмдерін салыстырғанда белгілі бір критерийлерге (өлшемдерге) сәйкес жүзеге асырылуы тиіс. Сондай критерийлердің бірі - олардың заңдардың сақталуын қамтамасыз ететін қабілеті болуы тиіс; олар былайша орындалуы міндетті. Формула бойынша энергияны есептеудің бір қадамында өзгеруі келесі түрде анықталады:

$$\Delta E = \frac{1}{2} \cdot (u_{i+1}^2 - u_i^2) + \frac{1}{2} \cdot (v_{i+1}^2 - v_i^2) + g(y_{i+1} - y_i). \quad (2.9)$$

Энергия өзгерісін тексеру үшін мынадай шарт орындалуы керек: бір қалыпты өріс кезінде, дененің қозғалысына кедергі күш болмаған кезде  $a_i = 0$ ;  $b_i = -g$ , энергияның сақталу заңы орындалуы тиіс. Энергияның сақталу заңы орындалғанда,  $\Delta E = 0$  шарты орындалады. Әрбір сандық әдісті пайдаланғанда есептің жуық шешімі анықталады. Энергияның өзгеруін сипаттайтын формула (2.9) бойынша энергияның сақталу заңы тексеріледі. Әрбір әдістен алынған шешім үшін осыдан алынатын шамалар салыстырылады. Егер ол шама кішігірім болса, онда соған сәйкес әдіс басқаларынан тиімдірек болады деп саналады.

## 2.2 Есепті шешудің алгоритмдері

*Эйлер әдісі бойынша есептің алгоритмі.* Бұл әдіс бойынша ізделініп отырған параметрлердің мәндері (2.3) формулаларының көмегімен анықталады. Келесі уақыт сәтіндегі параметрлердің мәндерін анықтау үшін алдыңғы уақыт сәтіндегі мәндері қолданылады. Осы әдіс бойынша есептеу процесінің алгоритмін келесі түрде сипаттауға болады:

1<sup>0</sup>. Параметрлердің алғашқы мәндерін  $t = 0$ ;  $x = x_0$ ;  $y = y_0$ ;  $u = u_0$ ;  $v = v_0$   $i = 0$ ; енгізу.

2<sup>0</sup>. Келесі уақыт сәтін  $t = t + h$ ;  $i = i + 1$  қарастыру. Циклдың басы.

3<sup>0</sup>. Жаңа уақыт сәтіндегі параметрлердің мәндерін (2.3) формулалары бойынша есептеу.

4<sup>0</sup>. Есептелінген параметрлердің мәндерін шығару.

5<sup>0</sup>. Келесі уақыт сәтіне өту: егер  $i \leq n - 1$  болса, онда 2<sup>0</sup> – ге өту.

6<sup>0</sup>. Циклдың соңы.

*Кромер әдісі бойынша есептің алгоритмі.* Кромер әдісінің Эйлер әдісінен айырмашылығы – алдымен ізделініп отырған жылдамдықты анықтайтын функциялардың мәндері алғашқы уақыт сәті үшін есептелінеді. Осыдан кейін координаталар есептеледі. Сонымен, алгоритмді келесі түрде сипаттауға болады:

1<sup>0</sup>. Параметрлердің алғашқы мәндерін  $t = 0$ ;  $x = x_0$ ;  $y = y_0$ ;  $u = u_0$ ;  $v = v_0$   $i = 0$ ; енгізу.

2<sup>0</sup>. Келесі уақыт сәтін  $t = t + h$ ;  $i = i + 1$  қарастыру. Циклдың басы.

3<sup>0</sup>. Жаңа уақыт сәтіндегі параметрлердің мәндерін (2.4) формулалары бойынша есептеу.

4<sup>0</sup>. Есептелінген параметрлердің мәндерін шығару.

5<sup>0</sup>. Келесі уақыт сәтіне өту: егер  $i \leq n-1$  болса, онда 2<sup>0</sup> – ге өту.

6<sup>0</sup>. Циклдың соңы.

*Орталық нүкте әдісінің алгоритмі.* Осы әдістің ерекшелігі әрбір келесі координаттарды есептеу үшін жылдамдықтың алдыңғы және кейінгі мәндерінің арифметикалық ортасы қарастырылады. Ал жылдамдықтарды анықтайтын формулалар алдыңғы әдістердегідей есептелінеді. Сонымен, алгоритмді келесі түрде сипаттауға болады:

1<sup>0</sup>. Параметрлердің алғашқы мәндерін  $t = 0; x = x_0; y = y_0; u = u_0; v = v_0$   $i = 0$ ; енгізу.

2<sup>0</sup>. Келесі уақыт сәтін  $t = t + h; i = i + 1$  қарастыру. Циклдың басы.

3<sup>0</sup>. Жаңа уақыт сәтіндегі параметрлердің мәндерін (2.5) формулалары бойынша есептеу.

4<sup>0</sup>. Есептелінген параметрлердің мәндерін шығару.

5<sup>0</sup>. Келесі уақыт сәтіне өту: егер  $i \leq n-1$  болса, онда 2<sup>0</sup> – ге өту.

6<sup>0</sup>. Циклдың соңы.

*Рунге-Кутта әдісінің алгоритмі.* Бұл әдістің алдыңғы әдістерден негізгі айырмашылығы әрбір қадамда қосымша есептеулер (2.7) және (2.8) формулаларымен орындалады. Осыдан кейін ғана (2.6) формулалармен ізделініп отырған функциялардың мәндері анықталады. Алгоритм келесі түрде жазылады:

1<sup>0</sup>. Параметрлердің алғашқы мәндерін  $t = 0; x = x_0; y = y_0; u = u_0; v = v_0$   $i = 0$ ; енгізу.

2<sup>0</sup>. Келесі уақыт сәтін  $t = t + h; i = i + 1$  қарастыру. Циклдың басы.

3<sup>0</sup>. Берілген (2.8) формулаларымен қосымша енгізілген параметрлер есептелінеді.

4<sup>0</sup>. Берілген (2.7) формулаларымен есептеулер орындалады.

5<sup>0</sup>. Осыдан кейін (2.6) формулаларымен ізделініп отырған параметрлердің мәндері анықталады.

6<sup>0</sup>. Есептелінген параметрлердің мәндерін шығару.

7<sup>0</sup>. Келесі уақыт сәтіне өту: егер  $i \leq n-1$  болса, онда 2<sup>0</sup> – ге өту.

7<sup>0</sup>. Циклдың соңы.

Осы келтірілген алгоритмдер бойынша программалық жабдық құрастырылған. Бұл алгоритмдердің сапасын тексеру үшін (2.9) формуласы бойынша анықталған шама қолданылады. Осы шаманың дененің қозғалысына кедергі болмаған жағдайдағы мәндері алгоритмдердің сапасын тексеру үшін критерий болып есептеледі.

### 2.3 Есептерді шешудің программалық жабдығы



Берілген есепті шешудің программалық жабдығын құрастыру үшін объектіге бағдарланған программаны пайдалану қажет. Себебі сандық эксперимент жасау үшін әртүрлі алғашқы деректерді енгізу үшін қолайлы. Мұндай программалық орталардың түрлері көптеп саналады.

Қазіргі кезде кең тараған, әрі сандық есептеулер үшін ыңғайлы программалық жабдықтың бірі – объектіге бағдарланған Delphi 7 бағдарламалау ортасы болып табылады. Delphi 7 тіліндегі қолданбалы программалар немесе қосымшалар IDE (Integrated Development Environment) - дамып отыратын құрылымдық ортада орындалады. IDE ортасы программаушының компьютермен қарым-қатынасын ұйымдастырып, әр түрлі басқару элементтерінен құралған бірнеше терезелерден тұрады. Осы ортаның құралдарын пайдалана отырып, қосымшаның интерфейстік бөлігін жобалауға, программаның кодын жазуға және оны басқару элементтерімен байланыстыруға болады. Аталған жұмыстар және программаны түзету, оны орындау әрекеттері IDE ортасында орындалады.

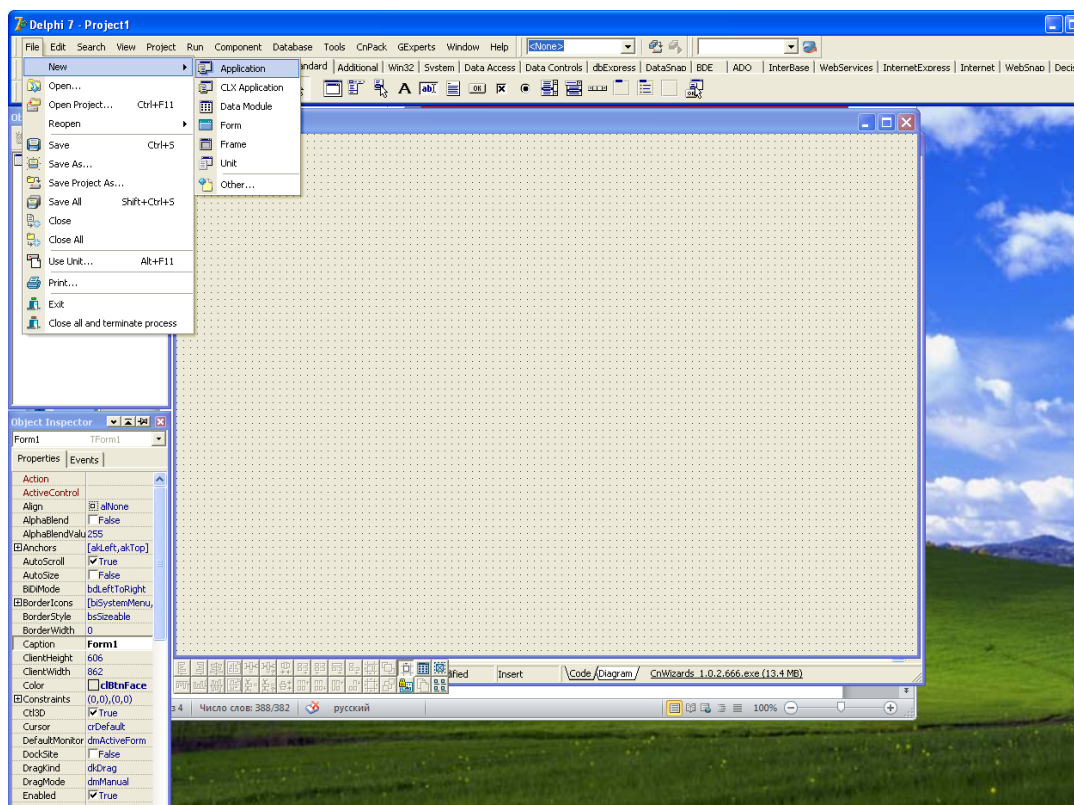
Delphi 7 ортасы – қолданбалы программалар (Қолданбалар) жасауда программалау жұмыстарын жоғары дәрежеде қамтамасыз ететін күрделі, жан-жақты мүмкіндігі зор көп терезелі жүйе. Бұл ортада қолданба құрудың барлық этаптары жүзеге асырылады. Ортаның сырт көрінісі (интерфейсі) оның бапталуына байланысты және бағдарламашы қалауы бойынша әртүрлі болуы мүмкін [7,8].

Delphi 7 ортасы өмір сүруі қалауымыз бойынша бастапқы кезеңді таңдап, алысқа баруымызға мүмкіндік берді. Демек Delphi 7 ортасы жоғарғы деңгейлі тіл термині программаларды өңдейді. Delphi 7 ортасы программалау тілі орташа бастауға тағайындалған. Delphi 7 сөзі осы қарастырылып отырған мағлұматта оның көптеген операцияларын орындайды.

Delphi 7 жүйесі бүгінгі күнде бағдарламаларды жасауға арналған кең қолданылатын жүйелердің бірі. Бұл жүйе бағдарламаларды жасаудың визуалды ортасы болып табылады. Оның құрамындағы саймандар мен компоненттердің көмегімен бағдарламалар жобалары құрастырылады. Сонымен қатар Delphi 7 жүйесі Windows амалдық жүйесі үшін және арнайы серверлер үшін бағдарламаларды жасай алады, оның объектілері терезе түрінде ашылады. Сондықтан Windows жүйесімен таныс болған қолданушы Delphi 7 программасында берілгендер қорымен жұмыс істеу қиындық тудырмайды. Дипломдық жұмыста Delphi 7 программалау тілін пайдалану себебім, қазіргі таңдағы күрделі және жұмыс істеу жағынан мүмкіндігі бар тілдердің бірі.

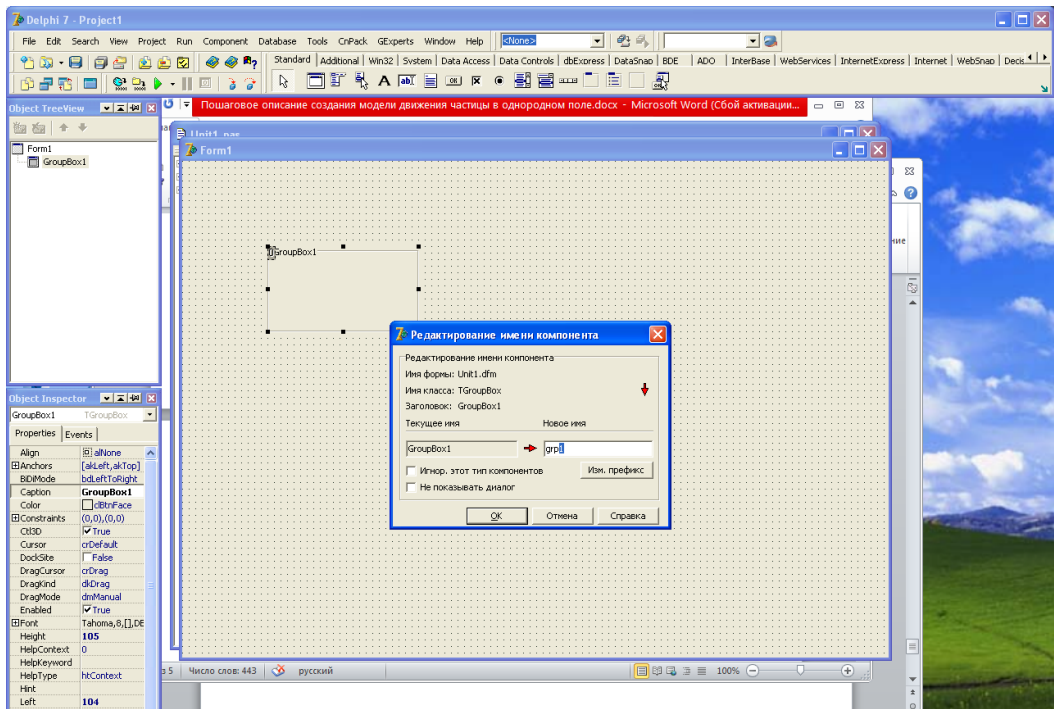
Программалау тілінде негізгі жұмыстарды істейді, яғни формаларды іске қосып, форма бетіндегі алма суреттерін шығаруға және есеп нәтижесін беріп отыру нәтижесін көрсетеді.

Осы программалық ортада жұмыс істеудің тәртібі бойынша алдымен осы программаны іске қосып, жаңа жоба құрылуы тиіс. Келесі 3.1 – суретте жаңа қосымша құрастырудың бейнесі келтірілген:



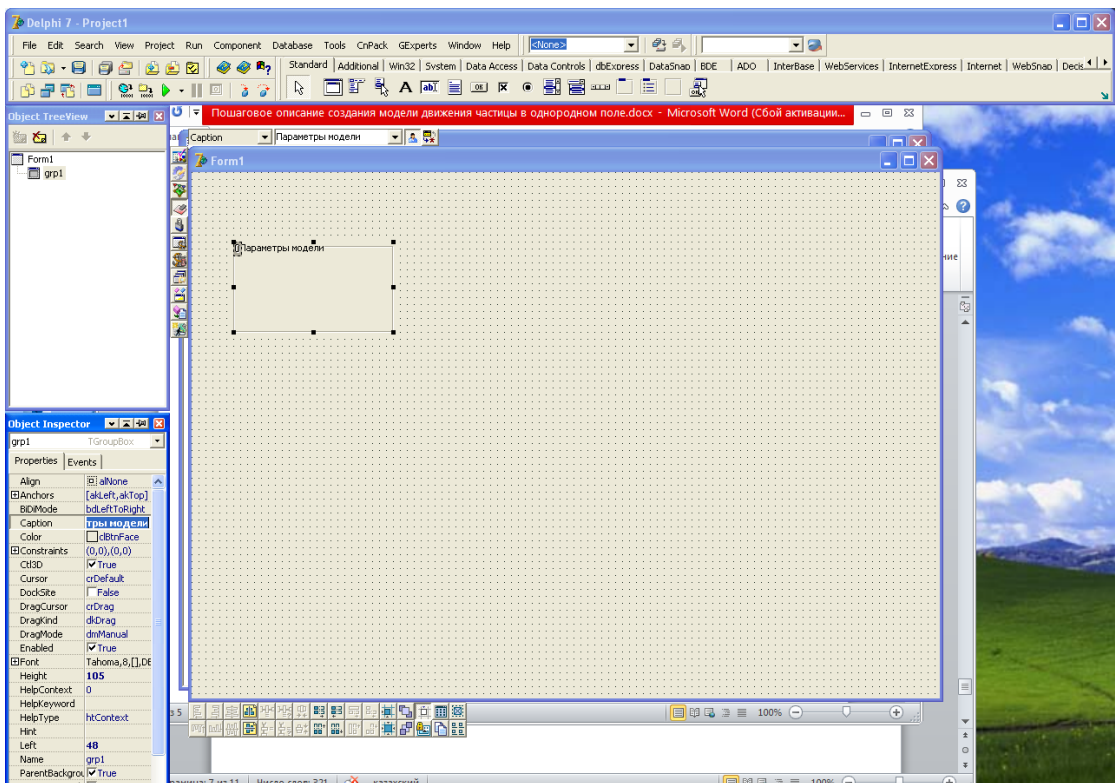
2.1 сурет – Жаңа қосымшаны құру

Қарастырылып отырған модель үшін бастапқы мәндерді енгізу қажет. Ол үшін Standard компоненттер палитрасында орналасқан Edit компонентін қолдануға болады. Бағдарлама интерфейсі неғұрлым ыңғайлы болу үшін Standard қойындысында орналасқан GroupBox компоненті қолданылған. GroupBox компоненті қосымшаның формасына орналастырылады (2.2 – сурет).



2.2 сурет – GroupBox компонентін формаға орналастыру

Жаңа қосылған объектіге жүйе grp1 деген ат береді, осыдан кейін осы ат бойынша программада пайдаланылады. Қасиеттер палитрасынан Caption қасиетін “Параметры модели” деп өзгертіледі (2.3 – сурет).

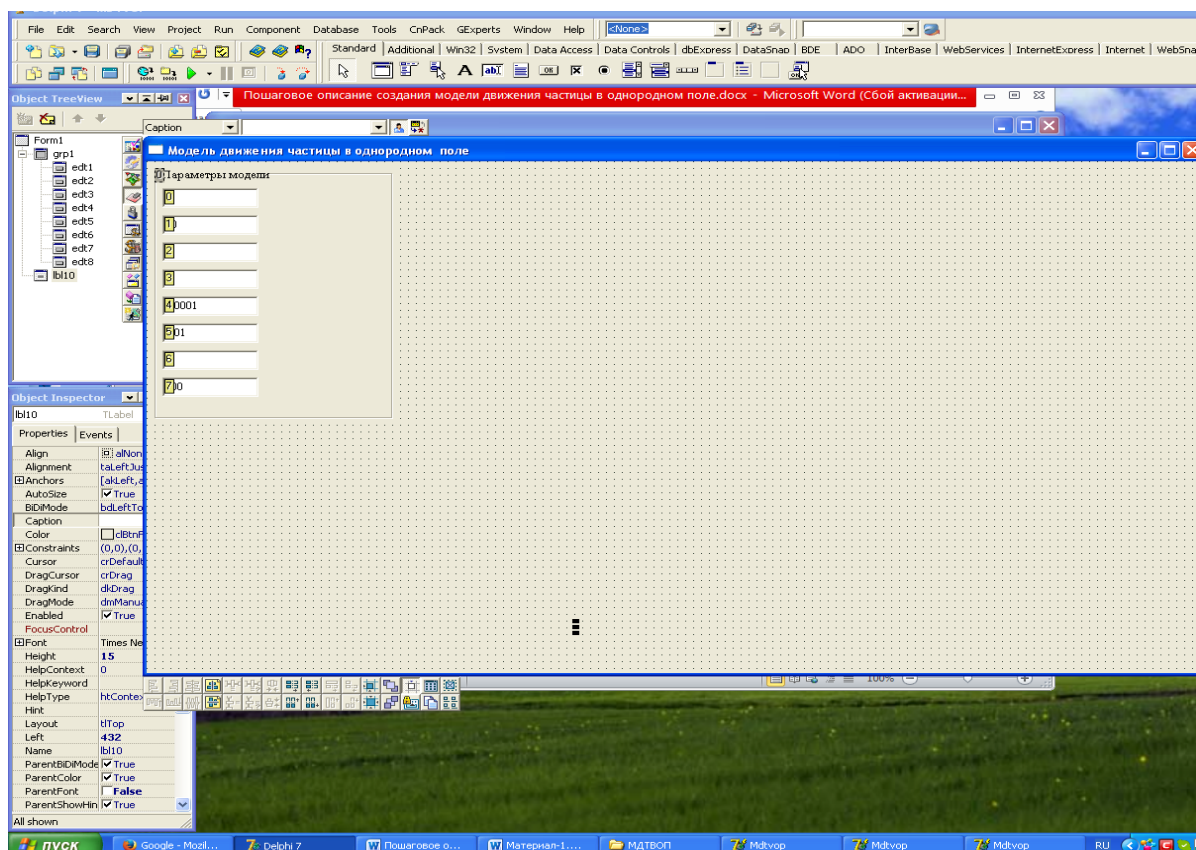


2.3 сурет – grp1 компонентінің Caption қасиетін өзгерту

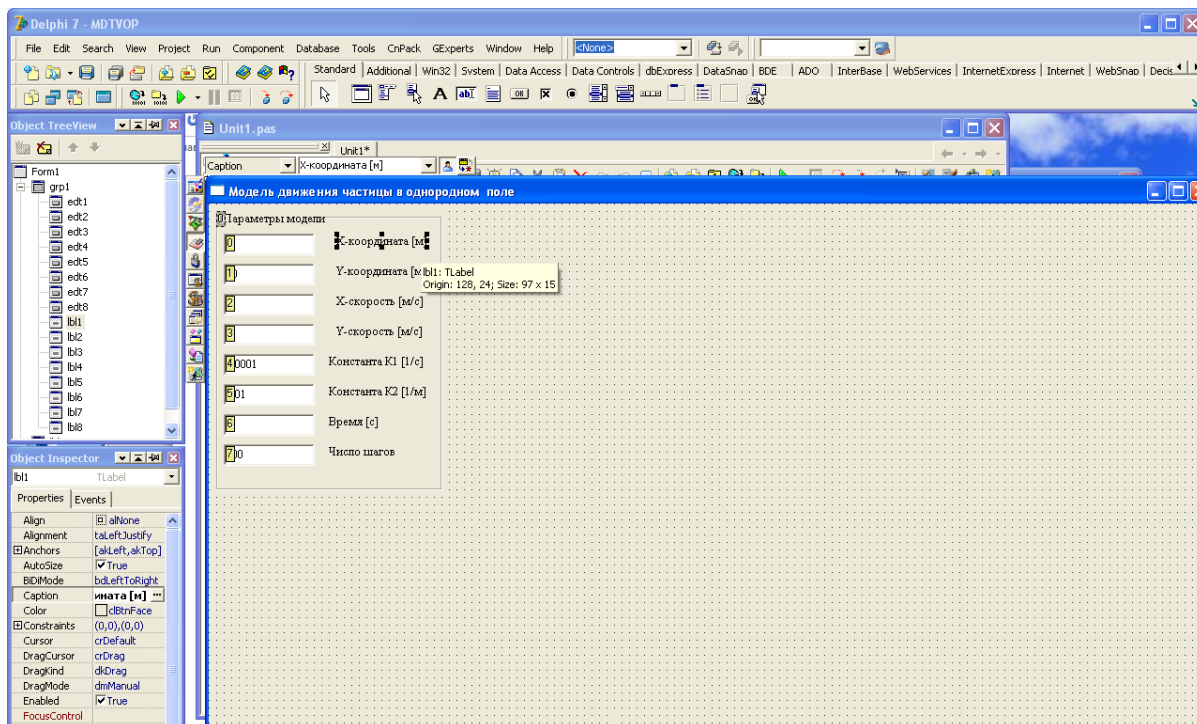
Edit 8 компонентін grp1 компонентіне орналастырылады. Әрбір Edit объектісі үшін Caption қажетті мәнін орнатады.

Әрбір TEdit объектісінің жанына Standard компоненттер палитрасынан TLabel компонентін орнатады. Сонымен бірге, әрбір объект үшін қасиеттер инспекторынан Caption керекті мәні қойылады.

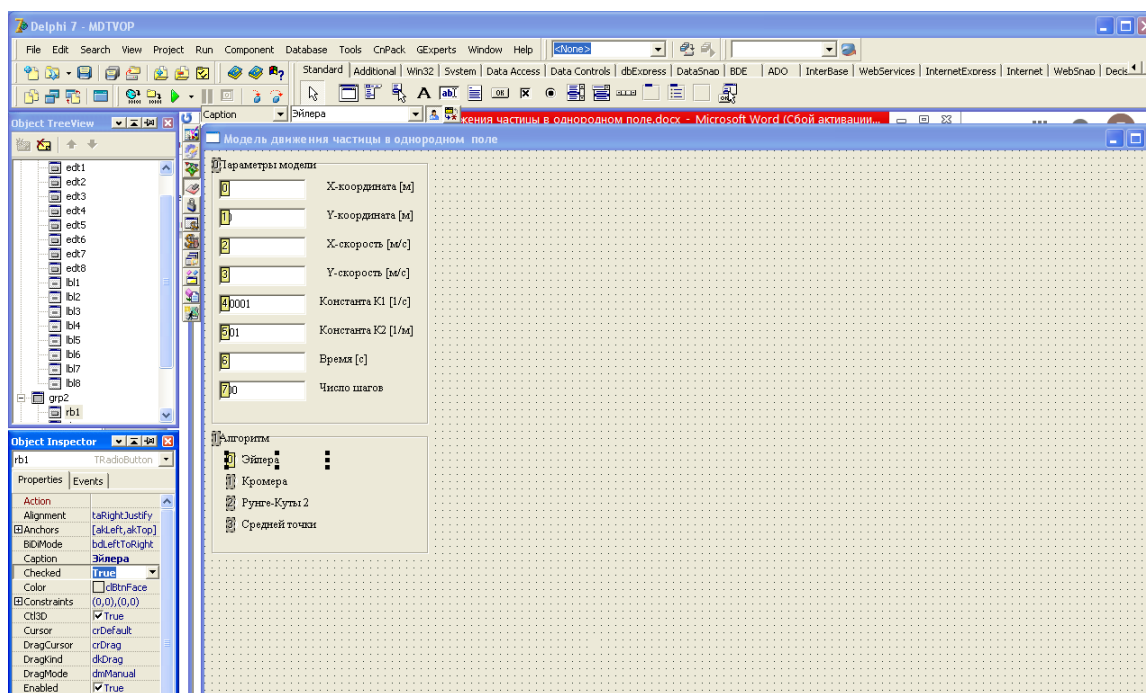
Әрбір RatioButton компоненттеріне Caption қасиеттер мәнін әрқайсысына орнатады. Ratio Button бірінші объектісіне Checked қасиетін орнатып, True (яғни есептеудің бірінші әдісі үнсіздік бойынша таңдалады) мәні қойылады.



2.4 сурет – Объектілерді қосу

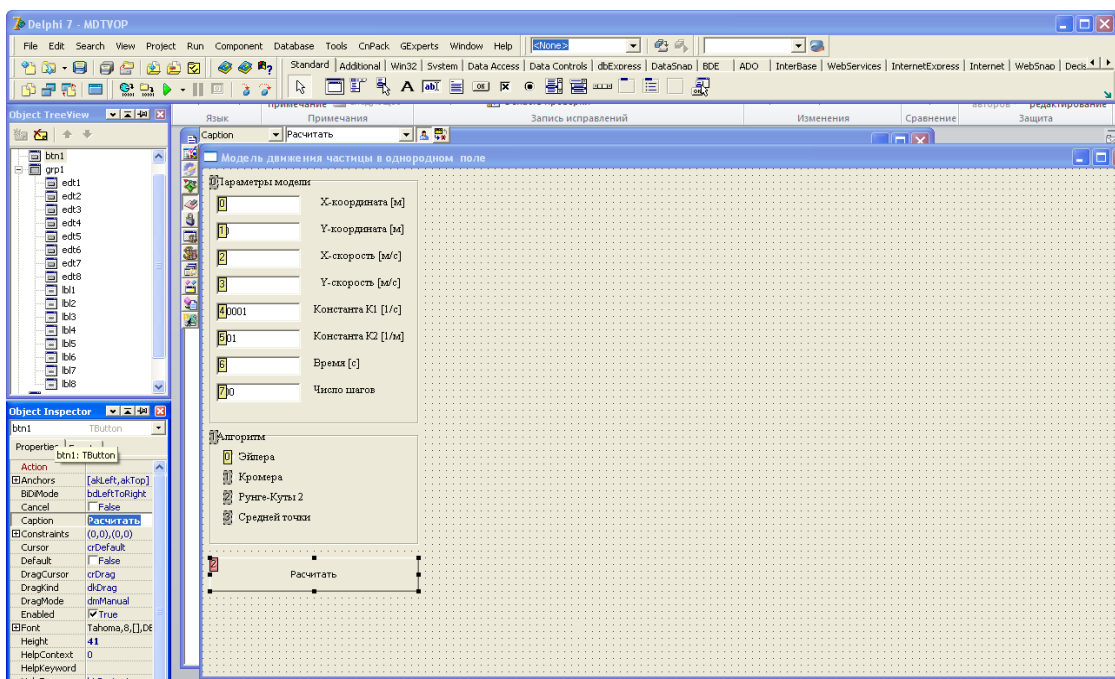


2.5 сурет – Объектілерді қосу



2.6 сурет – Объектілерді қосу

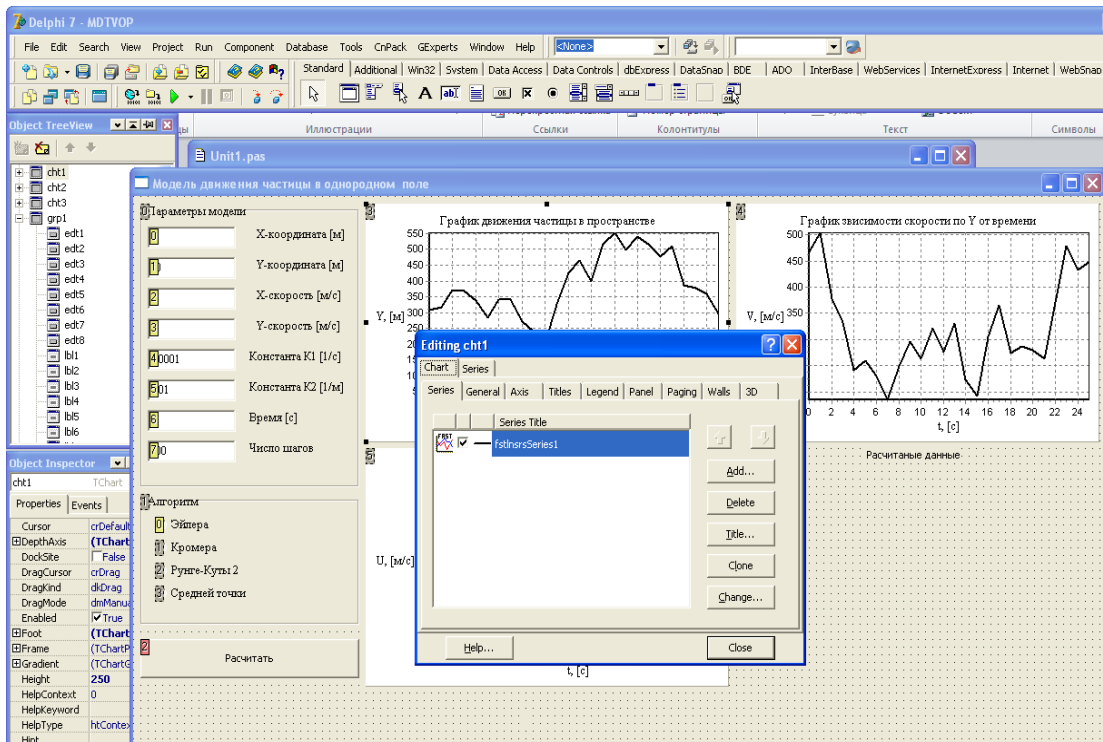
Standard компоненттер палитрасының қойылымында орналасқан Button компоненті қосылады. Батырмаға Caption “Рассчитать” қасиеті орнатылады.



2.7 сурет – Объектілерді қосу

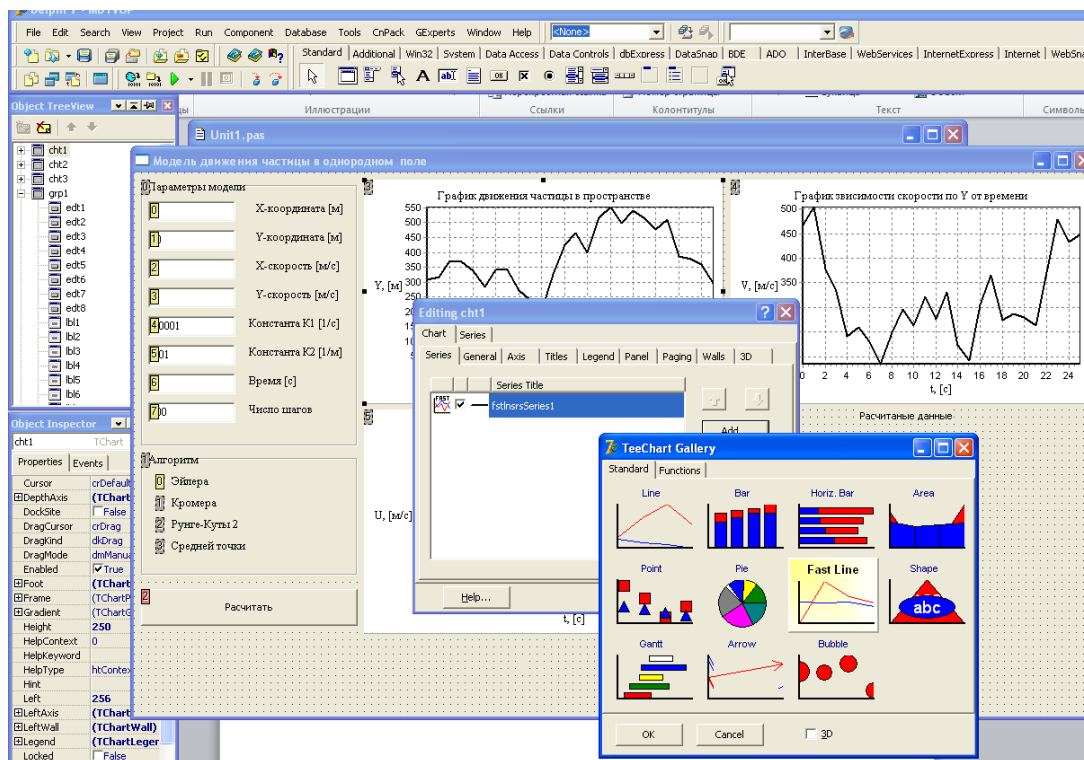
Additional компоненттер палитрасында орналасқан Chart компоненттері график құру үшін қолданылады. Chart компонентінің 3 объектісі қолданылады. Chart компонентінің үстіне екі рет шертенде осы объектіні өзгертетін терезе пайда болады. Мұндағы графикке сызық қосып, остерді, атауын, шрифты, сызықтың қалыңдығын және т.б. өзгерістер енгізуге болады.

Әрбір график үшін тез сызық қосылады. Ол үшін терезені өзгерту объектісін Series закладкасынан Add батырмасын басып, Fast Line-ды таңдалынады. Форманың бос қалған жеріне есептелінген мәндерді шығаратын StringGrid кесте компоненті орналастырылады.

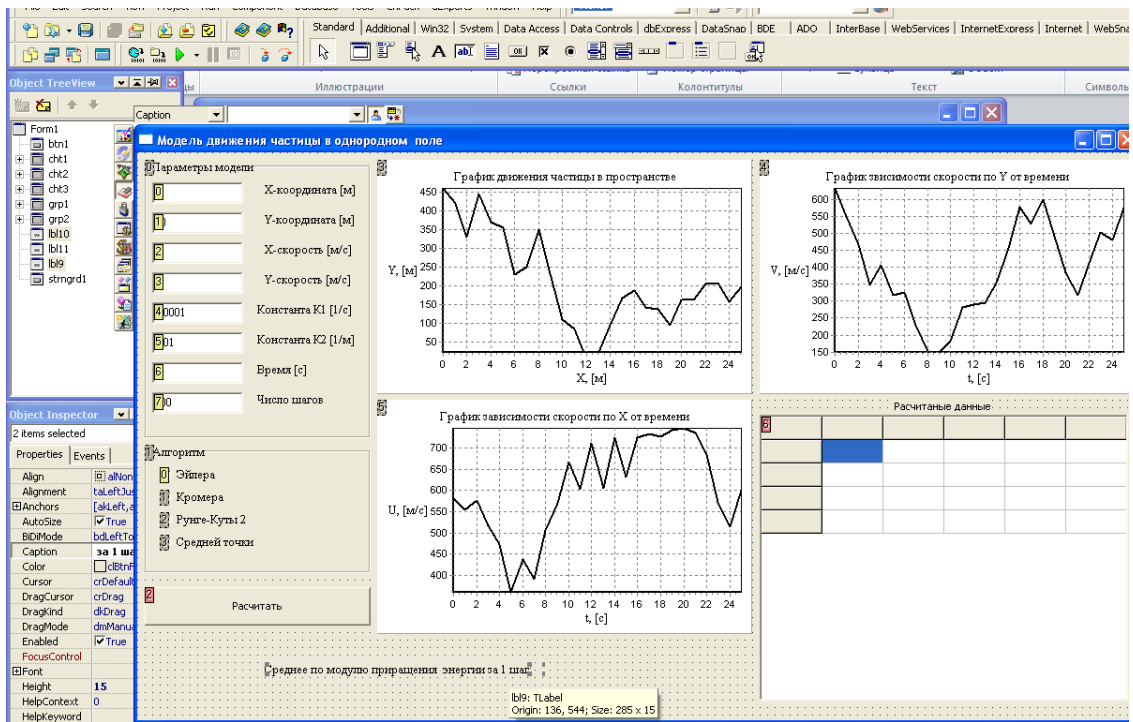


2.8 сурет – Chart-ты өзгерту

Жүйе түзуге `fstlnsrSeries1` деген ат береді, яғни осы ат бойынша программаға жүгінуге болады. Сәйкесінше қалған екі графикке де түзу қосылады. Сонымен қатар әдістің дәлдігін бағалауға болатын мәліметтерді орнату үшін Label екі объектісін қосылады.

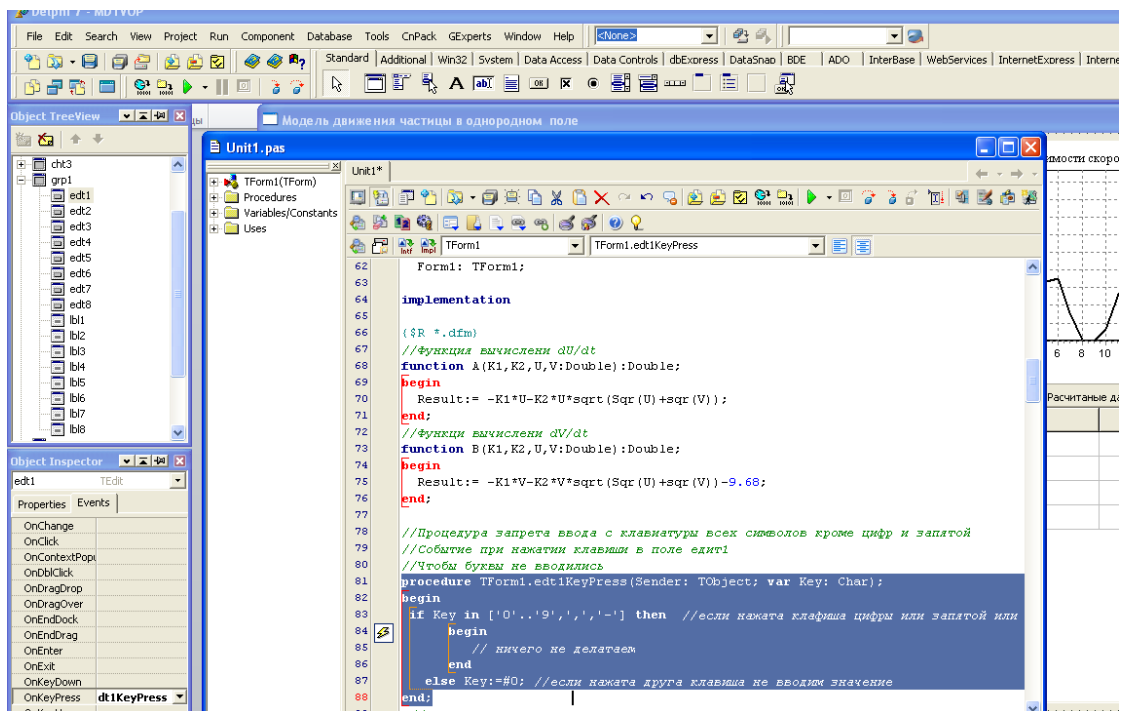


2.9 сурет – Chart өзгертулері



2.10 сурет – Программаның интерфейсі

Сонымен, программаның интерфейсі дайын, код жазуға кірісуге болады. Edit объектілер өрісіне керексіз символдарды енгізбеу үшін OnKeyPress құбылысы қолданылады. Құбылысты өңдеу үшін Edit объектісін ерекшелеп және Evets закладкасында OnKeyPress батырмасына екі рет шертіледі.



2.11 сурет – Edt1KeyPress процедурасы



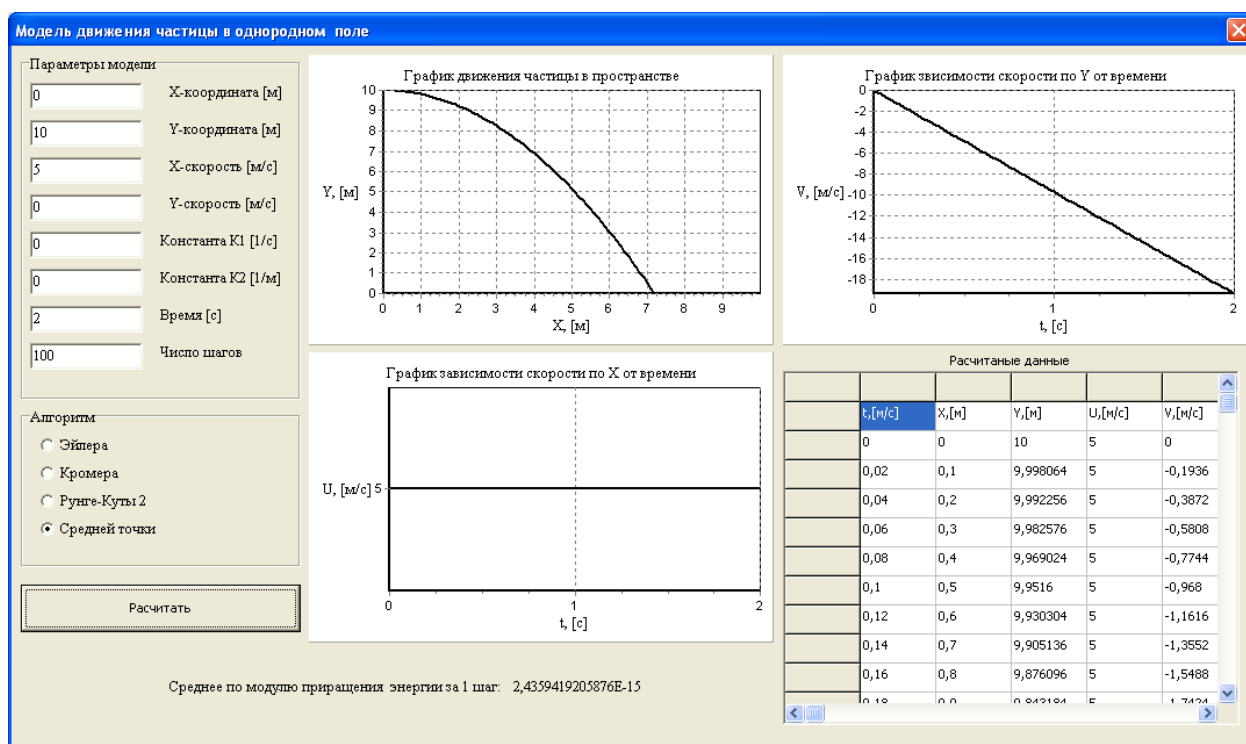
Процедура ішіне келесі код жазылады:

```

if Key in ['0'..'9','.',',','-','] then // егер сандар батырмасы үтір немесе минус
басылып тұрса
begin
// ештене істелінбейді
end
else Key:=#0; // басқа батырма басылса, мәндер енгізілмейді
Сәйкесінше, Edit объектілерінің OnKeyPress құбылысы үшін кодтар
жазылады. Енді негізгі есептеулерге кірісейік: бастапқы мәндерді есептеу,
мәндерді график және кесте түрінде есептеп шығару “Рассчитать”
батырмасын басу арқылы жүзеге асады. Сондықтан объект батырманы
(Button аты btn1) таңдайды және OnClick жағдайына бағдарламаның коды
жазылады.

```

### Программа жұмысының нәтижесі



### 2.12 сурет – Бағдарлама жұмысының нәтижесі

Осы үлгі үшін ең жақсы нәтиже болып, Орта нүкте және Рунге-Кутта әдістемелерімен алынған мәндер болды.

### 3 КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬ АЯСЫНДАҒЫ САНДЫҚ ЭКСПЕРИМЕНТ

#### 3.1 Сандық эксперимент жоспары және алғашқы деректер

Ғылым мен техниканың қарқындап дамуы және электрондық есептеу машиналарының (ЭЕМ) жоғары сапалы түрлерінің пайда болуы табиғаттағы зерттелетін құбылыстардың математикалық модельдері болып табылатын есептерді құрастыруды және оларды қойылған есептің шарттарына лайық етіп берілген дәлдікпен шеше білу мәселесін алға қойып отыр.

Сондықтан оларды әрбір ғылым саласына лайықты түрдегі мүмкіндіктеріне қарай пайдалана білу керек.

Қазіргі заманда ғылыми техникалық есептердің тиімді шешудің дәрежесі ЭЕМ-ді дұрыс қолдана білуге байланысты. Осы мақсат үшін қуатты және ыңғайлы жалпыға ортақ дербес үлкен және кіші электрондық машиналар ғана емес сонымен бірге сандық әдістерді есептеуге ыңғайлы жаңа өңделген құралдар баршылық.

Қалай болса да есептеу процесінің әрқайсысының өз қиындығы бар және соңғы нәтиженің ақиқаттығына ықпалын тигізетін бірнеше кезеңнен өтеді. Зертханалық есептердің шешуі дұрыс берілген мәліметтерден және есептің мақсаты қатаң түрде алынған математикалық ұғым түрінде сипатталуынан басталады. Шарттың нақты тұжырымымен шешудің мақсаты ол математикалық есептің қойылуы. Шешімнің бұл кезеңі *математикалық модельдердің тұрғызылуы* деп аталады [1,2].

Жұмыстың алдыңғы бөлімінде формулалар қарастырылды. Енді сандық әдістерді пайдаланып, есептің компьютерлік модельдегі нәтижесін бірге көрейік:

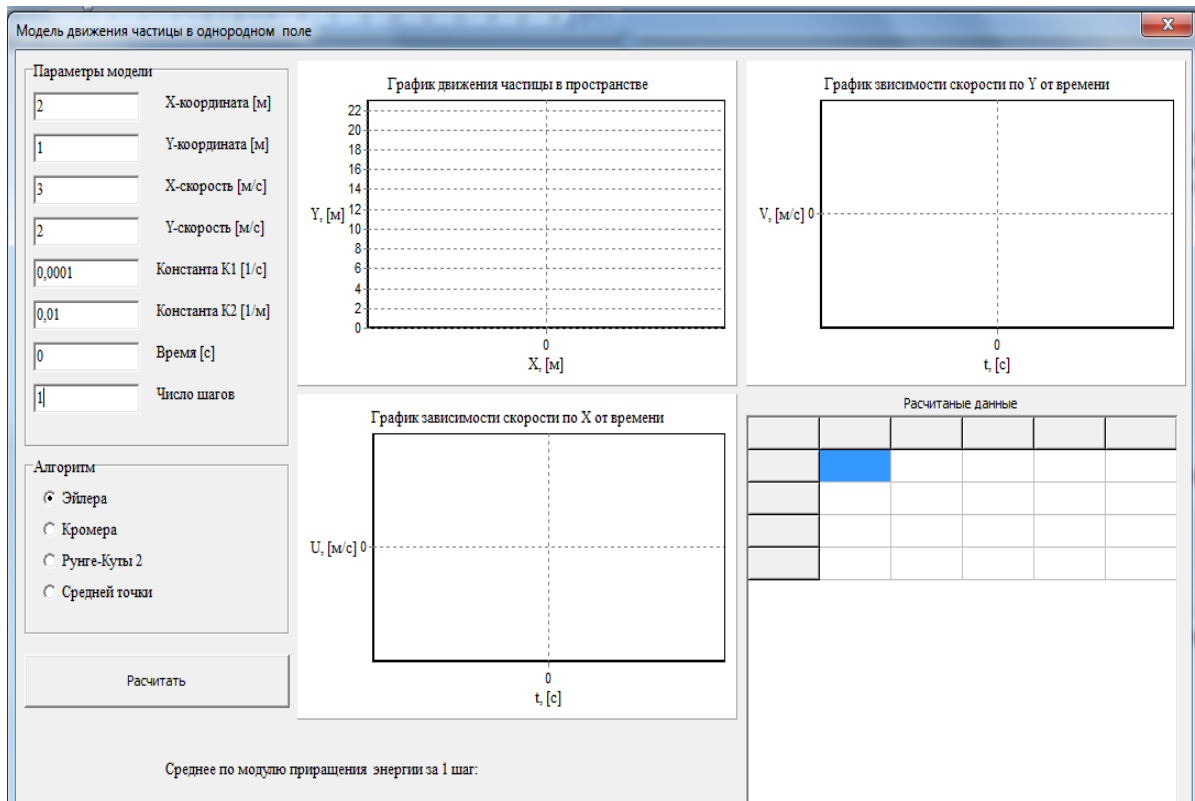
Алғашқы шарттар:

$$t = 3; \quad x(0) = 2; \quad y(0) = 1; \quad u(0) = 3; \quad v(0) = 2.$$

Мұндағы (2,1) – дененің алғашқы орналасу нүктесінің координатасы, ал (3,2) – алғашқы уақыт сәтіндегі дененің жылдамдығы.  $k_1$  және  $k_2$  – дененің қозғалысы болатын облыстағы кездесетін кедергіні сипаттайтын коэффициенттері. Олар  $k_1 = 0,0001$   $k_2 = 0,01$  тең деп алдық.

Формула бойынша, энергияны есептеудің бес қадамында өзгеруі қарастырылды.

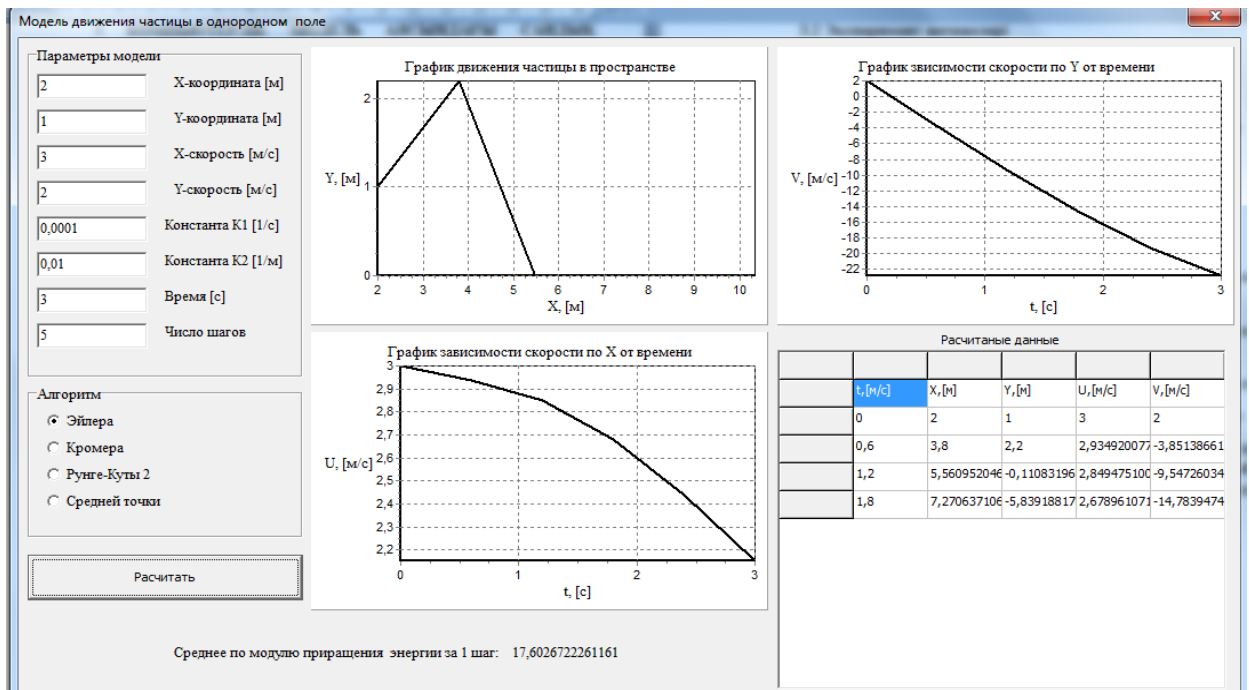
Берілген мәндер программаға енгізіледі:



3.1 сурет – Нәтижесі

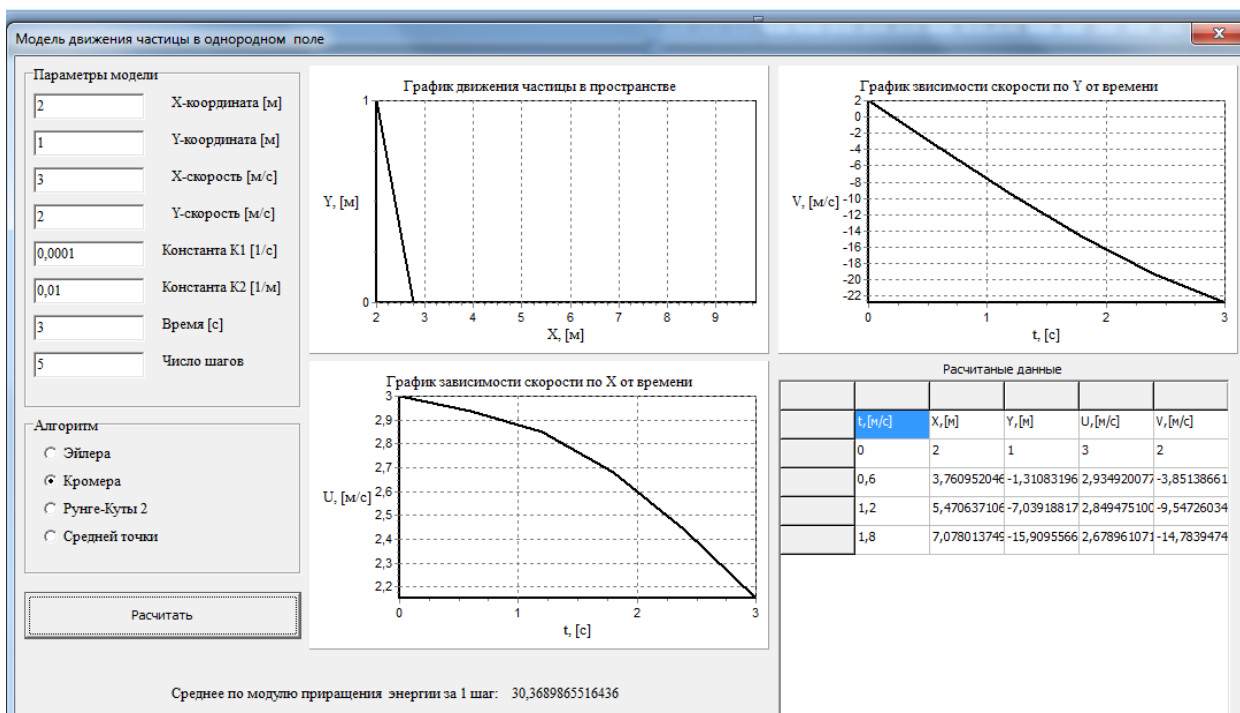
### 3.2 Эксперимент нәтижелері

Эйлер әдісі бойынша шыққан нәтиже:



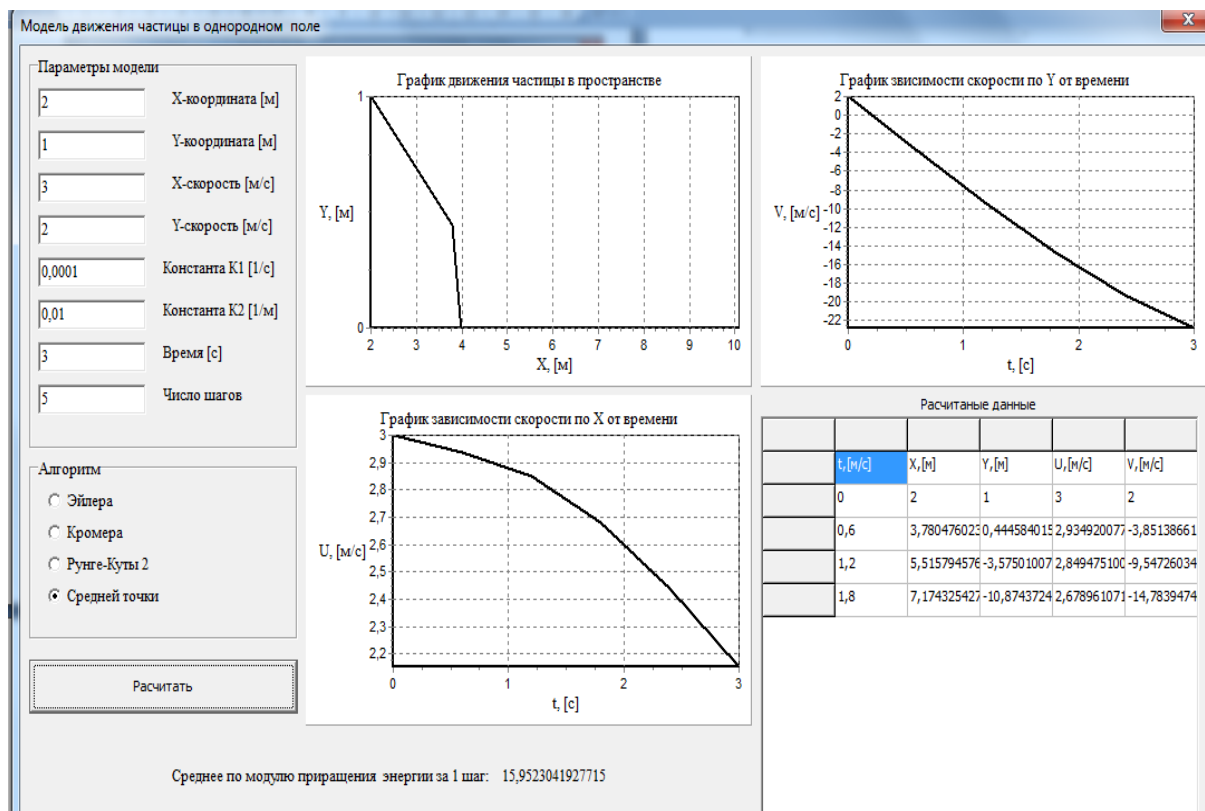
3.2 сурет – Нәтижесі

Кромер әдісі бойынша шыққан нәтиже:



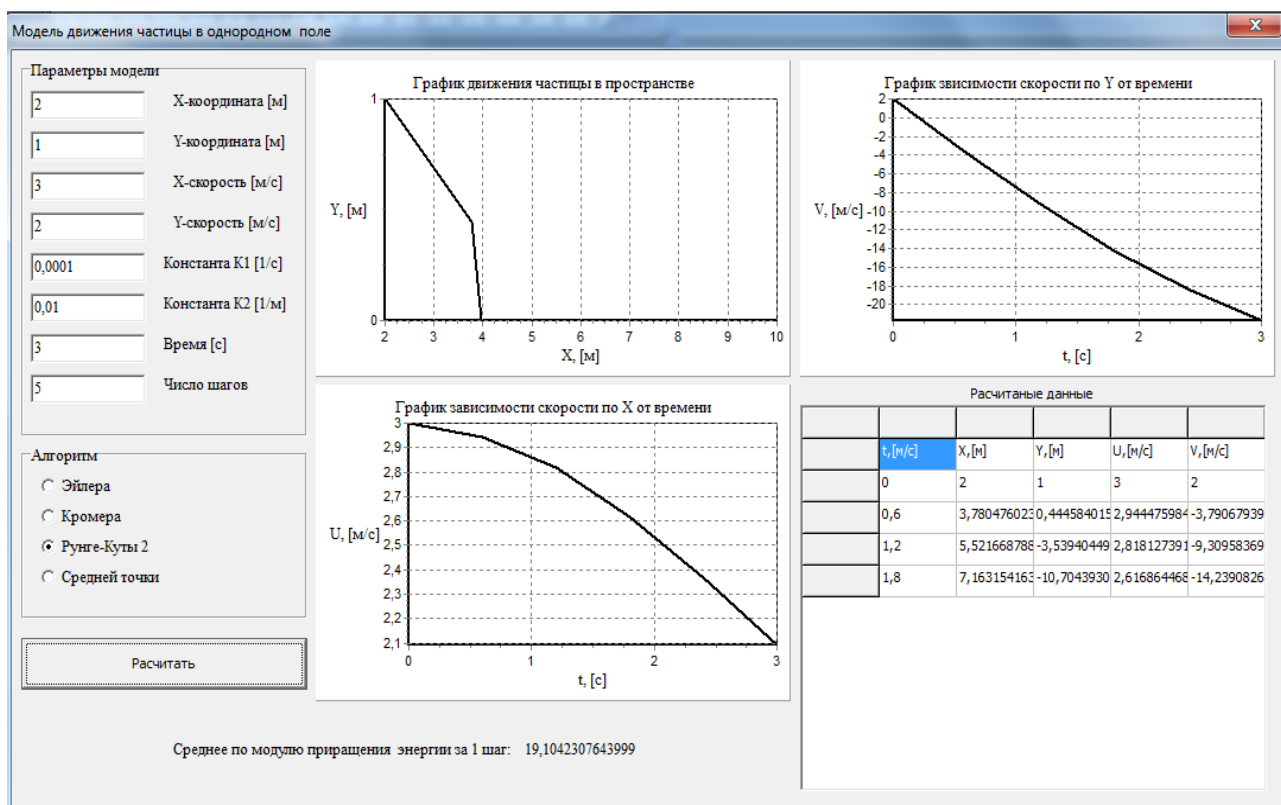
3.3 сурет – Нәтижесі

Орталық нүкте әдісі бойынша шыққан нәтиже:



3.4 сурет – Нәтижесі

## Рунге-Кутта әдісі бойынша шыққан нәтиже:



3.5 сурет – Нәтижесі

### 3.3 Есептің шешімдерін талдау және практикалық маңызы

Дипломдық жұмысты орындау барысында осында қойылған негізгі мақсат – әртүрлі әдістердің және олардың ерекшеліктерін зерттеу орындалды. Мысал ретінде практикада жиі кездесетін есептердің бірі дененің күш өрісінде қозғалысын сипаттайтын дифференциалдық теңдеулер үшін қойылған Коши есебін шешу қарастырылған. Осы есепті шешудің төрт түрлі әдісі және олардың алгоритмі мен программалары құрастырылған.

Қойылған есептің математикалық моделін құрастыру үшін физика заңдары пайдаланылды. Математикалық модельдің негізінде математикалық есеп қойылды. Есепті шешу үшін белгілі программалық орта Delphi тандап алынды. Осы ортада сандық эксперимент жасау үшін мысал қарастырылды. Есептеу жоғарыда аталынған төрт әдістердің алгоритмдерінің негізінде құрастырылған программа арқылы есептелінген.

Жұмыстың орындалуының нәтижесінде келесі қорытынды жасауға болады:

1. Берілген физика есебінің математикалық моделі құрастырылып, оның негізінде математикалық есеп – дифференциалдық теңдеулердің системасы үшін Коши есебі қойылған.

2. Есепті шешудің төрт әдістері қарастырылып, олардың артықшылықтарын зерттеу мақсатымен сандық эксперимент орындалған. Ол үшін объектіге бағдарланған программалау әдісі қолданылды.

3. Әдістердің практикалық маңызын анықтау мақсатымен критерий ретінде дененің энергиясының кедергісіз кезіндегі өзгеруі алынған. Осы критерий бойынша Рунге-Кутта әдісінің алгоритмі тиімді деп табылды.

4. Жалпы диплом жұмысында кез келген практикалық есепті шешуде компьютерлік модельдеудің тиімділігі көрсетілді. Есептің шешімін талдау үшін сандық эксперименттің қажеттілігінің өзектілігі тұжырымдалды.

*Қорыта келгенде*, дипломдық жұмыста қарастырылуға тиісті мәселелер толық түрде шешілді; жұмыс нәтижелері компьютерлік және математикалық модельдеу әдістерінің, қазіргі заманғы компьютерлік техника мен программалық жабдықтардың зерттеу жұмыстары үшін ыңғайлы әрі тиімді құралдар болатыны толық түрде көрсетілді.

## 4 ЭКОНОМИКАЛЫҚ БӨЛІМ

Дипломдық жобаның дамуына қатысты:

- Жетекші – мәселені қоюшы, жоба бойынша негізгі бизнес-ережесін әзірлейді;
- Инженер-құрастырушы – бағдарламаны әзірлеу тақырыбы «Біркелкі күш өрісіндегі қозғалысты компьютерлік модельдеу»;
- Тіршілік қауіпсіздігі және экономикалық бөлігі тарапынан кеңесшілері.

### 4.1 Жобалау және әзірлеу бойынша жұмыстың құнын есептеу

Бағдарламалық өнімді әзірлеу, бір юниттен тұрмайды, айтарлықтай еңбекті қажет ететін үрдіс. Бағдарлама кодын жазу процесінде, сондай-ақ міндеттерді қою және формуланы шығару уақыт алады, оны өңдеу үшін шығындалады

$$C = \text{ЕТҚ} + \Theta_c + A + \Xi + C_{\text{пр}} + Y \quad (4.1)$$

Мұндағы, ЕТҚ - еңбекақы төлеу қоры;

$\Theta_c$  – әлеуметтік салық;

A – амортизациялық аударымдар;

$\Xi$  – электр энергиясына жұмсалатын шығындарды;

Y – үстеме шығыстар.

Қажетті еңбекақы төлеу қоры мынадай формула бойынша есептеледі

$$\text{ЕТҚ} = \text{Ж}_{\text{нег}} + \text{Ж}_{\text{қос}} \quad (4.2)$$

мұндағы,  $\text{Ж}_{\text{нег}}$  – негізгі жалақы;

$\text{Ж}_{\text{қос}}$  – қосымша жалақы [9].

Университет қызметкерлерінің еңбек жұмысына сәйкес, жалақысын АЭЖБУ ережеге сәйкес төлейді, ал бағдарлама әзірлеуші еңбегін шартты түрде 152000 теңге мөлшерінде қабылдады.

Негізгі жалақы формула бойынша есептеледі

$$\text{Ж}_{\text{нег}} = \text{Ж}_{\text{қол}} + \text{Ж}_{\text{инж}} + \text{Ж}_{\text{э.қол}} + \text{Ж}_{\text{бж.қол}} \quad (4.3)$$

$$\text{Ж}_{\text{нег}} = T_x * N_x \quad (4.4)$$

мұндағы, x – инженер, жетекші, кеңесші;

$T_x$  – БӨ дамытуға жұмсалған уақыт;

$N_x$  – бір сағаттық жалақы.

Еңбек шығындарының құрамдас бөліктерін анықтау базалық ставкасы мына формула бойынша есептеледі

$$Q = q * c \quad (4.5)$$

#### 4.2 кесте – q коэффициентінің мәні

Мәселенің түрі	Өзгеру шамасының коэффициенті
Бухгалтерлік міндеттері	1400 – ден 1500
Жедел басқару тапсырмалары	1500 – ден 1700
Жоспарланған тапсырмалар	3000 – нан 3500
Көпшешімді мәселелер	4500 – ден 5000
Кешенді міндеттер	5000 – нан 5500

Бағдарламалық өнімнің жаңалығын 4 топқа бөлуге болады:

- А тобы – жаңа бағдарламалық өнімдерді жасау;
- Б тобы – бағдарламасының түпнұсқасын жазу;
- В тобы – типтік шешімдермен бағдарламаны қамтамасыз ету;
- Г тобы – типтік бағдарлама.

Жаңалығы мен күрделілігіне байланысты 4.3– кестедегі коэффициентті анықтайды

#### 4.3 кесте – Коэффициенттер көлемін есептеу

Бағдарламау тілі	Топ күрделілігі	Жаңалық дәрежесі				Коэффициент В
		А	Б	В	Г	
Жоғары деңгейі	1	13,8	12,6	11,5	0,69	1,20
	2	13,0	11,9	10,8	0,65	1,35
	3	12,0	11,0	10,0	0,60	1,50
Төменгі деңгейі	1	15,8	14,5	13,2	0,79	1,20
	2	14,9	13,7	12,4	0,74	1,35
	3	13,8	12,6	11,5	0,69	1,50

Енді, (4.5) формула негізінде шартты нұсқаулар ретінде q санын анықтаймыз

$$Q = 3000 * 1,38 = 4140$$

Бұдан әрі бағдарламалық қамтамасыз етуге кеткен уақытты есептейміз. Көпмодульді бағдарламалық өнімді әзірлеу кезінде техникалық тапсырманы пайдаланылады, сәйкесінше жұмыстарды орындауға, дәйекті түрде берілген өлшемдер бойынша, олардың мерзімдерін орындайды. График бойынша орындалған жұмыстар жөніндегі бағдарламалық өнімді әзірлеу 4.4 – кестеде берілген.



4.4 кесте – График бойынша орындалған жұмыстардың жобасын әзірлеу

Жұмыс коды	Жұмыстың атауы	Күтілетін ұзақтық, күндер	Белгісі
1	Сипаттамасын дайындау міндеттері	2	T <sub>ДМ</sub>
2	Сипаттама міндеттері	3	T <sub>СМ</sub>
3	Алгоритмін әзірлеу	5	T <sub>А</sub>
4	Жергілікті серверді орнату және іске қосу	3	T <sub>ЖС</sub>
5	Модульдерді әзірлеу бағдарламалары	6	T <sub>М</sub>
6	Интерфейс жүйесін әзірлеу және құру	5	T <sub>ИН</sub>
7	Бағдарламаның негізгі бөлігін әзірлеу	6	T <sub>НЕГ</sub>
8	Деректер базасын тестілеу және негізгі модульдер мақсатында қателер анықтау	2	T <sub>ТЕСТ</sub>
9	Техникалық құжаттама жасау	3	T <sub>ТЕХ</sub>
10	"Экономика" бөлімін дайындау	9	T <sub>Э</sub>
11	"Тіршілік қауіпсіздігі"	9	T <sub>ТҚ</sub>

Қатысушылар іске қосылған жобаға, әр түрлі уақыт аралығында жұмыс істейді, өйткені осы аралықта жоба іске асырылуда, оған еңбекақы төлеу үшін, күндізгі және сағаттығын есептеу қажет.

Әрбір қызметкердің бір күндік жұмысының жалақысы мына формула бойынша есептеледі

$$D = O/n \quad (4.6)$$

мұндағы,  $O$  - қызметкер жалақысы теңгемен;

$n$  – жұмыс айындағы күндер саны (24 күн – аптасын алты күндік жұмыс):

– басшылыққа арналған

$$D = 100000/24 = 4166,7 \text{ теңге / күн};$$

– «Экономика» бөлімінің кеңесшісіне

$$85000/24 = 3541,7 \text{ теңге / күн};$$

– «Тіршілік қауіпсіздігі» бөлімінің кеңесшісіне

$$75000/24 = 3125 \text{ теңге / күн};$$

– Инженер-құрастырушыға

$$15000/24 = 6250 \text{ теңге / күн};$$

Бір сағаттық жалақы мына формула бойынша есептеледі

$$H = D/z \quad (4.7)$$

мұндағы,  $D$  – қызметкердің бір жұмыс күнгі жалақысы,

- $z$  – жұмыс күнгі сағат саны (8 сағат);
- басшылыққа арналған  
 $4166,7/8 = 520,8$  теңге / сағ;
- «Экономика» бөлімінің кеңесшісіне  
 $3541,7/8 = 442,7$  теңге / сағ;
- «Тіршілік қауіпсіздігі» бөлімінің кеңесшісіне  
 $3125/8 = 390,6$  теңге / сағ;
- Инженер-құрастырушыға  
 $6250/8 = 781,25$  теңге / сағ;

Уақыт әр адамға сағатпен есептеледі, әрі  $T_{DM}$  нақты жұмыс істеген уақыт бойынша алынады, ал қалған кезеңдері шартты санына  $Q$  команда және есеп айырысу бойынша анықталады.

Бағдарламалық өнімнің әр кезеңді құруға жұмсалған уақытты анықтаймыз:

1)  $T_{DM}$  (міндеттерді сипаттау уақыты) фактісі бойынша алынады және (3-тен 5 күн, күніне 8 сағат): 24 адам-сағат құрылады;

2)  $T_{CM}$  (анықтайтын уақыт) формуламен анықталады

$$T_{CM} = Q * \frac{B}{50 * K}, \quad (4.8)$$

мұнда  $B$  - есепке алу коэффициент өзгерістері,  $B$  коэффициенті шешімнің күрделілігіне қарай интервалда 1,2-ден 1,5 диапазонында (4.3 – кесте) таңдалған, 1,2 тең;  $K$  – коэффициенті бағдарламашының біліктілігін ескертеді.

$K$  коэффициентінің мәнін таңдаймыз 5-ші кестеде 1-ге тең.

#### 4.5 кесте – Бағдарламашының біліктілік коэффициенттері

Жұмыс тәжірибесі	Біліктілік коэффициенттері
2 жылға дейін	0,8
2 – 3 жыл	1
3 – 5 жыл	1,1 – 1,2
5 – 7 жыл	1,3 – 1,4
7 жылға жуық	1,5 – 1,6

(4.8) формуланы қолдана отырып, тапсырмаға кететін уақытты есептейміз

$$T_{CM} = 4140 * \frac{1,2}{50 * 1} = 99,36 \text{ адам – сағ};$$

3)  $T_a$  (алгоритм құрған уақыты) мына формуламен есептейміз:

$$T_a = Q / (50 * K) \quad (4.9)$$

(4.9) формуланы қолдана отырып, біз аламыз

$$T_a = \frac{4140}{50 * 1} = 82,8 \text{ адам/сағ};$$

4)  $T_{LC}$  – (локальды серверді орнату және іске қосу) ұқсас анықталады

$$T_{LC} = 82,8 \text{ адам/сағ};$$

5)  $T_{\text{бс}}$  (блок - схема әзірлеу уақыты)  $T_a$  ұқсас анықталады 4 – ші формула бойынша 82,8 адам-сағат құрайды;

6)  $T_m$  (модульдер қосымшаларын әзірлеу уақыты) мына формула бойынша анықталады

$$T_m = Q * 1,5 / (50 * K) \quad (4.10)$$

(4.10) формуланы қолдана отырып,  $T_m$  шығарамыз

$$T_m = 4140 * 1,5 / (50 * 1) = 124,2 \text{ адам/сағ}$$

7)  $T_{\text{ин}}$  – (бағдарламаны жөндеу және тестілеу) мынадай формула бойынша анықталады

$$T_{\text{ин}} = Q * 1,5 / (50 * K)$$

$$T_{\text{ин}} = 4140 * 1,5 / (50 * 1) = 124,2 \text{ адам/сағ}$$

8)  $T_d$  (құжаттарды дайындау), фактісі бойынша және 3-ші күннен 5 күнге дейін, күніне 8 сағат алынады

$$T_d = 24 \text{ адам/сағ};$$

9)  $T_{\text{нег}}$  – (негізгі бөлігін әзірлеу уақыты), мынадай формула бойынша анықталады

$$T_{\text{нег}} = 4140 * 1,5 / (50 * 1) = 124,2 \text{ адам/сағ};$$

10)  $T_{\text{тест}}$  – (тест тапсыру уақыты) келесі формула бойынша анықталады

$$T_{\text{тест}} = 4140 * 1,5 / (50 * 1) = 124,2 \text{ адам/сағ};$$

11)  $T_{\text{тех}}$  (техникалық құжаттама жасау уақыты) фактісі 3-ші күннен 5 күнге дейін, күніне 8 сағат бойынша алынады

$$T_{\text{тех}} = 32 \text{ адам/сағ};$$

12)  $T_{\text{э}}, T_{\text{тқ}}$  – (Экономика және ТҚ бөлімдерін дайындауға кеткен уақыт), 7-ден 10-күн, күніне 8 сағат фактісі бойынша алынады

$$T_{\text{э}} = T_{\text{бж}} = 50 \text{ адам/сағ};$$

Жобаға жетекшілерде қатысты, өйткені айырмашылығы жалақысымен ерекшеленеді, онда есептеу кезінде  $T_{\text{қол}}$  орташа мәнін аламыз

$$T_{\text{к}} = 80 \text{ адам/сағ};$$

$$T_{\text{эк}} = T_{\text{тқ}} \text{ адам/сағ};$$

Барлық еңбек шығындар сомасы құрамдас шығындар (4.11) формула бойынша есептеледі

$$T_{\text{еш}} = T_{\text{дм}} + T_{\text{см}} + T_A + T_{\text{жс}} + T_{\text{бд}} + T_m + T_{\text{ин}} + T_{\text{нег}} + T_{\text{тест}} + T_{\text{тех}} + T_{\text{э}} + T_{\text{тқ}} \quad (4.11)$$

$$T_{\text{еш}} = 24 + 99,36 + 82,8 + 82,8 + 82,8 + 124,2 + 124,2 + 24 + 344,92 + 211,14 + 32 + 50 + 50 = 1332,22 \text{ адам/сағ}$$

## 4.2 Есептеу бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеуге арналған шығындар

Осылайша, барлық негізгі жалақы (4.3) және (4.4) формулалар бойынша құрайды

$$Ж_{\text{нег}} = 1332,22 * (520,8 + 442,7 + 390,6 + 781,25) = 2844755,977$$

Қосымша жалақысы негізгі еңбекақының орта есеппен 10% көлемінде айқындалады және мына формула бойынша есептеледі

$$Ж_{қос} = Ж_{нег} * 10\% \quad (4.12)$$

$$Ж_{нег} = 2844755,977 * 0,1 = 284475,597 \text{ тг}$$

Жалпы еңбекақы төлеу қоры (4.2) формулаға сәйкес

$$ЕТҚ = 2844755,977 + 284475,597 = 3129231,574 \text{ тг}$$

Әлеуметтік салық ЕТҚ – тың 11% -ың құрайды және мына формула бойынша есептеледі

$$\Theta_c = (ЕТҚ - ЗА) * 11\% \quad (4.13)$$

мұндағы, ЗА (зейнетақы аударымы) ЕТҚ-тың 10%-ын құрайды және мына формуламен анықталады

$$ЗА = ЕТҚ * 10\% \quad (4.14)$$

Зейнетақы аударым мөлшері (4.13) формула бойынша табылады

$$ЗА = 3129231,57 * 0,1 = 312923,157 \text{ тг}$$

Аударымдар әлеуметтік салық бойынша (4.12) формулаға сәйкес

$$\Theta_c = (3129231,574 - 312923,157) * 11\% = 309793,926 \text{ тг}$$

Амортизациялық аударымдар, белгіленген нормалар пайызбен баланстық құрал-жабдықтардың құны бойынша жасалады ол келесі формула бойынша есептеледі

$$A = \frac{C_{жаб} * H_A * N}{100 * 12 * t} \quad (4.15)$$

#### 4.6 кесте – Құрал-жабдықтар құны

Атауы	Моделі	Құны
Процессор	ASUS A2C	66 453
Монитор	Дисплей ASUS A2C	23 660
Пернетақта	A4tech KRS-8572	1 810
Компьютерлік тінтуір	HP H2C21AA	860
Модем	D-link DSL-2500	1 810
Барлығы		94 593

мұндағы,  $H_A$  – амортизация нормасы;  $C_{жаб}$  – жабдықтардың бастапқы құны;  $N$  – жұмыстарды орындауға кеткен күндер саны  $N = T/24 = 1332,2/24 = 55,50$  күн;  $t$  – дербес компьютерді пайдалануға кеткен жалпы уақыты. Жалпы дербес компьютерді пайдалануға кеткен уақытта, тек компьютермен жұмыс істеу уақытын ескереді және мына формула бойынша есептеледі

$$t = T_{жс} + T_{бд} + T_M + T_{ин} + T_{нег} + T_{тес} \quad (4.16)$$

Онда  $T = 82,8 + 82,8 + 124,3 + 82,8 + 347,76 = 720,46$  адам-сағ

( $H_A$ ) амортизация нормасын формула бойынша есептейміз

$$H_A = \frac{C_{жаб} - C_{тар}}{T_{норм} - C_{жаб}} * 100\% \quad (4.17)$$

мұндағы,  $C_{тар}$  – тарату құны, жабдықтар құнының 5%–ын құрайды;  $T_{норм}$  – нормативтік қызмет ету мерзімі (Жеке компьютерлер үшін - 4 жыл).

Тарату құны 5% -ын құрайтын болса, онда

$$C_{\text{тар}} = 0,05202 * 94593 = 4920,73 \text{ теңге}$$

Осыдан

$$H_A = ((94593 - 4920,73)/(4 * 94593)) * 100\% = 23,7\%$$

(4.15) формула ұсынамыз

$$A = 94593 * 23,7 * 55,5/100 * 12 * 720,46 = 143,91 \text{ теңге}$$

Электр энергиясына жұмсалатын шығындарды мына формула бойынша есептеледі

$$C_{\text{ЭЭ}} = K * k_3 * T * K_{\text{кВт}\cdot\text{ч}} \quad (4.18)$$

мұндағы,  $K$  – ЭВМ қуаты (450Вт = 0,45кВт);  $k_3$  – жүктеме коэффициенті (0,8);  $K_{\text{кВт}\cdot\text{ч}}$  – 1 кВт.сағ электр энергиясының құны;  $T$  – жұмыс уақыты сағат. Содан кейін

$$C_{\text{ЭЭ}} = 0,45 * 0,8 * 14,79 * 720,46 = 3836,02 \text{ теңге}$$

Бағдарламалық өнімді жазу үшін ( $C_{\text{ММШ}}$ ) пайдаланылатын материалдар шығыны мен шығыстар, сондай-ақ техникалық қызмет көрсету және жөндеу ( $C_{\text{ТҚК}}$ ), тиісінше жабдықтың құнынан 1.326% және 2.754% құрайды, (4.18) және (4.19) формулалары

$$C_{\text{ММШ}} = 0,0204 * C_{\text{жаб,д. ед.}} = 0,0204 * 94593 = 1929,69 \text{ теңге ,}$$

$$C_{\text{ТҚК}} = 0,02244 * C_{\text{жаб,д. ед.}} = 0,02244 * 94593 = 2122,67 \text{ теңге}$$

Басқарумен және қызмет көрсетумен байланысты үстеме шығыстар, өндіріс процестерін күтіп-ұстауға және пайдалануға, жабдықтарды басқа да қосымша шығындармен қамтамасыз ету, еңбекке ақы төлеу қорынан 71,4% өтініш жасау формула бойынша есептеледі

$$C_{\text{үстем}} = 0,714 * \text{ЕТҚ, теңге} \quad (4.19)$$

Онда, (4.19) формула бойынша

$$C_{\text{үстем}} = 0,714 * 3129231,574 = 2234271,34 \text{ теңге}$$

Есебінің жиынтық нәтижелерін өзіндік құнның берілуі, баптар сомасының шығыстары және олардың жалпы құнынан үлесі 4.7-кестеде көрсетілген.

4.7 кесте – Өзіндік бағдарламалық өнімді әзірлеу

Бап шығындар	Сомасы, теңге	Жалпы құнның үлесі
Еңбекақы төлеу қоры	3129231,574	55%
Электр энергиясына жұмсалатын шығындар	3836,02	0,67%
Әлеуметтік салық	309793,926	5,45%
Үстеме шығыстар	2234271,34	39,35%
Амортизациялық аударымдар	143,91	0,002
Барлығы	5677276, 77	100%

Интеллектуалдық еңбектің бағасы (бағдарламалық өнім және НИР (ОКР))

Таза БӨ әзірлеуден түскен

$$ТЖ = С * 15\% \quad (4.20)$$

$$ТЖ = 5677276,77 * 15\% = 851591,51 \text{ тг}$$

$$P = C + ТЖ \quad (4.21)$$

мұндағы, P - өнімнің сату бағасы

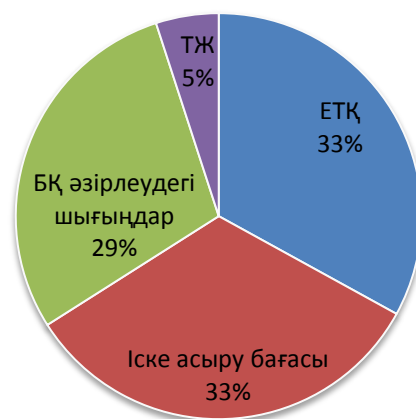
$$P = 5677276,77 + 851591,51 = 6528868,28 \text{ тг}$$

Сонда, НДС бағдарламалық өнімді құрайды

$$НДС = P * 12\% \quad (4.22)$$

$$P = 6528868,28 * 12\% = 783464,19 \text{ тг}$$

### Сату



4.1 сурет – БӨ құрылымын әзірлеудегі өзіндік құны "Біркелкі күш өрісіндегі қозғалысты компьютерлік модельдеу"

### 4.3 Қорытынды

БӨ өзіндік құны 5677276, 77 теңгені құрады, сату бағасы – 6528868, 28, ал таза пайдасы 851591, 51. Шығындардың қомақты бөлігін еңбекақы қоры құрайды, ол 3129231, 574–ге тең. Мұндай БӨ орташа бағасы шамамен 2000000–нан 7000000 теңгені құрайды. Берілген БӨ тиімді, рентабельді, өзекті және жабдықталған интерфейсі бар, сондықтан оның бағасы максималдыға жақын.

## 5 ТІРШІЛІК ҚАУІПСІЗДІГІ

### 5.1 Денсаулыққа әсер ететін қолайсыз факторларды талдау

Бағдарламашы күні бойы орналасқан жұмыс орнында, көзделуі тиіс нормативтік актілермен реттелуі тиіс. Әрбір қызметкер құқығы бар өз міндеттерін қауіпсіз жағдайында, есепке алу керек.

Еңбектің қауіпсіз шартының қамтамасыздандыруы жетекшінің міндеттеріне кіреді.

Зиянды өндірістік фактор – өндірістік фактор әсері кезіндегі адамның ағзасында тудыруы мүмкін жарақаттар, аурулар немесе денсаулық жағдайының ауытқуын, сондай-ақ қазіргі және болашақ ұрпақтардың өмірі, қазіргі заманғы әдістермен анықталған, денсаулық жағдайының өзгерістерін тудыруы мүмкін. Зиянды өндірістік фактор өз күшіне байланысты, әсер ету ұзақтығы қауіпті болуы мүмкін [14].

Бағдарламалаушыға келесі қауіпті және зиянды факторлар теріс әрекет көрсетуі мүмкін:

- бөлмедегі қолайсыз микроклимат: жоғары және төмен температурасы; ауаның қатты шаңдануы мен газдануы; ауаның жоғарғы және төменгі ауа ылғалдылығы;

- жұмыс орнының әлсіз жарықтандыруы;
- еселенген нормадан асқан шу;
- үлкен иондаушы сәулелену деңгейі;
- үлкен деңгейдегі электромагниттік өріс;
- үлкен деңгейдегі статикалық электр;
- электр тогының соққы беру қаупі;
- экран дисплейінің төмен жарықтығы;
- компьютермен және т. б. жұмыс істеу кезінде эргономикалық нормаларды сақтамау.

Бұдан әрі бағдарламаушыға әсер ететін кейбір қауіпті және зиянды факторларды қарастырайық.

### 5.2 Бөлмедегі микроклимат

Жұмыс бөлмесіндегі микроклимат - бұл ғимараттың климат ортасы, ол адам ағзасына әсер ететін факторлар кешені: ауа қозғалысының жылдамдығы, температура мен ылғалдылық анықталуы мүмкін.

Үлкен аралықтарда микроклиматтың өзгеруі әр түрлі болуы мүмкін, сол кезде адамның терморегуляция арқасында дене температурасының тыныс-тіршілігінің тұрақтылығын ұстау, яғни ағзаның қоршаған ортаға жылу қабілеттік қайтарымын реттеу - маңызды шарт болып табылады. Микроклиматтың қалыпты шегін сақтау принципі – қалыпты жағдай жасау жылу алмасу үшін адам ағзасының қоршаған ортамен байланысы. Осылайша,

ауаның орташа температурасы жұмыс бөлмесінде +22°C, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы - 46%, атмосфералық қысым 750 мм. сын.бағ.ст., жұмыс орнының ауа шаңы - 10 мг/м, ең көп мөлшері бөлшектер - 2 мкм. болуы тиіс.

Компьютерлік техника қуатты жылу шығарудың көзі болып табылады, бұл ғимараттың температурасын арттыру және салыстырмалы ылғалдылықтың азаюына әкелуі мүмкін. Қалыпты климатты құруға және қолдауға, сыртқы жағдайларын есептемегенде: қыста пайдаланылған суды жылыту; жазда ауаны кондиционер көмегімен пайдаланылады. Кондиционер, аспаптардың көмегімен ғимарата қажетті параметрлерін автоматты реттеу арқылы қолдана алады.

Бөлме температурасы + 19 ° С-тан төмен болмауы және жұмыс бөлмесінде жабдықтарды толық пайдалану кезінде температура + 25 ° С-тан артық болмауы тиіс.

Дербес компьютерлер тұрған ғимараттарда арнайы микроклимат параметрлерін сақтау орынды. Жұмыс жасау үшін, микроклимат параметрлерін мәні санитарлық нормалармен орнатылған. Бұл нормалар жыл мезгіліне , еңбек процесіне және өндірістік ғимараттар түріне байланысты белгіленеді (5.1 – кесте).

5.1 кесте – Бөлме микроклиматының параметрлері

Жылдық мезгіл	Микроклимат параметрі	Шамасы
Суық	Бөлмедегі ауа температурасы	23°C
	Салыстырмалы ылғалдылық	50%
	Ауа қозғалысының жылдамдығы	0,1м/с дейін
Жылы	Бөлмедегі ауа температурасы	24°C
	Салыстырмалы ылғалдылық	50%
	Ауа қозғалысының жылдамдығы	0,15м/с

Бір мезгілде ауысыммен жұмыс істейтін ең көп бағдарламашылар отыратын ғимараттар мөлшері 19,5м<sup>3</sup> кем болмауы керек. Дербес компьютерлер орналасқан бөлмеде, таза ауа беретін норма шамасы сонымен қатар бөлмеге таза ауа берілетін көлемдік шығыны (5.2 - кестеде) көрсетілген.

Есептеу техникасы елеулі жылу шығарудың көзі болып табылады, бұл температураны төмендету және салыстырмалы ылғалдылығына әкелуі мүмкін.

5.2 кесте –Таза ауа берудің нормалары

Бөлменің сипаттамасы	Бөлмеге таза ауа берілетін көлемдік шығыны, м <sup>3</sup> /сағ.бір адам
Адамға көлемі 20м <sup>3</sup> дейін	Кем дегенде 30
Бір адамға 30м <sup>3</sup>	Кем дегенде 20
Бір адамға 40м <sup>3</sup> астам	Табиғи желдету



### 5.3 Жұмыс орнын жарықтандыру

Бағдарламашының жұмысы ғимараттарда жүзеге асырылады, сондықтан оларға күн сәулесінің жақын қамтылуы, жарықтың жақсы болуы тиіс. Компьютерлері бар ғимараттарда жарықтандыру талаптары мынадай: жоғары дәлдіктегі орташа жарықты қажет ететін орындалатын көрнекі жұмыс 300 лк; ал аралас 750 лк; шағын дәлдік жұмысы барысында осындай сұраулар - 200 және 300 лк мәндерін құрайды. Осы кезде монитор және жарық көздері, бекітті болдырмау етіп орналасқан болуы керек. Сонымен қатар, жарық біркелкі таралған болуы керек – бұл денсаулық талабына қатысы бар. Басқа тілде айтатын болсақ, ғимараттың жарықтандыру дәрежесі мен дербес компьютерінің жарығы бірдей болуы керек, сондай-ақ дербес компьютер экранының жарықтығы жоғары болса, ол көздің талуын одан әрі тез шаршауға әкеледі [13].

Ғимараттарға ЭЕМ болуымен қатар табиғи және жасанды жарықтандыру керек. Бұл ретте қосалқы жасанды жарықтандыру түнде ғана емес күндіз де қолданылады. Табиғи жарықтандыру, негізінен бағытталған жарық өткізгіш арқылы жүзеге асырылуы тиіс, табиғи жарық сәйкес солтүстік және солтүстік-шығыс аудандарда қар жамылғысы 1,2% төмен емес және аумағының қалған тұрақты 1,5 % коэффициенттер арқылы қамтамасыз етіледі. Бөлмелерде жасанды жарықтандыру кезінде компьютерлік операция бірыңғай жалпы жарықтандыруға ауысуы керек. Жасанды жарық көздері, әдетте, люминесцентті шамдар LB немесе DRL түрін пайдаланылған кезде біркелкі жұмыс орнында орналастырылуы тиіс.

Тұтыс жарықтандыруды жалпы немесе арнайы жарықтандыру арқылы жұмыс үстелінің жанынан, яғни жұмыскердің көзі бір желіде ЭЕМ мен параллель орналасуы керек. Периметрі жарықтандыру желілері бойынша компьютерлер, жергілікті жұмыс үстелінде қызметкерге қаратып, алдыңғы шетіне жақын орналасуы тиіс.

Жанама жарықтандыру жүйесін өзгерту, жұмыс беттеріне әсер бекітті шамдар түрлері мен табиғи және жасанды жарықтандыру көздеріне қатысты жұмыс орындарын дұрыс таңдау арқылы қол жеткізуге болады, сонымен қатар экранда бекіт жарықтығы  $40 \text{ CD} / \text{m}^2$  аспауы тиіс егерде жарық жүйесі өзгерсе ол 200 кд / кв.м дейін шектеу қойылады.

Сондай-ақ монитор экраны – ол да жарық көзі, егер дисплей жарықтығы тым жоғары орнатылса, деректерді тұрақты оқығанда көз тез шаршайды. Сондай-ақ, көздің тітіркену себептерінен төмен жиілікте туындаған экранда суреттер жыпылықтай бастайды. Экранның жыпылықтауын азайту мақсатында, ЭЛТ-мониторлар үшін кем дегенде 75 Гц жеткілікті, ал ЖКИ-мониторына 60 Гц ең төменгі кадр жиілігі болып табылады.

## 5.4 Электромагниттік сәуле әсері және электр өрісі

Монитордың бүйір және артқы қабырғалары электромагниттік сәуле негізгі көзі болып табылады, өйткені оларда монитордың алдыңғы қабатындағыдай арнайы қорғаныш жоқ. Электромагниттік сәулелену иммундық, жүйке, эндокриндік және адамдардың жыныстық жүйесіне күшті әсер етуі мүмкін.

Иммундық жүйенің қорғаныс функциясы бар, жасушалық иммунитет жүйесінің әлсіреуі бар қандағы арнайы ферменттер эмиссияларды азайтады. Эндокриндік жүйесі қандағы адреналиннің үлкен бөлігін шығара бастайды, салдары ретінде, дене жүрек-қан тамыр жүйесінің әсерін арттырады. Жасушаларға оттегі толық бармаған жағдайда, нәтижесінде қан қоюланады. Таза ауада жиі серуендеуге, бөлмелерді желдету, спорттық іс-шаралар, жұмыс қызметінің негізгі ережелерін жүзеге асыру, еңбек қауіпсіздігі мен қорғау нормаларына сай келетін жақсы техникамен жұмыс компьютерлердің электромагниттік сәулеленуінен қарсы қорғаныс шаралары барлық стандарттарға сай келеді.

Қорғаныс жабдықтарды пайдаланбай компьютермен тұрақты жұмыс жасауынан туындайтын әсері:

- 1) көру мүшесінің аурулары (пайдаланушылардың 60%);
- 2) жүрек ауруы - қан тамырлары жүйесі (60%);
- 3) асқазан-ішек жолдары аурулары (40%) ;
- 4) тері бұзылуы (10%);
- 5) әр түрлі ісік.

## 5.5 Шу және діріл

Шу дыбыстардың әртүрлі жиілігі, қарқындылығы және ұзақтығының жиынтығы. Шудың жоғары деңгейін құратын, баспа құрылғылары, құрал-жабдықтармен жабдықталған көбейткіш техникалар, ауаны баптауға арналған желдеткіштерімен салқындату және трансформаторлар өздерінің ЭВМ қолайсыз өндірістік орта факторларының бірі бағдарламаушы болып табылады.

Ұзақ уақытқа созылған шу ( 80 дБ жоғары) жағымсыз жүйке жүйесіне және есту мүшесіне әсер әкеледі. Шу өз кезегінде өндірістік қателер әкеледі, содан адамның жылдам шаршағаны туындайды.

Компьютер орнатылған бөлменің шу деңгейін төмендету үшін, қабырғаларда дыбыс жұтатын төселген болуы мүмкін, сондай-ақ әр түрлі дыбыс жұтатын құрылғыларды пайдалану мүмкін. Нормаланған шу деңгейінен жоғары, асып шулы жабдықтар сыртта болуы тиіс.

Шуды азайту радиациялық тұрғыда синтетикалық материалдан жұмсақ жастықшалар пайдаланып және олар орнатылған үстел аяқтарына - жұмсақ резеңке, тығыздағыш қалыңдығы 8,6мм арқылы қол жеткізуге болады.

Сондай-ақ, техникалық процесіне кедергі жасамайтын, звукоизоляция камтамалар пайдаланылуы мүмкін [12].

Жекешелінген қорғануға: шуға қарсы муфта, шлемдер, каскалар және арнайы костюмтер жатады.

Діріл - сыртқы күштердің әсерінен тербеліс немесе механикалық жүйелер. Діріл адам ағзасының физиологиялық және психологиялық функциялары өзгертілуін, белгілі бір кәсіптік ауруларды тудыруы мүмкін. Құрылыс деректер орталықтарында дірілдеу амортизаторлар бойынша, арнайы жабдықты орнату арқылы азайтуға болады.

Бөлменің рационалды орналасуы мен жұмыс орнында, жабдықтарды дұрыс орналастыру маңызды факторы болып табылады, сондай-ақ ол шу мен дірілді азайтуға көмектеседі.

## **5.6 Бағдарламаушы денсаулығына әсер ететін басқа да факторлар**

Бағдарламаушы жұмысы аз қозғалатын және көп отыратын болып келетіндіктен, ол үлкен салматтылыққа, артериалдық қысымның жоғарылауына, жүрек ауру және атеросклерозға әкелуі мүмкін.

Аз қозғалу сустав үшін остеохондроз, радикулит, артрит ауруларын әкеледі. Сонымен қатар, компьютер алдында жұмыс істеу геморрой ауруы бастама алады. Айтылған мәселелерді алдын алу үшін, ұйымдарға уақытында демалыс, таза ауамен жаяу жүру, спортпен шұғылданду керек. Жұмыс барысында үзіліс жасап, дене қыздыру жаттығуларын жасап отыру қажет.

Күнделікті пернетақтамен жұмыс жасау, саусақтардың ауруына одан соң қол білегінің буынның ауруына әкеледі. Буын ауруларын алдын алу үшін саусаққа жеңіл жаттығулар жасап отырған дұрыс.

Бағдарламашы жұмысы - жүйке және психикалық аурулар көзі болып табылады. Маңызды ақпаратты жоғалту, компьютердің істен шығуы - жүйке жүйесін зақымдануына, стресстік оқиғаларға әкеледі. Атап өткен, жүйелік бағдарламалау үздіксіз математикалық есептеулерді талап етеді, одан жиі психикалық ауру, емделу жүзеге асырылады.

Осылайша, біз бір адамға түрлі өндіріс факторлар денсаулығына зиян кәсіптік ауруларды туындайтынын зерттеді.

## **5.7 Жұмыс орнының ерекшеліктері**

Жұмыс орның қарастыратын болсақ, ғимараттың орналасқан жері темір жол желісіне жақын немесе жүктелген тас жолы, әуежай және т.б., ішкі процесс жұмысына әсер шу көздері байқалмайды. Төменде таңдалған бөлменің сипаттамалары көрсетілген:

1) жұмыс аймағы төрт қабатты құрылыстың бірінші қабатында орналасқан;

- 2) жұмыс орны (бөлмелер) мөлшері: ұзындығы 6м, ені 3 м, биіктігі 3 м;
- 3) бөлмені шынылауға –қос (терезенің бір мөлшері 2400x2000 мм) болат тоғысында жоқ;
- 4) жасанды жарықтандыру - шамдар: әрбіреуінде 2 шам, 2 люминесцентті шамдары бар;
- 5) ішкі қабырғалары - жеңіл;
- 6) жұмыс көрнекі жағдайларына байланысты орналастыру IV санатқа жатады (Жұмыс істейтін өлшем айырмашылық нысандарды 1-ден 10 мм жоғары) (ГОСТ 12.1.028-80);
- 7) бөлмеде 1 терезе бар.

## **5.8 Пайдаланылған жабдықтар**

Дербес компьютер. Құрылғылардың техникалық сипаттамалары:

- 1) Intel Core i3, 2,4 ГГц, 2 МБ RAM / HDD 240 Gb;
- 2) Монитор Samsung 943n, diagonal 19;
- 3) өлшемдері: 1200h750h1150 (PC + үстел);
- 4) Қоректендіру: 220-250 В айнымалы ток кернеуі, 50 Гц қуаты 400Вт.

Жарықтандыру жабдығы:

- 1) люминесцентті шамдар, 2 шамдар;
- 2) Қоректендіру: 220-250 В айнымалы ток кернеуі, жиілігі 50 Гц, әр шам қуаты 65 Вт.

Электр жабдықтары өрт қауіпінің әлеуетті көзі болып табылады.

## **5.9 Реттеу бөлімі**

### **5.9.1 Шу әсерінен акустикалық есептеу және дәлелдеу**

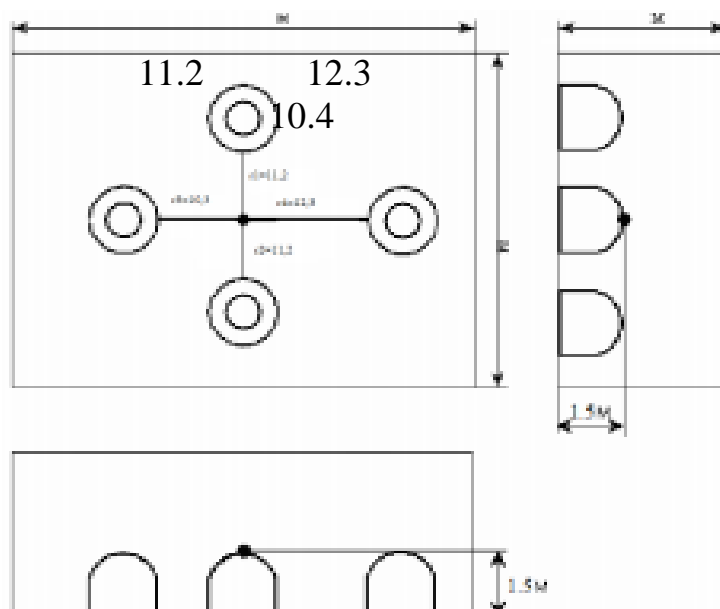
Акустикалық шу есептеу, сондай-ақ қызметкерлердің шуға әсерін алдын алуды іске қосу. Шарт бойынша, құрылыста дыбыс қуатының деңгейі тең бірнеше шу көздері жұмыс істейді. Олар еденге ( $F = 1$ ) орналасқан. Шу көздері еденнен 1,5 м жоғары биіктікте санасатын нүктеден R қашықтықта орналасқан. Жобалау нүктесінде белсенді дыбыстық қысым деңгейін анықтайды.

Бұл есептеулер нормаланған дыбыс қысымының деңгейлері арқылы салыстырылады. Дыбыстық қысымның төмендеуін анықтау және параметрлерін есептеу үшін, шу әрекетінен қызметкерлерді қорғау үшін шара ретінде кабина қадағаланады.

Бастапқы деректер 5.3 – кестеде жабдықтың түрі, түрлері, барлық қажетті параметрлері, ауданы, сондай-ақ қашықтығы келтірілген.

5.3 кесте – Бастапқы деректер

Жабдықтардың түрі	Серверлік шкаф
Көздерінің саны	4
ИШ пен РТ арақашықтығы, м	$r_1 = r_2 = 11,2; r_3 = 10,3; r_4 = 12,3$
Кеңістік көлемі, м <sup>3</sup>	720
Қатынасы В / Sogr	0,4
Lmax	1,5
Кабина нұсқаларың бақылау	16 x 8 x 4
Бос қабырғалар ауданы, S1	64
Бос қабырғалар ауданы, S2	128
Есік ауданы, S3	4
Терезенің ауданы, S4	3



5.1 сурет – Бөлмедегі шу көздерінің және нүктелердің орналасқан сұлбасы.

Бөлмеге беретін бағдары онда бірнеше дыбыс көздері және тікелей аймағындағы дыбыс көрінісі, дыбыс қысымының деңгейлері болады. Ол формула бойынша анықталады

$$L_{OЖ} = 10 \lg \left( \sum_{i=1}^m \frac{\Delta_i + x_i + \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i \right) \quad (5.1)$$

Мұндағы,  $\Delta_i = 10^{0,1L_{p_i}}$ ;

$L_{p_i}$  -  $i$ -ші шу көзі арқылы жасалған дыбыс қуатының дБ октавиялық деңгейі;

$m$  - шу көздері саны, есеп айырысу бойынша (яғни  $r_i < 10,3$   $r_i$  min үшін көздері) жақын нүктесі;

$n$  - бөлмедегі шу көздерінің жалпы саны;

Бұл жағдайда, акустикалық орталығына, оның ең жақын көзіне және ең төменгі нүктесіндегі қашықтыққа бағаланған

$$r_{\min} = 10,3 \text{ м},$$

$$10,3 * r_{\min} = 51,5 \text{ м}.$$

Шу көзінің жалпы саны,  $r_i < 10,3 r_{\min} = 106,09$  болғанда, есепке алу және есеп айырысу жақын тұрғысынан ескерілуі 4 ( $m=4$ ) тең болады, яғни барлық дерек көздерін ескере отырып арақашықтық  $r_1, r_2, r_3$  және  $r_4$  орналасқан;

$x$  – акустикалық алаңға жақын және қабылдайтын қарым-қатынасқа байланысты ең жақын әсер ететін шама

$$r_i / I_{\max}; \tag{5.2}$$

$I_{\max}$  - шу көздерінің ең үлкен өлшемі

Шамасы  $r_i / I_{\max} = 10,3 / 1,5 = 6,87$ ,  $x = 1$  деп қабылдаймыз;

$\Phi$  – шу көзіне бағытталған фактор  $\Phi = 1$ ;

$S$  – геометриялық пішіннің ауданың елестету, қоршаған ортаны көзі және есептелген нүктесі арқылы өту.

Барлық көздерге орындалатын шарт

$$2 * I_{\max} < r, \tag{5.3}$$

$$2 * 1,5 \text{ м} < 10,3 \text{ м}$$

Сондықтан  $S_i = 2\pi r_i^2$  шамасын қабылдасақ, бөлмедегі диффузиялық дыбыстың нашарлау тәжірибиесі бар, ал олар болмаған жағдайда графикасы 3 [2] суретте көрсетілген. Графика бойынша  $V/S_{\text{opt}} = 0,4$ ,  $\psi = 0,73$  анықтауға болады;

$V$  – күнделікті бөлме.

$$V = V_{1000} * \mu$$

бұл жерде  $V_{1000}$  – күнделікті бөлмедегі орташа геометриялық жиілігі 1000 Гц;

$\mu$  – көбейткіш жиілігі, 5.1 кестеде көрсетілген.

5.2 –кестеден бөлме түрін таңдап, күнделікті бөлмені  $V_{1000}$  анықтаймыз

$$V_{1000} = \frac{V}{20} = \frac{720}{20} = 36 \tag{5.4}$$

5.4 – кестеде көбейткіш жиілігі көрсетілген, бөлме көлеміне арналған 5.4 кестедегі көбейткіш жиілігінің мәндерін қарастырайық, дипломдық жобаның бағдарламалық өнімді әзірлеу үшін жүргізілуде,  $V = 720 \text{ м}^3$ .

5.4 кесте – Жиілік мультипликаторының құндылықтары

	63	250	125	500	1000	2000	4000	8000
$\mu$	0.5	0.55	0.5	0.7	1	1.6	3	6

Шу  $\Delta L_{\text{тр}}$  деңгейінің төмендеуін анықтаймыз, жобалау нүктесінде нормативтік дыбыс қысымының деңгейлері қабылданған.

Жұмыс орны – тұрақты жұмыс орындары мен ғимараттар орналасқан жұмыс аймақтары.

$$\Delta L_{np} = L_{бар} - L_{кoc}, \text{ дБ} \quad (5.5)$$

$L_{бар}$  - шу барлық жобалық нүктесінде дыбыстық қысымның октавиялық деңгейі, дБ.

$L_{кoc}$  – 5. кестеде көрсетілген.

5.5 кесте – Рұқсат етілген дыбыс қысымының деңгейлері

Геометриялық орташа октавиялық жиілігі	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{кoc}$	99	92	86	83	80	78	76	74

125 Гц есептеу жиілігіне мысал

$$\Delta I = 10^{0,1L_{p_i}} = 10^8$$

(5.6)

Барлық жиілікті есептейміз, сонда

$$\Delta_1 = 10^{0,180} = 10^8$$

Одан кейін ауданды есептейміз

$$S_1 = 2 \cdot \pi \cdot r_1^2$$

$$S_1 = S_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 11,2^2 = 787,76$$

$$S_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 10,3^2 = 666,245$$

$$S_3 = 2 \cdot 3,14 \cdot 12,3^2 = 950,1$$

Содан осы формуладан  $\sum_{i=1}^3 \frac{\Delta_i}{S_i}$  аламыз

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} = \frac{10^8}{787,76} + \frac{10^8}{787,76} + \frac{10^8}{666,245} + \frac{10^8}{950,1} = 50 \cdot 10^4$$

Формуладан нәтижесін шығарамыз

$$B_{125} = B_{1000} \cdot \mu_{125}$$

(5.8)

Коэффициент мәні  $\mu$  - 4.4 –кестесінен тамабыз, оған  $V = 720$ , жиілігі 125 Гц,  $\mu = 0,5$

Шығатын мәні

$$B_{125} = 36 \cdot 0,5 = 18$$

Енді келесін есептейміз

$$\frac{4 \psi}{B_{125}} \cdot \sum_{i=1}^4 \Delta_i = \frac{4 \cdot 0,73}{18} \cdot 4 \cdot 10^8 = 64 \cdot 10^5$$

Содан кейінгі мәні

$$\sum_{i=1}^4 \frac{\Delta_i}{S_i} + \frac{4 \psi}{B} \cdot \sum_{i=1}^4 \Delta_i = 508908,44 + 6488889 = 65 \cdot 10^6$$

Бұдан табуға болады

$$L_{ож} = 10Lg(65397797,33) \approx 78,16$$

Соңғы есептік құнын анықтау болып табылады

$$\Delta L_{np} = L_{ож} - L_{кoc} = 78,16 - 92 \approx 13,84$$

## 5.9.2 Операциялық бөлмеде ауаның иондалуы деңгейін есептеу

Иондар - ауада қамтылған теріс немесе оң заряды бар кішкентай бөлшектер. Демек, иондану - осы бөлшектердің қалыптастыру үдерісі. Бұл процесс - табиғи, яғни оған арнайы жабдықтың қажеті жоқ. Бірақ, белгілі бір талаптарға қажет.

5.6 кесте – Иондану деңгейлері

Деңгейлер	Ауадағы 1 см <sup>3</sup> иондар саны	
	n +	n -
Ең кем дегенде қажетті	400	600
Оңтайлы	1500 – 3000	3000 – 5000
Ең рұқсат етілген	50000	50000

«Офистік» ортаны ауада қалыпты иондалмайды, ал бөлмедеі иондар электр техника түрлерінен тартылады және сіңеді. Неғұрлым, ауада ластаушы заттар көп болса, соғұрлым иондар өз зарядын жоғалтып, олардың коммуналдық бөлшектері өзара болады.

Ауаны қалыпқа келтіру үшін, бөлмені желдету есебін құрса болады.

Өндірістік жұмыс бөлмесінде санитарлық нормаларға сәйкес жобалау бір қызметкердің көлемі кем дегенде 20 м<sup>3</sup>, сыртқы ауаның ағыны кем дегенде 30 м<sup>3</sup> / сағ болуы тиіс, ал бір қызметкердің көлемі жұмыс бөлмелері- 20 м<sup>3</sup> - ден астам және 20 м<sup>3</sup>/ сағ - кем.

Ауа алмасу еселігі бойынша, таза ауада көлемінің есептеп шығаруға рұқсат етіледі.

$$L = k \cdot v, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (5.9)$$

Мұндағы,  $L$  - таза ауада сомасы;

$k$  - ұсынылған ауаның еселігі;

$v$  - кеңістік көлемі;

$$L = 0,8 \cdot 32,6 = 26,08 \text{ м}^3 / \text{сағ}$$

Жоғарыда көрсетілген қалыпты бөлмеде таза ауада көлемі 26,08 м<sup>3</sup>/сағ. кем болып табылады.



## ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыстың негізгі мақсаты – әртүрлі әдістерді пайдаланудың ерекшеліктерін зерттеу орындалды. Қойылған тапсырмалар толық орындалды; оның ішінде қарастырылған есептің математикалық моделі, математикалық есепті шешудің әдістері мен алгоритмдері және программалары құрастырылды. Программалардың көмегімен есептің жеке жағдайы қарастрылып, сндық эксперимент жүргізілді.

*Қорыта келгенде*, дипломдық жұмыста қарастырылуға тиісті мәселелер толық түрде шешілді; жұмыс нәтижелері компьютерлік және математикалық модельдеу әдістерінің, қазіргі заманғы компьютерлік техника мен программалық жабдықтардың зерттеу жұмыстары үшін ыңғайлы әрі тиімді құралдар болатыны толық түрде көрсетілді.

Сонымен бірге, жұмыстың экономикалық тиімділігі мен қызметкерлердің тіршілік қаупәсіздік мәселелері де қарастрылған.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТ

1. Будущее прикладной математики: Лекции для молодых исследователей. От идей к технологиям / Под ред. Г.Г.Малинецкого. – М.: КомКнига, 2008. -512 с.
2. Тихонов А.Н., Костомаров Д.П. Вводные лекции по прикладной математике. – М.: Наука. Главная редакция физико – математической литературы, 1984. – 192 с.
3. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. М.: ФМЛ, 1972. ч. 2. – 332 с.
4. Филиппов А.Ф. Введение в теорию дифференциальных уравнений: Учебник. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 240 с.
5. Деккер К., Вервер Я. Устойчивость методов Рунге-Кутта для жестких нелинейных дифференциальных уравнений. – М.: Мир, 1988. – 332 с.
6. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2000. – 624 с.
7. Гофман В. Хомоненко А. Delphi 5. — СПб.: БХВ-Петербург, 2001.
8. Дантеманн Джефф, Мишел Джим. Программирование в среде Delphi.
9. Экономика, организация и управление на предприятии Учебник/ Корсаков М.Н., Ребрин Ю.И., Федосова Т.В., Макареня Т.А., Шевченко И.К. и др.; Под ред. М.А.Боровской. – Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2008. – 440с.
10. Экономика, организация и управление на предприятии, Москва: Инфра-М, 2004, серия "Высшее образование", 496 с.
11. Дудорин В. И. Управление экономикой производства: Учебник. – М.: Экзамен, 2005. – 480 с.
12. ГОСТ 12.1.028-80. Определение шумовых характеристик источников шума.
13. СНиП РК 2.04-05-2002. Естественное и искусственное освещение. Общие требования.
14. Скала Н.В. Основы организации охраны и безопасности труда в Республике Казахстан. – Алматы, 2007.

## ҚОСЫМША

```
nit Unit1;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls,
Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, TeeProcs, TeEngine, Chart, Series, Grids,
  DBGrids;

type
  TForm1 = class(TForm)
    grp1: TGroupBox;
    lbl1: TLabel;
    edt1: TEdit;
    edt2: TEdit;
    lbl2: TLabel;
    edt3: TEdit;
    lbl3: TLabel;
    edt4: TEdit;
    lbl4: TLabel;
    edt5: TEdit;
    lbl5: TLabel;
    edt6: TEdit;
    lbl6: TLabel;
    edt7: TEdit;
    lbl7: TLabel;
    edt8: TEdit;
    lbl8: TLabel;
    grp2: TGroupBox;
    rb1: TRadioButton;
    rb2: TRadioButton;
    rb3: TRadioButton;
    rb4: TRadioButton;
    btn1: TButton;
    cht1: TChart;
    fstlnsrsSeries1: TFastLineSeries;
    cht2: TChart;
    cht3: TChart;
    fstlnsrsSeries2: TFastLineSeries;
    fstlnsrsSeries3: TFastLineSeries;
    lbl9: TLabel;
    lbl10: TLabel;
    strngrd1: TStringGrid;
```

## Қосымшасының жалғасы

```
lbl11: TLabel;
procedure edt1KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure edt2KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure edt3KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure edt4KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure edt5KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure edt6KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure edt7KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure edt8KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure btn1Click(Sender: TObject);

private
  { Private declarations }
public

end;

var
  Form1: TForm1;

implementation

{$R *.dfm}
// dU/dt есептеу функциясы
function A(K1,K2,U,V:Double):Double;
begin
  Result:= -K1*U-K2*U*sqrt(Sqr(U)+sqr(V));
end;
// dV/dt есептеу функциясы
function B(K1,K2,U,V:Double):Double;
begin
  Result:= -K1*V-K2*V*sqrt(Sqr(U)+sqr(V))-9.68;
end;
// Пернетақтадан сан мен үтірден басқа барлық символдарды
енгізбейді
// едит1 батырмасын басқандағы оқиға
//Әріптерді енгізбеу үшін
procedure TForm1.edt1KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
  if Key in ['0'..'9',',','.-'] then // егер сандардың үтір немесе минус
батырмалары басылса, онда
    begin
```

```
// ештеңе істелмейді
    end
    else Key:=#0; //басқа батырма басылса мән енгізілмейді
end;
//сондай процедура келесі объектілер үшін
procedure TForm1.edt2KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
    if Key in ['0'..'9','-','.',','] then
        begin
            // ештеңе істелмейді
            end
        else Key:=#0;
end;
// сондай процедура келесі енгізу өрісі үшін
procedure TForm1.edt3KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
    if Key in ['0'..'9',';',',','-'] then
        begin
            // ештеңе істелмейді
            end
        else Key:=#0;
end;
// сондай процедура келесі енгізу өрісі үшін
procedure TForm1.edt4KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
    if Key in ['0'..'9','-','.',','] then
        begin
            // ештеңе істелмейді
            end
        else Key:=#0;
end;
// сондай процедура келесі енгізу өрісі үшін
procedure TForm1.edt5KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
    if Key in ['0'..'9','-','.',','] then
        begin
            // ештеңе істелмейді
            end
        else Key:=#0;
end;
// сондай процедура келесі енгізу өрісі үшін
procedure TForm1.edt6KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
```

## Қосымшасының жалғасы

```
begin
  if Key in ['0'..'9','-',';'] then
    begin
      // ештеңе істелмейді
    end
  else Key:=#0;
end;
// сондай процедура келесі енгізу өрісі үшін
procedure TForm1.edt7KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
  if Key in ['0'..'9','-',';'] then
    begin
      // ештеңе істелмейді
    end
  else Key:=#0;
end;
// сондай процедура келесі енгізу өрісі үшін
procedure TForm1.edt8KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
  if Key in ['0'..'9'] then
    begin
      // ештеңе істелмейді
    end
  else Key:=#0;
end;

procedure TForm1.btn1Click(Sender: TObject); // "Рассчитать"
батырмасына басу процедурасы

  const G=9.68; // G-еркін құлау жылдамдығының тұрақты мәнін
жариялайды
  var
  //Мәліметтердің динамикалық массивтерін жариялау
  XArray : array of Double; //Массив координат X
  YArray : array of Double; // у координатасының массивы
  VArray : array of Double; // V жылдамдық массивы
  UArray : array of Double; // U жылдамдық массивы
  dEArray : array of Double; // 1 қадамға энергиясы түрлендірілген
массив
  //айнымалыларды жариялау
  dt, t, K1, K2, PsiX, PsiY, PsiV, PsiU, FiX, FiY, FiV, FiU, Summ, SrdE :
Double;
```

## Қосымшасының жалғасы

```
{ Summ-қосындыны есептейтін айнымалы SrdE-энергияны
түрлендіретін айнымалы n, i, m: Integer; //қосымша айнымалылар
//енгізілген мәндерді айнымалылыраға енгізу
begin
K1:=StrToFloat(edt5.Text);
K2:=StrToFloat(edt6.Text);
n:= StrToInt(edt8.Text);
t:= StrToFloat(edt7.Text);
dt:=t/n;// дельта t мәнін шығарамыз
//динамикалық массивтерге өлшемдерін қою
SetLength(XArray,n+1);
SetLength(YArray,n+1);
SetLength(VArray,n+1);
SetLength(UArray,n+1);
SetLength(dEArray,n+1);
// массивтің нольдік мәніне шекаралық шарттар қойылады
XArray[0]:=StrToFloat(edt1.text);
YArray[0]:=StrToFloat(edt2.text);
VArray[0]:=StrToFloat(edt4.text);
UArray[0]:=StrToFloat(edt3.text);

if rb1.Checked=True then //егер Эйлер әдісі таңдалса
begin
for i:=0 to n-1 do //Цикл
begin
//Формула бойынша мәнін есептеу
XArray[i+1]:=XArray[i]+UArray[i]*dt;
YArray[i+1]:=YArray[i]+VArray[i]*dt;
UArray[i+1]:=UArray[i]+A(K1,K2,UArray[i],VArray[i])*dt;
VArray[i+1]:=VArray[i]+B(K1,K2,UArray[i],VArray[i])*dt;
end; //цикл соңы
end;
if rb2.Checked=True then //Егер Кромер әдісі таңдалса
begin
for i:=0 to n-1 do //Цикл
begin
// Формула бойынша мәнін есептеу
UArray[i+1]:=UArray[i]+A(K1,K2,UArray[i],VArray[i])*dt;
VArray[i+1]:=VArray[i]+B(K1,K2,UArray[i],VArray[i])*dt;
XArray[i+1]:=XArray[i]+UArray[i+1]*dt;
YArray[i+1]:=YArray[i]+VArray[i+1]*dt;
end; //Цикл соңы
```

### Қосымшасының жалғасы

```
end;  
if rb3.Checked=True then // Рунге-Кута 2 әдісі таңдалса  
for i:=0 to n-1 do //Цикл  
begin  
// Формула бойынша мәнін есептеу  
PsiX:=UArray[i]*dt;  
PsiY:=VArray[i]*dt;  
PsiU:= A(K1,K2,UArray[i],VArray[i])*dt;  
PsiV:= B(K1,K2,UArray[i],VArray[i])*dt;  
FiX:=(UArray[i]+A(K1,K2,UArray[i],VArray[i])*dt/2)*dt;  
FiY:=(VArray[i]+B(K1,K2,UArray[i],VArray[i])*dt/2)*dt;  
FiU:=A(K1,K2,UArray[i]+PsiU/2,VArray[i]+PsiV/2)*dt;  
FiV:= B(K1,K2,UArray[i]+PsiU/2,VArray[i]+PsiV/2)*dt;  
UArray[i+1]:=UArray[i]+FiU;  
VArray[i+1]:=VArray[i]+FiV;  
XArray[i+1]:=XArray[i]+FiX;  
YArray[i+1]:=Yarray[i]+FiY;  
end; //Цикл соңы  
  
if rb4.Checked=True then //егер орта нүкте әдісі таңдалса  
for i:=0 to n-1 do //Цикл  
begin  
// Формула бойынша мәнін есептеу  
UArray[i+1]:=UArray[i]+A(K1,K2,UArray[i],VArray[i])*dt;  
VArray[i+1]:=VArray[i]+B(K1,K2,UArray[i],VArray[i])*dt;  
XArray[i+1]:=XArray[i]+((UArray[i+1]+UArray[i])/2)*dt;  
YArray[i+1]:=YArray[i]+((VArray[i+1]+VArray[i])/2)*dt;  
end; //цикл соңы  
  
Summ:=0; //қосындыны нольге теңестіру  
for i:=0 to n-1 do //Цикл  
begin  
dEArray[i]:=(sqr(UArray[i+1])-sqr(UArray[i]))/2+(sqr(VArray[i+1])-  
sqr(VArray[i]))/2+9.68*(YArray[i+1]-YArray[i])); //әр қадамдағы энергияның  
өзгерісін қадағалау  
Summ:=Summ+abs(dEArray[i]); // кедергі жоқ болған жағдайда  
энергияны түрлендіру әдіс нақтылығын анықтау үшін модульдардың  
қосындысы есептелінеді.  
end;  
SrdE:=summ/n; // әдістің нақтылығын тексеру үшін энегияны  
түрлендіретін мәнін есептеу  
Ibl10.Caption:=FloatToStr(SrdE); Форма бойынша мәнді есептеу
```



### Қосымшасының жалғасы

```
//графиктерді құру
cht1.LeftAxis.Minimum:=0;// Y графика үшін ең аз ось орнатылады
// График өшіріледі

fstlnsrsSeries1.Clear;
fstlnsrsSeries2.Clear;
fstlnsrsSeries3.Clear;
// кесте үшін жолдар мен бағандардың санын орнату
Strngrd1.RowCount:=n+1; //жол саны
Strngrd1.ColCount:=6; //баған саны
//кестенің жоғарғы жағы есептелінеді
Strngrd1.Cells[1,1]='t,[м/с]';
Strngrd1.Cells[2,1]='X,[м]';
Strngrd1.Cells[3,1]='Y,[м]';
Strngrd1.Cells[4,1]='U,[м/с]';
Strngrd1.Cells[5,1]='V,[м/с]';
//график салынады және кестені толтыруға болады
for i:=0 to n do //цикл
begin
  fstlnsrsSeries1.AddXY(XArray[i],YArray[i]); // XY Графигі
  fstlnsrsSeries2.AddXY(i*dt,UArray[i]); // tU Графигі
  fstlnsrsSeries3.AddXY(i*dt,VArray[i]); // tV Графигі
  // StringGrid кестесін толтыру
  Strngrd1.Cells[1,i+2]:=FloatToStr(dt*i); //уақыт бағаны
  Strngrd1.Cells[2,i+2]:=FloatToStr(XArray[i]); // X бағаны
  Strngrd1.Cells[3,i+2]:=FloatToStr(YArray[i]); // Y бағаны
  Strngrd1.Cells[4,i+2]:=FloatToStr(UArray[i]); // U бағаны
  Strngrd1.Cells[5,i+2]:=FloatToStr(VArray[i]); // V бағаны
end; //цикл соңы
end;
end.
```