

БІЛІМ БЕРУДІҢ ТЕОРИЯСЫ МЕН ПРАКТИКАСЫ ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ОБРАЗОВАНИЯ THEORY AND PRACTICE OF EDUCATION

<https://doi.org/10.31489/2026Ped1/7-16>
ЭОЖ 378.147

Мақаланың редакцияға түскен күні: 16.04.2025 ж. | Қабылданған күні: 23.01.2026 ж.

Г.К. Калжанова^{1*}, Е.С. Андасбаев²

^{1, 2}І. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған, Қазақстан
(*Хат-хабарға арналған автор. E-mail: kgk67@mail.ru)

¹ORCID 0000-0001-5043-9984

²ORCID 0000-0002-2766-593X

Теориялық механиканы оқыту үдерісінде математикалық модельдеу әдісі

Ғылым дамуының қазіргі кезеңінде математикалық модельдеу әртүрлі нақты үдерістерді зерттеудің негізгі әдіснамалық тәсілдерінің бірі, ал математикалық модельдеу әдістемесі ақпараттық технологиялардың өзегіне айналды. Бұл физиканың дамуы математикалық модельдеу әдіснамасының пайда болуы мен жетілдірілуінің қажетті шарты болғандықтан, бұл әдіснаманы оқыту физиканы, әсіресе теориялық физиканы зерттеу аясында тиімді жүзеге асырылуы мүмкін. Университетте теориялық механиканы оқытудың өзіндік қиындықтары бар, бұл пәннің өзі студенттердің қабылдауы мен түсінуі үшін қиын. Теориялық механика физикалық құбылыстарды сипаттау мен зерттеуге математикалық аппаратты қолдану арқылы физика мен математика арасындағы логикалық байланысты қамтамасыз етеді. Теориялық механика курсы сәтті игеру үшін студент физика және математика бойынша мықты білімге ие болуы керек. Теориялық механика мен математиканы пәнаралық интеграциялаудың тиімді құралы математикалық модельдеу әдісі екені аян. Мақалада теориялық механиканы оқыту үдерісінде математикалық модельдеу әдісін қолдану қарастырылған. Механикалық құбылыстар мен заңдарды түсінуді тереңдету үшін математикалық модельдерді оқу процесіне біріктірудің маңыздылығы атап өтілді. Математикалық модельдеудің негізгі компоненттері сипатталған. Теориялық механиканың көптеген мәселелерін шешу дифференциалдық теңдеулерді шешуге байланысты болғандықтан, жұмыста механикалық процестер мен құбылыстардың дифференциалдық теңдеулерін құруға аналитикалық көзқарас сипатталған. Динамикалық есептерді шешу үшін математикалық модельдеу әдісін қолдану мысалдары келтірілген. Теориялық механиканы оқытуда осы әдісті қолдану мәселелері және оларды шешу жолдары ашылады. Теориялық механиканы оқытуда математикалық модельдеу әдісін қолдану бойынша әдістемелік ұсыныстар берілген.

Кілт сөздер: математикалық модельдеу, физикалық білім беру, болашақ физика мұғалімдерін даярлау, теориялық механиканы оқыту, оқыту әдісі, физикалық үдерістер мен құбылыстардың дифференциалды моделі.

Кіріспе

Білім беруді дамытудың қазіргі кезеңі оқытудың жаңа әдістерімен және технологияларымен қаруланған мұғалімнің кәсіби дайындығына жоғары талаптар қояды. Болашақ физика мұғалімінің психологиялық-педагогикалық дайындығымен қатар, оның арнайы дайындығының ролі де маңызды. Осыған байланысты болашақ мұғалімдердің пәндік даярлығының жалпы орта және жоғары кәсіптік білім беруді реформалаудың қазіргі кезеңінің міндеттеріне сәйкестігін қамтамасыз ету қажет.

Болашақ физика мұғалімінің физикалық білімі іс жүзінде «Теориялық физика» курсымен аяқталады. «Теориялық физика» курсы студенттерде әлемнің қазіргі физикалық бейнесі және оны зерттеудің бірыңғай әдістері туралы тұтас идеяны қалыптастыруда шешуші рөл атқарады. Онда

студенттің физика туралы жинақталған білімі жүйеленеді және жалпыланады, физиканың негізгі ұғымдары, іргелі заңдары мен жалпы принциптері бірыңғай көзқарастары талданады.

«Теориялық механика» — «Теориялық физика» курсының бірінші бөлімі. Оны оқыту кезінде барлық физикаға ортақ идеялар мен ұғымдарға ерекше назар аударылады, бірақ оларды механика шеңберінде қолдану ерекшелігі көрсетіледі.

Теориялық физиканың бір саласы бола отырып, «Теориялық механика» жеке пән ретінде ерекшеленді және жаратылыстану мен техникадағы маңызды қолдануларының арқасында кең тәуелсіз дамуға ие болды. Механиканың жаратылыстану ғылымы ретіндегі заңдары мен әдістері бізді қоршаған әлемдегі бірқатар маңызды құбылыстарды зерттеуге мүмкіндік береді және жалпы жаратылыстану ғылымының одан әрі өсуі мен дамуына, сондай-ақ дұрыс материалдық дүниетанымның дамуына ықпал етеді.

Теориялық механиканы ойдағыдай игеру үшін теорияны білуден басқа, есептерді шешуде дағдылар қажет. Оқыту практикасы «Теориялық механика» курсының игеру кезінде студенттердің есептерді шешу дағдыларын игеруі пәннің теориялық білімін игеруден әлдеқайда қиын екенін көрсетеді. Бұл нақты физикалық есептерді абстрактілі математикалық формада жаза алмауымен байланысты. Теориялық механика есептерін шешуді оқытудағы тиімді әдістердің бірі математикалық модельдеу әдісі.

Қазіргі уақытта математикалық модельдеу бұл ғылыми зерттеудің ең тиімді және жиі қолданылатын әдістері. Болашақ мұғалімдер заманауи ғылыми әдістерді меңгеріп, оқушыларына үйретуі керек. Сондықтан бұл әдісті қолдану дағдыларын қалыптастыру «Теориялық физика» курсының міндеттерінің бірі.

Математикалық модельдеу дағдыларын қалыптастыру қажеттілігі Г. Поспих, Х.Э. Фишер [1], Н. Кандеракис [2], Е. Редиш [3] жұмыстарында негізделген. Авторлар математикалық модельдеуді «Физика» мамандығы бойынша оқитын студенттерге физикалық пәндермен қосып оқыту және біріктіру тиімді құралдардың бірі деп санайды. Атап айтқанда, Кандеракис модельдерді құру және пайдалану жаңа физикалық концепцияларды, заңдар мен теорияларды тұжырымдау және олардың барлығын жаңа физикалық жағдайларға қолдану мақсатымен физикалық әлемді сандық және математикалық зерттеу үшін қажетті процедуралар дейді.

Математикалық модельдеудің әртүрлі мәселелері Е.В. Долженконың, М.Ю. Королевтің, В.А. Буслотовтың, Н.В. Колоскованың, Е.Ю. Скородулинаның, Е.М. Архипованың және т.б. зерттеулерінде қарастырылған. Сонымен қатар мектептегі математика және физика сабақтарында модельдеу әдісін оқыту бойынша зерттеулер бар (А.Д. Нахман, И.С. Кириченко, М.К. Морозов, А.А. Червова және басқалар).

Ал Е.В. Долженконың жұмысында [4] нақты үдерістер мен құбылыстарды математикалық модельдеу дағдыларын дамытуға бағытталған физикалық есептерді шешудің заманауи әдістемесінің негіздері зерттелген. М.Ю. Королевтің жұмысы [5] физикада модельдеу әдісін қолданудың тарихи аспектілеріне арналған. Ол жұмыстарында оқушылар мен студенттерді нақты физикалық үдерістерді математикалық модельдеуге үйретудің қажеттілігін атап көрсетеді. В.А. Буслов [6] өз еңбектерінде студенттермен сабақта физиканың негізгі ережелерін түсіну үшін математикалық модельдер құрудың маңыздылығын қарастырады. Н.В. Колоскованың, Е.Ю. Скородулинаның және Е.М. Архипованың [7] жұмыстарында қолданбалы есептерді шешуде математикалық модельдер мен әдістерді қолдану мәселелері қарастырылады және математикалық модельдеуді үйренуге студенттердің мотивациясын арттыру әдістері ұсынылады. А.Д. Нахман [8] мектептерде алған тәжірибені жоғары оқу орындарындағы біліммен байланыстыра отырып, математикалық модельдеуді оқытудағы негізгі ойларды қарастырады. Ал И.С. Кириченконың, М.К. Морозовтың және А.А. Червованың жұмыстары [9] мектептер мен университеттерде физиканы оқыту кезіндегі модельдеу кезеңдеріне арналған. Отандық бірқатар зерттеушілердің, оның ішінде атап айтсақ Б.Р. Қасқатаева [10], Н.К. Аширбаев [11], Ж.Д. Алибекова, Г.П. Мейрбекова, Г.Д. Қошанованың [12] жұмыстары орта мектепте математикалық модельдеу әдісін оқытуға арналған.

Теориялық механиканы оқыту үдерісінде математикалық модельдеу әдісін қолдану саласындағы зерттеулер айтарлықтай теориялық мәнге ие. Бұл күрделі физикалық және инженерлік пәндерді оқытудың әдістері мен тәсілдері туралы ғылыми идеяларды дамытуға ықпал етеді. Зерттеу математикалық модельдерді қолдану күрделі теориялық ұғымдарды оқыту мен игерудің тиімділігін қалай арттыратынын көрсетеді.

Зерттеу нәтижелерін жоғары оқу орындарында «Теориялық механика» пәнін оқыту әдістемесін жетілдіру үшін пайдалануға болады. Математикалық модельдеуді енгізу студенттердің күрделі физикалық үдерістер мен құбылыстарды тереңірек түсінуіне, оқуға деген ынтасын арттыруға және жалпы оқу үлгерімін жақсартуға ықпал етеді. Әзірленген әдістемелік ұсынымдар оқу бағдарламаларына және оқу құралдарына енгізілуі мүмкін.

Әдістер мен материалдар

Жаратылыстану ғылымдарының дамуының қазіргі кезеңінде модельдеу әдісі ғылыми таным әдісі ретінде үлкен рөл атқарады. Модельдеу деп объект туралы жаңа ақпарат алу мақсатында берілген зерттеу үшін кейбір маңызды белгілерді сақтайтын, оның көшірмесін (моделін) жасау және зерттеу арқылы объектіні (түпнұсқаны) зерттеу деп түсініледі [13]. Кез келген ғылыми зерттеу әдісі (теориялық және эксперименттік) модельдеу әдісіне негізделген.

Модель мен модельденген объект арасындағы сәйкестік әртүрлі деңгейлерде болуы мүмкін: модель мен түпнұсқа құрылымының жеке элементтерінің сәйкестік деңгейінде, олардың кейбір маңызды сипаттамаларының сәйкестік деңгейінде, оларды сипаттайтын шамалар арасындағы функционалдық байланыстың сәйкестік деңгейінде, модель элементтері мен зерттеу объектісінің элементтері арасындағы қатынастардың ұқсастық деңгейінде.

Барлық қолданыстағы модельдер екі топқа бөлінеді: материалдық және идеалды. Материалдық модельдер өз кезегінде статикалық және динамикалық, ал идеалды модельдер бейнелі, символдық және ойша модельдерге бөлінеді.

Физикада модельдеудің екі түрі қолданылады — математикалық және физикалық (эксперименттік).

Математикалық модельдеу — бұл объектіні сипаттау математика тілінде жүзеге асырылатын және модельді зерттеу белгілі бір математикалық әдістерді қолдана отырып жүргізілетін идеалды ғылыми символдық формальды модельдеу [14].

Зерттеу мәселелерін шешуде теориялық және эксперименттік әдістер қолданылды: таным әдістері мен модельдеу әдісіне арналған ғылыми әдебиеттерді зерттеу, зерттеу мәселесі бойынша психологиялық-педагогикалық және әдістемелік әдебиеттерді талдау, физика мұғалімдерін даярлаудың білім беру бағдарламаларын талдау, оқытудың жеке тәжірибесін талдау және жалпылау, семинарларда зерттеу нәтижелерін талқылау, сауалнама әдістері. Сауалнама әдістері «Физика», «Физика және информатика» білім беру бағдарламаларының 2-4 курс студенттері арасында сауалнама түрінде және теориялық физика сабақтарын жүргізетін оқытушылармен әңгімелесу түрінде жүргізілді.

Нәтижелер және оларды талдау

Қазіргі жағдайда жаратылыстану және математикалық даярлау бағыттарында оқитын студенттер модельдеу әдісін қолдана білуі керек: объектілердің, құбылыстар мен үдерістердің модельдерін ажырата және құра білуі; модельдерді зерттеп, оларды өздерінің ғылыми және педагогикалық қызметінде қолдана алуы керек. Кәсіби қызметте табиғи құбылыстар мен үдерістерді модельдеу әдісін және математикалық әдістерді қолдану қабілеті оқу үдерісінде қалыптасатын маңызды арнайы кәсіби құзыреттердің біріне айналады.

Бұл әдіс студенттерге теориялық негіздерді жақсы түсінуге ғана емес, сонымен қатар теориялық механика есептерін шешуге қажетті практикалық дағдыларды дамытуға мүмкіндік береді. Модельдеу студенттерден ақпаратты талдауды және синтездеуді талап етеді, бұл олардың сыни ойлауы мен проблемаларын шешуді дамытады. Студенттердің ғылыми таным әдістерін зерттеу теориялық ойлауды дамытуға және олардың жалпы интеллектуалды деңгейін арттыруға ықпал етеді.

Математикалық модельдеудің негізгі компоненттері:

– Модель құру. Бұл кезеңде белгілі бір объект — физикалық құбылыс немесе үдеріс беріледі және олардың негізгі ерекшеліктері мен олардың арасындағы байланыстар анықталады. Содан кейін табылған тәуелділіктер математика тілінде тұжырымдалады, яғни математикалық модель құрылады.

– Математикалық есепті шешу. Шешім аналитикалық (белгілі бір формула шығарылады) немесе сандық (жуықталған шешім алынады) болуы мүмкін.

– Математикалық модельден алынған салдарды осы салада қабылданған тілде түсіндіру, яғни алынған нәтижелердің интерпретациясы.

– Модельдің сәйкестігін тексеру. Бұл кезеңде эксперимент нәтижелері оны қолдану шекарасындағы модельдің теориялық нәтижелерімен сәйкес келе ме, жоқ па, соны анықтайды.

– Модельді өзгерту. Бұл кезеңде модель шындыққа сәйкес келетіндей етіп күрделене түседі немесе іс жүзінде қолайлы шешімге қол жеткізу үшін оны жеңілдетеді.

Теориялық механика математикамен тығыз байланысты, оны денелердің қозғалысы мен тепе-теңдігін сипаттайтын негізгі тіл ретінде қолданады. Теориялық механиканың барлық тараулары жоғары математиканың «Векторлық алгебра», «Аналитикалық геометрия», «Математикалық талдау», «Сызықтық алгебра», «Дифференциалдық геометрия», «Дифференциалдық теңдеулер теориясы», «Вариациялық есептеу» атты тарауларымен тығыз байланысты. «Векторлық алгебра» және «Аналитикалық геометрия» күштерді, жылдамдықтарды және үдеулерді бейнелеуге негіз болады, ал уақыт пен кеңістіктегі осы шамалардың өзгеруін зерттеу үшін дифференциалдық және интегралдық есептеу қажет. «Сызықтық алгебра» элементтері тепе-теңдік есептерін шешу, байланыс реакцияларын анықтау, инерция моменттерін есептеу үшін қолданылады. Дифференциалдық теңдеулер жүйенің қозғалыс заңдарын сипаттайтын динамиканың негізі. Лагранж теңдеулері, Гамильтон теңдеулері, механикалық тербелістер теңдеулері — механикалық жүйенің қозғалысын сипаттайтын дифференциалдық теңдеулер. Сонымен қатар вариациялық есептеу жалпы қозғалыс теңдеулерін шығаруға мүмкіндік беретін ең аз әрекет принципі сияқты жалпы принциптерді ұсынады. Осылайша математика теориялық механиканы заңдарды тұжырымдау, жүйелерді талдау, теңдеулерді шығару және нақты есептерді шешу құралдарымен қамтамасыз етеді.

Теориялық механиканың көптеген есептерін шешу нақты физикалық үдерістің дифференциалды моделін құруды талап етеді [15-16]. Бұл есептерде қарастырылып отырған құбылыстың математикалық моделі дифференциалдық теңдеу. Бұл физикалық үдерістерді сипаттайтын барлық физикалық заңдар осы үдерістерді сипаттайтын кейбір функцияларға қатысты дифференциалдық теңдеулер екендігімен байланысты. Осы физикалық заңдар көптеген эксперименттердің теориялық жалпылауын білдіреді және жалпы жағдайда кеңістікте де, уақытта да қажетті шамалардың эволюциясын сипаттайды. Атап айтқанда, Ньютонның екінші заңы — екінші ретті дифференциалдық теңдеу:

$$m\ddot{\vec{r}}(t) = \vec{F}\left(t, \vec{r}(t), \dot{\vec{r}}(t)\right), \quad (1)$$

мұндағы $m, \vec{r}(t), \dot{\vec{r}}(t), \ddot{\vec{r}}(t), \vec{F}$ — дененің массасы, радиус-векторы, жылдамдығы, үдеуі және денеге әсер ететін барлық күштердің тең әсерлісі. Уақыт бойынша алынған туынды шаманың үстіндегі нүктемен белгіленген.

Физика тұрғысынан (1) теңдеу динамиканың негізгі заңын білдіретін қозғалыстың дифференциалдық теңдеуі. Математикалық тұрғыдан алғанда (1) теңдеу екінші ретті жай дифференциалдық теңдеу. Бұл векторлық дифференциалдық теңдеу декарттық координаттардағы үш скалярлық дифференциалдық теңдеулер жүйесіне сәйкес келеді:

$$\begin{aligned} m\ddot{x}(t) &= F_x(t, x(t), \dot{x}(t)) \\ m\ddot{y}(t) &= F_y(t, y(t), \dot{y}(t)) \\ m\ddot{z}(t) &= F_z(t, z(t), \dot{z}(t)) \end{aligned} \quad (2)$$

Динамиканың негізгі есебіне сәйкес, денеге әсер ететін берілген күштер бойынша дененің қозғалыс заңын анықтау керек, бұл математикалық тұрғыдан (2) теңдеулерді шешуді және дененің координаттарын уақыт функциялары ретінде анықтауды білдіреді.

Мұндай физикалық есептерді шешу үшін есептің берілгендері бойынша дифференциалдық теңдеуді дұрыс құрып, дифференциалдық есептеу аппаратын пайдаланып, тапсырма шартында қойылған сұраққа жауап алу маңызды.

Нақты физикалық үдерістің дифференциалды моделін құру үшін бірінші кезеңде осы физикалық үдерісте өзгертін шамалардың қайсысын тәуелсіз айнымалы ретінде, ал қайсысын белгісіз функция ретінде таңдау керектігін шешу керек. Әрі қарай, осы шамаларды байланыстыратын физикалық заңды анықтай отырып, есептің шартына сәйкес дифференциалдық теңдеу құрылады. Екінші кезеңде

белгісіз функцияның өзгеру заңын анықтау үшін дифференциалдық теңдеуді шешіп, оның жалпы шешімін табу керек. Содан кейін берілген бастапқы және/немесе шекаралық шарттарды қолдана отырып дифференциалдық теңдеудің дербес шешімі табылады. Соңғы кезеңде алынған шешімді зерттеу жүргізіледі.

Дифференциалдық теңдеудің шешімін табу үдерісі оны интегралдау деп аталады. Механика есептерінде алынған дифференциалдық теңдеуді интегралдаудың қиындығы денеге әсер ететін тең әсерлі күш түріне байланысты.

Математикалық модельдеу әдісін қолдануды келесі мысалда көрсетеміз.

Есеп. Горизонталь бағыт бойымен бастапқы жылдамдығы v_0 және массасы m еркін ұшатын планерге $R = \mu v$ (μ — кедергі коэффициенті, v — планердің жылдамдығы) кедергі күші әсер етеді. Планер τ уақыт аралығында қанша жол жүретінін табу керек.

Шешуі:

Бірінші кезеңде дифференциалдық теңдеулер құрастырамыз. Ол үшін Ox өсін қозғалыс бағыты бойымен бағыттаймыз. Есептің шарты бойынша планерге кедергі күші ғана әсер етеді. Сондықтан, Ньютонның екінші заңына сәйкес қозғалыстың дифференциалдық түрдегі теңдеуі былай жазылады:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -\mu v_x \quad (3)$$

Дифференциалдық теңдеулер теориясынан бұл ретті төмендетуге мүмкіндік беретін дифференциалдық теңдеу екені белгілі. Осындай теңдеулерді шешу әдісін қолданамыз. Екінші ретті бір дифференциалдық теңдеудің орнына бірінші ретті екі дифференциалдық теңдеулер аламыз:

$$m \frac{dv_x}{dt} = -\mu v_x, \quad v_x = \frac{dx}{dt} \quad (4)$$

Екінші кезеңде бастапқы шарттарды қолдана отырып, осы дифференциалдық теңдеулердің шешімдерін анықтаймыз. Алдымен бірінші теңдеудің шешімін табамыз. Бұл дифференциалдық теңдеу — айнымалылары ажыратылатын теңдеу. Оның шешімін келесі түрде анықтаймыз:

$$\int_{v_0}^v \frac{dv_x}{v_x} = -\frac{\mu}{m} \int_0^t dt$$

Сонда

$$\ln \frac{v}{v_0} = -\frac{\mu}{m} t.$$

Осыдан жылдамдықты табамыз

$$v(t) = v_0 e^{-\frac{\mu}{m} t} \quad (5)$$

Енді осы нәтижені қолданып екінші теңдеуді интегралдаймыз:

$$\frac{dx}{dt} = v_0 e^{-\frac{\mu}{m} t}, \quad \int_0^s dx = \int_0^\tau \left(v_0 e^{-\frac{\mu}{m} t} \right) dt$$

Сонда планердің жүрген жолы мынаған тең болады:

$$s = \frac{mv_0}{\mu} \left(1 - e^{-\frac{\mu}{m} \tau} \right), \quad (6)$$

мұнда $x(t=0) = 0$ бастапқы шарты ескерілген.

Соңғы кезең — алынған шешімдерді талдау. (5) формула бойынша планердің жылдамдығын анықтауға болады. Осылайша егер кедергі күш дененің жылдамдығына пропорционалды болса, онда оның жылдамдығы экспоненциалды заңға сәйкес азаяды. (6) формуламен анықталатын планердің жолы оның бастапқы жылдамдығына тура пропорционал екенін көрсетеді. Планердің массасын, бастапқы жылдамдығын және кедергі коэффициенттің мәнін өзгерте отырып қозғалысты зерттеуге болады.

Көріп отырғанымыздай, дифференциалдық теңдеулерді интегралдауға әкелетін есептерді шешуде студент физиканың негізгі заңдылықтарын біліп, қолданумен қатар, дифференциалдық теңдеулерді шешу әдістерін де білуі керек. Мұндай есептерді шешкен кезде дифференциалдық

теңдеуді дұрыс құрып, оны шешу маңызды. Өкінішке орай, көптеген студенттер мұндай есептерді шешуде белгілі бір қиындықтарға тап болады.

Теориялық физиканы оқыту тәжірибесі физикалық есептердің осы түрін шешудегі қиындықтар көбінесе дифференциалдық теңдеулерді құрастыру және шешу дағдыларының болмауымен байланысты екенін көрсетеді.

Осы қиындықтардың себептерін анықтау мақсатында болашақ физика мұғалімдерінің математикалық дайындық жүйесі зерттелді. Болашақ физика мұғалімдеріне арналған математикалық пәндер бойынша жұмыс оқу жоспарлары мен оқу бағдарламаларының мазмұнын зерттеу бұл курстың физика қажеттіліктерінен материалды таңдау, тапсырмаларды құрастыру және дағдыларды дамыту бойынша алшақтығын көрсетті. Мысалы, физиктер үшін математика курсында дифференциалдық теңдеулер теориясының негіздері қарастырылмайтыны белгілі болды. Бұл жоғары математиканы оқуға кететін сағаттардың жеткіліксіздігіне байланысты екені анықталды. Математиканы оқуға арналған сағаттардың қысқаруы курстың мазмұнын таңдауға және оқыту әдістеріне әсер етеді. Көбінесе математиканы оқытудың формальды-логикалық стилі байқалады.

Сондай-ақ мектепте де, университетте жалпы физика бөлімдерін оқытуда да есептерді шешуді оқытудың дәстүрлі әдістемесі студенттердің іс-әрекетін, негізінен, есептің сандық жауабын алуға бағыттайтыны анықталды. Сондықтан уақытты үнемдеу үшін студенттер көбінесе аралық сандық есептеулер жүргізіп, түпкілікті формуланы алмай, есепті шешудің кезеңдерінің реттілігін сақтамайды. Мұның бәрі өз кезегінде теориялық физиканы оқыту сапасына әсер етеді.

Мұндай мәселелерді шешу үшін болашақ физика мұғалімінің математикалық білімінің мазмұнын қайта қарау қажет. Ол физикалық білімнің қажеттілігіне сәйкес келуі керек, физикалық мысалдармен математикалық ұғымдарды нақтылау мүмкіндігі болуы керек. Бейіндік интеграция және қолданбалы бағыт қағидатын қамтамасыз ету үшін жоғары математикадағы практикалық сабақтарда қолданбалы есептерді қарастыру қажет. Қолданбалы есептерді қолдану математиканы «таза» игеру пәнінен олардың болашақ кәсіби қызметіне байланысты пәнге айналдыруға мүмкіндік береді. Сондай-ақ интеграцияланған физика-математика курстарын әзірлеу және білім берудің үздіксіздігін ескере отырып, оларды бакалавриат пен магистратураның білім беру бағдарламаларына енгізу қажет.

Математикалық модельдеу әдісін қолдана отырып, теориялық механиканың есептерін шешуде математикалық және физикалық білімнің өзара байланысына, түпкілікті формула түрінде шешу және сандық мәндерді кейіннен қою арқылы есептерді шешудің кезеңдерін сақтаудың маңыздылығына назар аудару керек. Бұл жүйенің параметрлерінің өзгеруіне байланысты механикалық қозғалысты зерттеуді көрсетуге, модельдің сәйкестігін тексеруге мүмкіндік береді. Мысалы, дифференциалды модельдерді құруға байланысты есептерде студенттер жүйенің бастапқы шарттары мен параметрлерінің оның қозғалысына әсерін зерттей алады. Құрылған модельдің сәйкестігін тексеру ретінде болашақ мұғалімдер өздерінің кәсіби қызметінде қолдана алатын өлшемді талдау әдісін ұсынуға болады.

Математикалық модельдеу бойынша зерттеулерді талдау оқытудағы модельдеудің екі аспектісі бар екенін көрсетті: оқушылар үйренуі керек мазмұн ретінде модельдеу және оқу әрекеті ретінде модельдеу.

Бірінші аспект білім беру мазмұнына модель және модельдеу ұғымдарын енгізу қажеттілігін негіздейді және М.Ю. Королевтің, А.Д. Нахманның, Л.М. Фридманның және т.б. зерттеулерінде сипатталған.

Екінші аспект студенттердің әртүрлі құбылыстарды модельдеу біліктері мен дағдыларын қалыптастыруды, ғылыми-теориялық ойлау стилін дамыту үшін модельдерді кеңінен қолдануды білдіреді. В.А. Бусловтың, Е.В. Долженконың, Е.Н. Баланчиктің, Л.С. Капкаеваның, М.М. Абдуразаковтың және т.б. зерттеулерінде модельдеу әмбебап оқу әрекеті ретінде қарастырылады.

Зерттеу деректерін [17-19] талдау негізінде біз студенттерді теориялық физиканы оқытуда математикалық модельдеу дағдыларын дәйекті және жүйелі дамытуға бағытталған тәсілді қолдануды ұсынамыз. Сонымен қатар математикалық модельдеу дағдыларын дамытуға бағытталған теориялық материалды зерттеу әдістемесінің маңызды бөлігі модельдеу үдерісінің кезеңдеріне оқушылардың назарын дәйекті және жүйелі түрде аудару. Сондай-ақ болашақ физика мұғалімдерін даярлаудың бакалавриат және магистрлік бағдарламаларында әзірленген интеграцияланған элективті курстар шеңберінде физикалық үдерістердің математикалық модельдеуін оқытуды қарастыру қажет.

Үшіншіден, физикалық мамандықтардың студенттеріне математиканы оқытуда пәнаралық байланыстарды математикалық модельдеу арқылы қолданбалы есептерді шешу арқылы жүзеге асыру керек.

Қорытынды

Теориялық механиканы оқытудағы математикалық модельдеу әдісі студенттердің терең білімі мен практикалық дағдыларын қалыптастырудың қуатты құралы. Осы әдісті қолдану арқылы студенттер курстың теориялық аспектілерін түсініп қана қоймай, сонымен қатар, болашақ кәсіби қызметінде пайдалы болатын дағдыларды дамыта алады.

Математикалық модельдеу әдісін қолдану студенттердің ақыл-ой белсенділігін арттыруға, білімді игеру тиімділігін арттыруға, ғылыми-теориялық ойлауды қалыптастыруға, теория мен практиканың бірлігін қамтамасыз етуге ықпал етеді.

Студенттер арасында жүргізілген сауалнама деректерін талдау математикалық модельдеу дағдыларын дәйекті және жүйелі дамытуға бағытталған тәсілді жүзеге асыратын теориялық механиканы оқыту әдістемесінің тиімділігін көрсетті.

Зерттеу нәтижелері білім беру үдерісінде математикалық модельдеу әдісін қолдану бірнеше себептерге байланысты студенттердің үлгеріміне оң әсер ететінін көрсетті. Біріншіден, материалды терең түсіну: математикалық модельдеу студенттерге күрделі теориялық ұғымдар мен үдерістерді визуализациялауға және талдауға мүмкіндік береді. Бұл оқу материалын тереңірек түсінуге ықпал етеді және күрделі тақырыптарды жақсы меңгеруге жағдай жасайды. Екіншіден, практикалық қолдану: модельдер арқылы практикалық есептерді шешуде студенттер теорияны практикада қолдануды үйренеді. Бұл теориялық білімді нақты жағдайлармен байланыстыруға көмектеседі және пәнге деген қызығушылық пен оқуға деген ынтаны арттырады. Үшіншіден, аналитикалық дағдыларды дамыту: модельдерді қолдану студенттерден аналитикалық ойлауды, проблемаларды шешу дағдыларын және сыни талдауды талап етеді. Бұл дағдылар тек «Теориялық механика» үшін ғана емес, сонымен қатар басқа пәндер мен болашақ кәсіби қызмет үшін де маңызды. Төртіншіден, оқу үлгерімін жақсарту: эксперименттік зерттеулер көрсеткендей, оқуда математикалық модельдеуді қолданатын студенттер көбінесе емтихандар мен бақылау жұмыстарын орындауда жақсы нәтиже көрсетеді. Себебі модельдер материалды тиімдірек игеруге және оны іс жүзінде қолдануға көмектеседі.

Математикалық модельдеуді оқыту болашақ мұғалімдердің ғылыми зерттеу әдіснамасы туралы түсініктерін қалыптастыруға, әр түрлі сатыдағы оқушыларға арналған міндетті және элективті курстардың мазмұнын жоспарлау және жобалау үшін математикалық аппаратты өзінің пәндік (кәсіби) саласында пайдалану дағдыларын дамытуға ықпал етеді.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Pospiech G. Physical-Mathematical Modelling and Its Role in Learning Physics / G. Pospiech, H.E. Fischer // Physics Education. Challenges in Physics Education. — Springer, Cham, 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87391-2_8.
- 2 Kanderakis N. The mathematics of high school physics: Models, Symbols, Algorithmic Operations and Meaning [Electronic resource] / N. Kanderakis // Science & Education. — 2016. — 25(7). — P. 837–868. — Access mode: <https://www.researchgate.net/publication/307617229>.
- 3 Redish E.F. Analysing the competency of mathematical modelling in physics / E.F. Redish // In Key competences in physics teaching and learning. Springer Proceedings in Physics. Cham: Springer, 2017. — Vol. 190. — P. 25–40. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44887-9_3.
- 4 Долженко Е.В. Математическое моделирование реальных процессов при решении физических задач: дис. ... канд. пед. наук [Электронный ресурс] / Е.В. Долженко. — СПб., 2014. — 190 с. — Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/matematicheskoe-modelirovanie-realnykh-protsesov-pri-reshenii-fizicheskikh-zadach>.
- 5 Королев М.Ю. Исторические аспекты применения метода моделирования в физике [Электронный ресурс] / М.Ю. Королев // Актуальные проблемы истории естественно-математических и технических наук и образования: материалы всероссийской научно-практической конференции. — Изд-во ЕИ КФУ Елабуга, 2014. — С. 236–238. — Режим доступа: https://istina.cemi-ras.ru/workers/10716884/publications/#articles_collection.
- 6 Буслов В.А. Математическое моделирование на занятиях по физике [Электронный ресурс] / В.А. Буслов, Т.В. Пашнева. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2021. — № 25 (367). — С. 396–398. — Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/367/82455/>
- 7 Колоскова Н.В. Применение математического моделирования к решению задач прикладного характера: сборник трудов конференции / Н.В. Колоскова, Е.Ю. Скородулина, Е.М. Архипова // Научные исследования и современное образо-

вание: материалы Всерос. науч. практ. конф. — Чебоксары: Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2024. — С. 93–96. ISBN 978-5-6051833-3-4. DOI 10.21661/r-562347.

8 Нахман А.Д. Основные аспекты обучения математическому моделированию в системе «школа-вуз» [Электронный ресурс] / А.Д. Нахман // Научное обозрение. Педагогические науки. — 2016. — № 5. — С. 41–56. — Режим доступа: <https://s.science-pedagogy.ru/pdf/2016/5/1533.pdf>.

9 Кириченко И.С. Этапы моделирования при обучении физике в физико-математических школах и вузах физико-технической направленности [Электронный ресурс] / И.С. Кириченко, М.К. Морозов, А.А. Червова // Проблемы современного педагогического образования. — 2023. — № 80. — С. 158–161. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/etapy-modelirovaniya-pri-obuchenii-fizike-v-fiziko-matematicheskikh-shkolah-i-vuzah-fiziko-tehnicheskoy-napravlennosti>.

10 Қасқатаева Б.Р. Математикалық модельдеу оқушылардың математикалық сауаттылығын арттыру құралы ретінде / Б.Р. Қасқатаева, А.Б. Кожабаева, Ж. Қазыбек // Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университетінің хабаршысы. — 2021. — № 1(85). — Б. 58–67. DOI: 10.52512/2306-5079-2021-85-1-58-66.

11 Алибекова Ж.Д. Орта мектепте оқушыларды қолданбалы есептерді шығаруға оқытудағы математикалық модельдеу әдісі / Ж.Д. Алибекова, Н.К. Аширбаев, Г. Мейрбекова // Ясауи университетінің хабаршысы. — 2023. — № 4 (130). — Б. 329–343. <https://doi.org/10.47526/2023-4/2664-0686.27>.

12 Алибекова Ж.Д. Математикалық модельдеу әдісін қолдану арқылы оқушылардың математикалық ойлау қабілетін қалыптастыру / Ж.Д. Алибекова, Г.П. Мейрбекова, Г.Д. Қошанова // Ясауи университетінің хабаршысы. — 2022. — № 4 (126). — Б. 212–224. <https://doi.org/10.47526/2022-4/2664-0686.18>.

13 Абрашина-Жадаева Н.Г. Математическое моделирование физических процессов: учебное пособие [Электронный ресурс] / Н.Г. Абрашина-Жадаева, В.И. Зеленков, И.А. Тимошенко. — Минск: РИВШ, 2022. — 176 с. ISBN 978-985-586-565-1. — Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/361101673_AbrasinaZadaeva_NG_Zelenkov_VI_Timosenko_IA_Matematicheskoe_modelirovanie_fizicheskikh_processov.

14 Муканова Б.Г. Математикалық модельдеуге кіріспе: оқу құралы [Электрондық ресурс] / Б.Г. Муканова, Л.А. Хаджиева. — Алматы: Қазақ университеті, 2019. — 229 б. ISBN 978-601-04-4009-8. — Қол жеткізу режимі: https://rmebrk.kz/bilim/kaznu/mukanova_matematikalyk_modeldeuge_kirispe.pdf.

15 Yessenbayeva G.A. On the application of mathematical methods for the research of vibration processes in mechanics / G.A. Yessenbayeva, K.S. Kutimov, Zh.R. Sazhinova, A.Zh. Sarsenbek // Bulletin of the Karaganda university. Mathematics Series. — 2017. — No. 2(86). — P. 55–63. <https://doi.org/10.31489/2017m2/55-63>.

16 Бакланов А.Е. Математическое моделирование тепломассопереноса в системе теплоотвода для светодиода высокой мощности [Электронный ресурс] / А.Е. Бакланов, С.В. Григорьева, А.Н. Яковлев // Вестник Карагандинского университета. Серия физика. — 2015. — № 4(80). — С. 31–38. — Режим доступа: <https://phs.buketov.edu.kz/index.php/physics-vestnik/article/view/83>.

17 Баланчик Е.Н. Математическое моделирование как средство обучения [Электронный ресурс] / Е.Н. Баланчик // Педагогический вестник. — 2021. — № 20. — С. 11–12. — Режим доступа: <https://science.cfuv.ru/pedagogicheskij-vestnik>.

18 Капкаева Л.С. Формирование приемов математического моделирования у студентов педагогического направления в процессе решения практико-ориентированных задач [Электронный ресурс] / Л.С. Капкаева // Современные наукоемкие технологии. — 2022. — № 12-2. — С. 323–331. — Режим доступа: <https://top-technologies.ru/article/view?id=39480>.

19 Абдуразаков М.М. Математическое моделирование как средство обучения [Электронный ресурс] / М.М. Абдуразаков // Балтийский гуманитарный журнал. — 2017. — Т. 6, № 4(21). — С. 223–226. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskoe-modelirovanie-kak-sredstvo-obucheniya>

Г.К. Калжанова, Е.С. Андасбаев

Метод математического моделирования в процессе обучения теоретической механике

На современном этапе развития науки математическое моделирование представляет собой один из основных методологических подходов к исследованию реальных процессов, а методология математического моделирования становится ядром информационных технологий. Поскольку именно развитие физики являлось необходимым условием появления и совершенствования методологии математического моделирования, постольку и обучение этой методологии наиболее эффективно может осуществляться в рамках изучения физики, особенно теоретической. Преподавание теоретической механики в вузе имеет свои сложности, связанные с тем, что эта дисциплина достаточно сложна для понимания студентами. Теоретическая механика обеспечивает логическую связь между физикой и математикой путем применения математического аппарата к описанию и изучению физических явлений. Для успешного освоения курса теоретической механики студент должен иметь прочные знания по физике и математике. Эффективным средством междисциплинарной интеграции теоретической механики и математики является метод математического моделирования. В статье рассматривается применение метода математического моделирования в процессе обучения теоретической механике. Подчеркивается важность интеграции математических моделей в учебный процесс для углубления понимания меха-

нических явлений и законов. Описываются основные составляющие математического моделирования. Так как решение многих задач теоретической механики сводится к решению дифференциальных уравнений, в работе описывается аналитический подход к созданию дифференциальных уравнений механических процессов и явлений. Приводятся примеры использования метода математического моделирования для решения динамических задач. Раскрываются проблемы применения данного метода в обучении теоретической механике и пути их решения.

Ключевые слова: математическое моделирование, физическое образование, подготовка будущих учителей физики, обучение теоретической механике, метод обучения, дифференциальная модель физических процессов и явлений.

G.K. Kalzhanova, Ye.S. Andasbayev

The method of mathematical modeling in the process of teaching theoretical mechanics

At the current stage of scientific development, mathematical modeling is one of the primary methodological approaches to studying real-world processes, and its methodology forms the core of information technologies. Since the advancement of physics was a prerequisite for the emergence and refinement of mathematical modeling, teaching this methodology is most effective within the framework of physics education, particularly theoretical physics. Teaching theoretical mechanics in universities presents challenges due to the subject's complexity. Theoretical mechanics establishes a logical connection between physics and mathematics by applying mathematical tools to describe and analyze physical phenomena. To master this course successfully, students must have a solid foundation in physics and mathematics. An effective means of interdisciplinary integration between theoretical mechanics and mathematics is the method of mathematical modeling. This article explores the application of mathematical modeling in teaching theoretical mechanics, emphasizing the importance of integrating mathematical models into the learning process to enhance understanding of mechanical phenomena and laws. The key components of mathematical modeling are described, along with an analytical approach to formulating differential equations for mechanical processes. Examples of using mathematical modeling for solving dynamic problems are provided. The study also highlights challenges in applying this method to theoretical mechanics education and suggests possible solutions.

Keywords: mathematical modeling, physical education, training of future physics teachers, theoretical mechanics training, the teaching method, differential model of physical processes and phenomena.

References

- 1 Pospiech, G., & Fischer, H.E. (2021). Physical–Mathematical Modelling and Its Role in Learning Physics. In *Physics Education. Challenges in Physics Education*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87391-2_8
- 2 Kanderakis, N. (2016). The mathematics of high school physics: Models, Symbols, Algorithmic Operations and Meaning. *Science & Education*, 25(7), 837–868. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/307617229>
- 3 Redish, E.F. (2017). Analysing the competency of mathematical modelling in physics. In *Key competences in physics teaching and learning*, 190, 25–40. Cham: Springer Proceedings in Physics. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44887-9_3
- 4 Dolzhenko, E.V. (2014). Matematicheskoe modelirovanie realnykh protsessov pri reshenii fizicheskikh zadach [Mathematical modeling of real processes in solving physical problems]. *Candidate's thesis*. Saint Petersburg. Retrieved from <https://www.disscat.com/content/matematiceskoe-modelirovanie-realnykh-protsessov-pri-reshenii-fizicheskikh-zadach> [in Russian].
- 5 Korolev, M.Yu. (2014). Istoricheskie aspekty primeneniia metoda modelirovaniia v fizike [Historical aspects of the application of the modeling method in physics]. *Aktualnye problemy istorii estestvenno-matematicheskikh i tekhnicheskikh nauk i obrazovaniia: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii — Actual problems of the history of natural, mathematical and technical sciences and education: Proceedings of the All-russian scientific and practical conference* (pp. 236–238). Izdatelstvo EI KFU Elabuga. Retrieved from https://istina.cemi-ras.ru/workers/10716884/publications/#articles_collection [in Russian].
- 6 Buslov, V.A., & Pashneva, T.V. (2021). Matematicheskoe modelirovanie na zanyatiyakh po fizike [Mathematical modeling in physics classes]. *Molodoy uchenyy — Young scientist*, 25 (367), 396–398. Retrieved from <https://moluch.ru/archive/367/82455/> [in Russian].
- 7 Koloskova, N.V., Skorodulina, Ye.Yu., & Arkhipova, Ye.M. (2024). Primenenie matematicheskogo modelirovaniia k resheniiu zadach prikladnogo kharaktera [The application of mathematical modeling to solving problems of an applied nature]. *Nauchnye issledovaniya i sovremennoe obrazovaniye: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii — Scientific research and modern education: materials of the All-russian scientific and practical conference* (pp. 93–96), *Cheboksary: Tsentr nauchogo sotrudnichestva «Interaktiv plus»*. ISBN 978-5-6051833-3-4. DOI 10.21661/r-562347 [in Russian].
- 8 Nakhman, A.D. (2016). Osnovnye aspekty obucheniia matematicheskomu modelirovaniu v sisteme «shkola-vuz» [The main aspects of teaching mathematical modeling in the “school-university” system]. *Nauchnoe obozrenie. Pedagogicheskie nauki — Scientific review. Pedagogical sciences*, 5, 41–56. Retrieved from <https://s.science-pedagogy.ru/pdf/2016/5/1533.pdf> [in Russian].

9 Kirichenko, I.S., Morozov, M.K., & Chervova, A.V. (2023). Etapy modelirovaniia pri obuchenii fizike v fiziko-matematicheskikh shkolakh i vuzakh fiziko-tehnicheskoi napravlenosti [Stages of modeling in teaching physics in physics and mathematics schools and universities of physics and technology]. *Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniia — Problems of modern pedagogical education*, 80, 158–161. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/etapy-modelirovaniya-pri-obuchenii-fizike-v-fiziko-matematicheskikh-shkolakh-i-vuzah-fiziko-tehnicheskoy-napravlenosti> [in Russian].

10 Kasqataeva, B.R., Kokazhaeva, A.B., & Kazybek, Zh. (2021). Matematikalyq modeldeu oqushylardyń matematikalyq sauattylygyn artyru quraly retinde [Mathematical modeling as a means of improving the mathematical literacy of students]. *Qazaq Ultyq Qyzdar Pedagogikalyq Universitetinin Khabarshysy — Bulletin of the Kazakh National Women's Pedagogical University*, 1(85), 58–67. DOI: 10.52512/2306-5079-2021-85-1-58-66 [in Kazakh].

11 Alibekova, Zh.D., Ashirbaev, N.K., & Meirbekova, G. (2023). Orta mektepte oqushylardy qoldanbaly esepeterdi shygaryga oqytudagy matematikalyq modeldeu adisi [The method of mathematical modeling in teaching students to solve applied problems in high school]. *Yassau Universitetinin Khabarshysy — Bulletin of Yassawi University*, 4(130), 329–343. <https://doi.org/10.47526/2023-4/2664-0686.27> [in Kazakh].

12 Alibekova, Zh.D., Meirbekova, G.P., & Koshanova, G.D. (2022). Matematikalyq modeldeu adisin qoldanu arqyly oqushylardyn matematikalyq oilau qabiletin kalypastyru [Formation of students' mathematical thinking using the method of mathematical modeling]. *Yassau Universitetinin Khabarshysy — Bulletin of Yassawi University*, 4(126), 212–224. <https://doi.org/10.47526/2022-4/2664-0686.18> [in Kazakh].

13 Abrashina-Zhadayeva, N.G., Zelenkov, V.I., & Timoshenko, I.A. (2022). Matematicheskoe modelirovanie fizicheskikh protsessov: uchebnoe posobie [Mathematical modeling of physical processes]. Minsk: RIVSh ISBN 978-985-586-565-1. [researchgate.net](https://www.researchgate.net/publication/361101673_AbrasinaZadaeva_NG_Zelenkov_VI_Timosenko_IA_Matematicheskoe_modelirovanie_fizicheskikh_protsessov). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/361101673_AbrasinaZadaeva_NG_Zelenkov_VI_Timosenko_IA_Matematicheskoe_modelirovanie_fizicheskikh_protsessov [in Russian].

14 Mukanova, B.G., & Khadzhivaya, L.A. (2019). Matematikalyq modeldeuge kirispe: oqu quraly [Introduction to mathematical modeling: training manual]. Almaty: Qazaq Universiteti. [rmebrk.kz](https://rmebrk.kz/bilim/kaznu/mukanova_matematikalyk_modeldeuge_kirispe.pdf). Retrieved from https://rmebrk.kz/bilim/kaznu/mukanova_matematikalyk_modeldeuge_kirispe.pdf [in Kazakh].

15 Yessenbayeva, G.A., Kutimov, K.S., Sazhinova, Zh.R., & Sarsenbek, A.Zh. (2017) On the application of mathematical methods for the research of vibration processes in mechanics. *Bulletin of the Karaganda university, Mathematics Series*, 2(86), 55–63. <https://doi.org/10.31489/2017m2/55-63>.

16 Baklanov, A.E., Grigoryeva, S.V., & Yakovlev, A.N. (2015). Matematicheskoe modelirovanie teplomassoperenosa v sisteme teplootvoda dlia svetodioda vysokoi moshchnosti. *Vestnik Karagandinskogo universiteta. Seriya Fizika — Bulletin of the Karaganda university, Physics Series*, 4(80), 31–38. Retrieved from <https://phs.buketov.edu.kz/index.php/physics-vestnik/article/view/83> [in Russian].

17 Balanchik, Ye.N. (2021). Matematicheskoe modelirovanie kak sredstvo obucheniia [Mathematical modeling as a learning tool]. *Pedagogicheskii Vestnik — Pedagogical Bulletin*, 20, 11–12. Retrieved from <https://science.cfuv.ru/pedagogicheskij-vestnik> [in Russian].

18 Kapkaeva, L.S. (2022). Formirovanie priemov matematicheskogo modelirovaniia u studentov pedagogicheskogo napravleniia v protsesse resheniia praktiko-orientirovannykh zadach [Formation of mathematical modeling techniques among students of the pedagogical field in the process of solving practice-oriented tasks]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii — Modern high-tech technologies*, 12-2, 323–331. Retrieved from <https://top-technologies.ru/article/view?id=39480> [in Russian].

19 Abdurazakov, M.M. (2017). Matematicheskoe modelirovanie kak sredstvo obucheniia [Mathematical modeling as a learning tool]. *Baltiiskii gumanitarnyi zhurnal — Baltic Humanitarian Journal*, 6, 4(21), 223–226. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskoe-modelirovanie-kak-sredstvo-obucheniya>. [in Russian].

Information about the authors

Kalzhanova, G.K. (contact person) — Candidate of Physico-mathematical Sciences, Zhetysu University named after I. Zhansugurov, Taldykorgan, Kazakhstan; e-mail: kgk67@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5043-9984>

Andasbayev, Ye.S. — Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Zhetysu University named after I. Zhansugurov, Taldykorgan, Kazakhstan; e-mail: erl872@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2766-593X>