

Список использованной литературы

- 1 Касенова Л.Г., Мусайф Г. Компьютерное моделирование физических процессов как метод научного познания и исследования. // Вестник КазНПУ, серия «Физико-математические науки». – 2017. - №3 (59). - С.224-229
- 2 Касенова Л.Г., Мерейхан Л. Flash-технологиялар көмегімен физикалық үдерістерді әзірлеу және моделдеу. // Вестник КазНПУ, серия «Физико-математическая». – 2019. - №2 (66). - С.152-157
- 3 Kassenova L.G. Elements of innovation in teaching physics to students of technical specialties in the conditions of modernization of education. // Вестник КазНПУ, серия «Физико-математические науки». – 2019. - №3 (67). - С.154-158
- 4 Прахов, А. Blender. 3D-моделирование и анимация. Руководство для начинающих / А.Прахов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2009. — 256 с.: ил.
- 5 Блинов Д. Компьютерное моделирование физических процессов. [Электрон.ресурс]. – 2018. – URL: <https://novator.team> (дата обращения: 22.12.2019)

МРНТИ 29.03.35  
УДК 53:378.147

А.Қ. Қозыбай<sup>1</sup>, Г.И. Жанбекова<sup>1</sup>, Г.А. Ахметкалиева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>М. Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан

## ТЕХНИКАЛЫҚ ЖОҒАРЫ ОҚУ ОРЫНДАРЫНДА ФИЗИКА ПӘНІНЕН ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАРДЫ ОРЫНДАУДА НЕГІЗГІ ҰҒЫМДАРДЫ ТҮСІНДІРУ ӘДІСТЕМЕСІ

Аңдатпа

Бұл мақалада техникалық жоғары оқу орындарында жалпы физика курсының электр және магнетизм тарауы бойынша зертханалық жұмыстарды орындауда студенттерге электр өлшеуіш аспаптардың ішкі құрлысымен және жұмыс істеу ретін түсіндіру, амперметр мен вольтметрдің өлшеу шегін кеңейту және олардың шкаласындағы бөліктерінің мәнін анықтау әдістері ұсынылады.

Мақалада оқытудың белгі-контекстік әдісін жүзеге асыруға бағытталған зерттеу элементтерімен, физика бойынша зертханалық жұмыстарды жүргізу әдістемесін жасау және оны негіздеу мәселелері қарастырылады. Мұнда аналитикалық жұмысымыздың әдіснамасы ғылыми деректерді дедуктивтік жинақтаудан және зертханалық жұмыстарда ғылыми элементтерді пайдалану бойынша студенттерді оқыту үдерісінде ғылыми теория мен кәсіптік саланы кіріктіру болып табылады. Техникалық жоғары оқу орындарында зертханалық жұмыстарды жүргізудің әдістемелік тәсілдері, болашақ мамандар үшін олардың құндылығы түсіндіріледі.

**Түйін сөздер:** зертханалық жұмыс, белгі-контекстік тәсіл, ғылыми теория, электродинамикалық, электромагниттік және электростатикалық электр өлшеуіш аспаптар.

Аннотация

А.К. Козыбай<sup>1</sup>, Г.И. Жанбекова<sup>1</sup>, Г.А. Ахметкалиева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахская академия транспорта и коммуникации им М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан

## МЕТОДИКА РАЗЪЯСНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ В ВЫСШИХ ТЕХНИЧЕСКИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

В статье при выполнении лабораторных работ по разделу электричества и магнетизма курса общей физики в технических вузах студентам предлагается объяснить порядок работы и внутреннего строения электроизмерительных приборов, расширить пределы измерения амперметра и вольтметра и определить значения их частей на шкале.

В статье рассматриваются вопросы разработки и обоснования методики проведения лабораторных работ по физике с элементами исследования, направленными на реализацию критериально-контекстного метода обучения. Здесь методикой нашей аналитической работы является интеграция научной теории и профессиональной сферы в процессе обучения студентов по использованию научных элементов из дедуктивного сбора научных данных и лабораторных работ. Разъясняются методические приемы проведения лабораторных работ в технических вузах, их ценность для будущих специалистов.

**Ключевые слова:** лабораторная работа, электродинамические, электромагнитные и электростатические электроизмерительные приборы, знак-контекстный подход, научная теория.

Abstract

**METHODS OF PRESENTATION OF THE BASIC CONCEPTS TO STUDENTS WHEN PERFORMING LABORATORY WORK IN PHYSICS IN TECHNICAL UNIVERSITIES**

*Kozibay A.K.<sup>1</sup>, Zhanbekova G.I.<sup>1</sup>, Akhmetkalieva G.A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Kazakh academy of transport and communication named after by M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan

In this article, when performing laboratory work with electricity and magnetism general physics in technical universities students are encouraged to explain the operation procedure and the internal structure of the electrical appliances to expand the measurement range of the ammeter and voltmeter and to determine the values of parts on the scale.

The article deals with the development and justification of methods of laboratory work in physics with elements of research aimed at the implementation of criteria-context method of training. Here, the methodology of our analytical work is the integration of scientific theory and professional sphere in the process of teaching students to use scientific elements from deductive scientific data collection and laboratory work. Methodological methods of laboratory work in technical universities, their value for future specialists are explained.

**Keywords:** a laboratory work, sign-context approach, scientific theory, electrodynamic, electromagnetic and electrostatic electrical measuring devices.

**Кіріспе**

ҚР Президенті Қ. Тоқаев «Сындарлы қоғамдық диалог – Қазақстанның тұрақтылығы мен өркендеуінің негізі» тақырыбындағы Жолдауында еліміздің білім саясатына кеңінен тоқталды. Бұл Жолдауда Президент Қазақстанның гүлденуі мен экономикалық өсімі білімді азаматтарымызбен ғана жүзеге асатынын баса айтқан болатын. Әсіресе, бүгінгідей әлем Төртінші өнеркәсіптік революцияға ұмтылған шақта бұл кезек күттірмес мәселе екені айтпасада түсінікті [1].

“Жүз жылдығын ойлаған халық ағаш егеді, мың жылдығын ойлаған халық саналы ұрпақ тәрбиелейді” деп дана халқымыз айтқандай, бүгінгідей көз ілеспес қарқынмен алға ұмтылған заманда еліміздің бұл көштен қалмау үшін ғылым мен білім мәселесін бірінші кезекке қойған жөн. Егер аталған мәселелер дер кезінде өз шешімін табар болса, онда аз ғана уақытта еліміз дамыған 30 елдің қатарынан көрінері хақ. Осындай келелі мәселелерді Қ.Тоқаев өз Жолдауында айта келіп: “Экономикамызда техника саласының мамандарына сұраныс өте жоғары, бірақ мүмкіндіктер аз. Кәсіпорындар тиісті мамандарды шетелден шақыруға мәжбүр. Осындай келеңсіз мәселелерді жедел түзетуіміз керек”, – деп Жоғары оқу орындарына жауапты міндеттерді жүктеді. Бұл еліміздің жоғарғы оқу орындары ендігі жерде мемлекет сұранысына қарай мамандар даярлау қажет деген сөз. Егер техникалық білім ордалары өз студенттерін соңғы үлгідегі озық тәжірибелермен қаруландыратын болса, IT технологияны еркін меңгерген жас мамандар мемлекет сұранысын қанағаттандыра алады. Бұл үшін біз ең алдымен техникалық мамандықтарға арналған заманауи әдістерді оқыту барысында кеңінен қолданғанымыз абзал. жан-жақты ғылыми тәжірибелер арқылы өз білімін шыңдаған студент-жастар еліміздің басты адами капиталы.

**Зерттеудің дереккөздері**

Техникалық жоғары оқу орындарында мамандардың кәсіби құзреттілігін қалыптастыруда біз төмендегідей әдіскер ғалымдардың еңбектеріне шолу жасадық. Айталық, Абдраман Ш.А. [2], Нұрқасымова С.Н. [3], Мөжанов Ж.У. [4] Мұсабеков О.У [5] секілді ғалымдардың зерттеу еңбектерінде мамандар даярлау әдістері әр қырынан қарастырылған. Яғни маман дайындау ісінде ең алдымен студенттердің шығармашылық қабілетін қалыптастыра білу қажет. Өйткені бүгінгідей уақытта жеке тұлғаның психологиялық, теориялық және практикалық дайындығы бірінші кезекте болуы тиіс.

Отандық әдіскер, ғалым Ш.Таубаеваның еңбегінде «шеберлік дегеніміз- кез-келген маманның өз тәжірибесінде ең тиімді әдістерді пайдаланып, жоғары нәтижелерге қол жеткізе алу қабілеті» деген тұжырымы осы ойымызды толықтырғандай [6].

**Тақырыптың өзектілігі**

Физика курсының электр және магнетизм тарауы бойынша зертханалық жұмыстарды орындауда білім алушылардың теориялық білімдерін практикада жүзеге асыру дағдыларын қалыптастыруға болады. Осы орайда орыс ғалымы В.Беспалько кәсіби саладағы барлық іс-әрекеттердің құрылымын меңгерудің мынадай деңгейлерін деп атап көрсетеді. Оларды: «1-деңгей. Репродуктивтік- алдында оқығанның негізінде нысандарды, құбылыстарды, қасиеттерді, әдістерді танып білу; 2-деңгей. Репродуктивтік- ақпаратты, амалдарды, іс-әрекет әдістерін, іс-әрекеттің типтік ережесін

(алгоритмдерді) өздігінен пайдаланып қайталап беру; 3-деңгей. Өнімді- репродуктивті іс-әрекет», бөліп қарастырады [7]. Бұл дегеніміз интуицияға, аса тапқырлыққа сүйене отырып орындалатын әрекет. Соның барысында объективті жаңа ақпарат жасалады. Студенттердің білімін жетілдіруде, дағдысын қалыптастыру мен тәжірибелік даярлығын ұйымдастыруда пән оқытушысы білікті болуы шарт.

Техникалық мамандықтағы студенттерге физика пәнінен зертханалық жұмыстарды ұйымдастыруда біріншіден физика құбылыстарын бақылау мен мағынасын талдап, сараптаудан бастаймыз [8]. Сондықтан электрлік және магниттік құбылыстарға байланысты зертханалық жұмыстарды орындау кезінде алдымен электр өлшеу аспаптарымен және олардың құрлысымен жұмыс істеу жолдарын таныстырудың маңызы зор.

Электрөлшегіш аспаптардың жұмыс істеу қағидаларына сәйкес мынадай түрлерге бөліп қарастырамыз. Олар: магнитэлектрлік, электродинамикалық, электромагниттік, электростатикалық және т.б. бөлінеді.

Біз зертханалық жұмысымызда қарастырылып отырған магнитэлектрлік жүйе ток жүретін раманың магнит өрісімен әсерлесу құбылысына негізделген. Тұрақты магнит өрісінде орналасқан орам саны рама өсіне бекітілгенін прибормен көрсетеміз. Біздің зертханалық жұмысымыз білімалушыларға түсінікті болу үшін оның теориясын қатар алып отыруымыз керек. Өйткені студенттер зертхана жұмысын жүргізуде оның теориялық жағымен жан-жақты таныс болғаны дұрыс. Біз бүгінгі сабағымызда қарастырылып отырған мәселеміз түсінікті болуы үшін магнитэлектрлік жүйенің ішкі құрылысына ары қарай тоқталамыз.

Бұл өске тілше, спиральді серіппе және жұқа алюминий пластина бекітілген. Рама арқылы электр тогы өтіп, магнит өрісінің индукция векторының бағытына перпендикуляр орналасқан рамаға Ампер күші әсер етеді. Егер бұл жерде серіппе болмайтын болса, онда рама ток шамасына тәуелсіз магнит өрісінде перпендикуляр орналасқан болар еді. Серіппенің серпімділік күшінің әсері раманың еркін қозғалуына кедергі жасайды.

Серпімділік күші раманың бұрылу бұрышына тура пропорционал болғандықтан, Ампер күші мен серпімділік күші моменттерінің тепе-теңдігі кезінде раманың бұрылу бұрышы рама арқылы жүретін ток күшіне пропорционал. Электромагниттік аспап шкаласының бөліктері бірқалыпты өзгереді. Тепе-теңдік бұзылған жағдайда қозғалмалы жүйе тепе-теңдік күйі маңында тербеліске түсіп, уақыт өтуімен біртіндеп өше бастайды. Тербелістің өшу уақытын кеміту үшін жүйеге тұрақты магнит өрісінде орналастырылған, айналу өсіне енгізілген жұқа алюминий пластина қолданылады. Тербеліс жағдайында пластинада пайда болған индукциялық ток пластина қозғалысына кедергі жасап, құрылысының қозғалмалы жүйесін тыныштандырады.

Сондай-ақ, тізбек бөлігі үшін алынған Ом заңына сәйкес ток күші оның ұштарына түскен потенциалдар айырымына пропорционал болып, аспаптың қысқыштарына түскен кернеуді де өлшейміз. Магнитэлектрлік жүйелі аспаптар арқылы тұрақты ток желісіндегі ток күші мен кернеу анықталса, ал электродинамикалық аспаптарда тұрақты магнит пайдаланылмайтынын ұғындырамыз. Сол себепті мұнда тілше бекітілген қозғалмалы жүйеміз екі орамдағы (катушканың) электр токтарының өзара электродинамикалық әсерлесуі нәтижесінде бұрылатынын айта аламыз.


Электродинамикалық амперметр мен вольтметрдегі екі орама бір-біріне тізбектей жалғанғандықтан олардан бірдей ток өтеді. Орамның біреуі қозғалмайтын етіп бекітіліп, екіншісі айналу өсіне бекітіледі. Қозғалмалы орамдағы әсер ететін күш моменті, олардан өткен ток шамасының квадратына пропорционал.

Сондықтан, бұл аспаптар шкаласының бөліктері бір-бірімен бірдей емес. Электродинамикалық аспаптар тұрақты және айнымалы ток желісіндегі ток пен кернеуді өлшеуге пайдаланылады.

Электростатикалық аспаптарда қозғалмалы жүйенің айналуы эрратас зарядтағы өткізгіштер электростатикалық әсерлесу күші нәтижесінде жүзеге асырылады. Бұл аспаптардың ең басты ерекшелігі желідегі токты қажет етпейді.

Мұндай аспаптар арқылы тек желідегі кернеуді өлшейміз. Аспаптардың шартты белгілері 1-кестеде келтірілген:

Кесте 1. Аспаптардың шартты белгілері

Электр өлшеуіш аспаптардың шартты белгілері	Аспаптардың аталуы	Өлшем бірліктерінің атаулары
$A$	Амперметр	$A$ , ампер
$V$	Вольтметр	$V$ , вольт
$\Omega$	Омметр	Ом
$W$	Ваттметр	$W$ , ватт
Аспаптардың жүйесі		Шартты белгілері
Электростатикалық		
Электрмагниттік		
Электродинамикалық		
Магнитэлектрлік		

Өлшеуіш құралдар жеткілікті дәлдікпен жасалғанымен өлшеу кезінде қате кетуі мүмкін. Сондықтан барлық өлшенген шамалардың абсолют дәл мәнін таптық деуге болмайды. Жүргізілген өлшеулердің мақсаты іздеп отырған шамалардың жуық мәндерін табумен қатар, өлшеулер кезінде кеткен қателіктердің шамсын анықтап, оны есептей білу болып табылады.

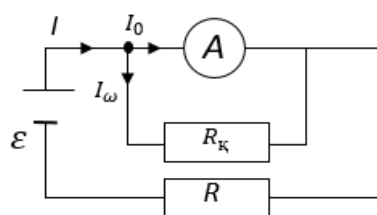
### Зерттеу әдісі

Амперметрдің өлшеу шегін кеңейту үшін Амперметрді ток жүріп тұрған  $R$  кедергіге тізбектей жалғаймыз. Сонда амперметрдің  $R_0$  кедергісін жүйедегі  $R$  кедергімен салыстырған жағдайда  $R_0 \ll R$  есе кіші болуы керек (1-сурет).

Жұмыс аясында аспаптардың өлшеу шегін кеңейту қажеттілігі көптеп кездеседі. Өйткені, кейде жүйедегі ток күші мәні амперметрдің өлшеушегінен де асып кететіні бар.

Біз Амперметрдің шектік өлшемінен артық токты анықтауда оның өлшеу шегін кеңейтуде оған параллель шнұт деп аталатын  $R_{ш}$  кедергіні қосамыз.

Шнұт негізінен металл сымнан жасалады.



Сурет 1. Амперметрдің өлшеу шегін кеңейту

Өлшеу шегі шнұтпен кеңейтілген жағдайда аспаппен өлшенген ток күші екіге бөлінеді:

$I = I_0 + I_{ш}$  мұндағы  $I_0$  - амперметрмен ал,  $I_{ш}$  - шнұт арқылы өтетін ток күші.

Жүйе бөлігіне арналған Ом заңын пайдаланып, шнұттың кедергісін табатын болсақ:

$$R = \frac{U}{I_{ш}} \quad (1)$$

мұндағы  $I_{ш} = I - I_0$  және  $U = I_0 R_0$  амперметрдің ішкі кедергісіне түсетін кернеудің мәнін қойсақ,

$$R_{ш} = \frac{I_0}{I - I_0} \cdot R_0 \quad (2)$$

өрнегі арқылы шнугтың кедергісін табамыз.

Мұндағы  $R_0$  - амперметрдің ішкі кедергісі.  $R_{ш}$  мәнін (2) – өрнектен басқаша әдіспен анықтауға да болады. Егер амперметрдің өлшеу шегін  $k$  есе үлкейтейін десек, онда  $\frac{I}{k}$ , ал  $I_{ш} = I - I_0 = I_0(k - 1)$

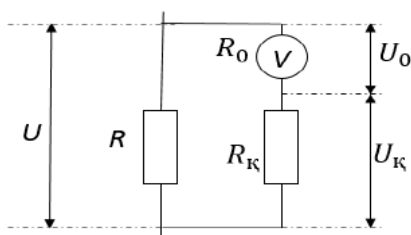
Кирхгофтың ережесін қолданатын болсақ,

$$R_{ш} = \frac{R_0}{k - 1} \quad (3)$$

өрнегі арқылы шнуг кедергісін анықтауға болады. Осылайша, амперметрдің өлшеу шегі шнуг арқылы  $k$  есе кеңейтіледі. Бұл зертханалық тәжірибені студенттер өз алдына да жасап көруіне болады.

Вольтметрдің өлшеу шегін кеңейту жолдары мынадай: егер де, жүйедегі кернеу мәні вольтметрдің өлшейтін шектік межесінен асып кететін болса, онда вольтметр кедергісін арттыру керек. Ол үшін қосымша кедергі деп аталатын  $R_k$ -кедергісін тізбектеп қосуымыз қажет (2-сурет).

Жүйе бөлігіндегі кернеуді өлшеу үшін вольтметр оған параллель жалғанады. Бірақ вольтметрдің кедергісі жүйедегі кедергіден көп есе артық болуы қажет. Жүйеге түсірілген  $U$ -кернеу мәнін өлшеу шегі  $U_0$  одан  $k$  есе кіші вольтметр арқылы өлшеу жолын қарастырамыз. Ол үшін қажетті  $R_k$  қосымша кедергіні анықтау керек.



Сурет 2. Вольтметрдің өлшеу шегін кеңейту

Қосымша кедергі арқылы  $I$  ток жүрген кезде оған түсетін кернеуді  $U_k$  деп белгілейтін болсақ, онда  $U_k + U_0 = U$ .  $U = kU_0$  шарты бойынша  $U_k = U_0(k - 1)$  немесе  $IR_k = IR_0(k - 1)$  теңдеуді  $I$ -ге қысқартсақ, қосымша кедергінің мәнін анықтайтын теңдеуді табамыз:

$$R_k = R_0(k - 1) \quad (4)$$

Егер берілген вольтметр үшін токтың  $I$  және өлшенетін кернеудің  $U$  шекті мәні белгілі болса, онда  $U = IR_0 + IR_k$  бұдан

$$R_k = \frac{U - IR_0}{I} \quad (5)$$

$$\text{Мұндағы } I = \frac{U_0}{R_0}$$

Тәжірибелік зерттеулеріміз өз нәтижесін беруі үшін зерттеу жұмыстарын теорияда көрсетілген өлшеу қорытындыларымен салыстыра талдау жасай білуіміз керек.

Бұл тұжырымды Х.Сеитов: «физиканың лабораториялық жұмыстарының негізгі міндеттерінің бірі, физикалық шаманың сандық мөлшерін дұрыс өлшеуді және алынған қорытындыны олардың теориялық мәндерімен дұрыс салыстыра білуді үйрету» деп келтіреді [9].

Дұрыс өлшей білу деп өлшеу қорытындысының дәлдігін сауатты есептеп, зерттеліп отырған құбылыс жөнінде толық мағлұмат алуды айтамыз. Сабақ барысында оқытушы студенттің қарым-қабілетін зерттеу арқылы оған зертханалық жұмыс ұсына алады. Зертханалық жұмыс кезеңінде студент қажетті өлшемдерді жүргізіп, есептеулер жасайды; өлшеу нәтижелерінің дәлдігіне мониторинг жүргізеді; қорытынды нәтижелерін сандық өсте немесе график арқылы көрсетіп, орындалған жұмысты баяндайды. Өзіндік ой қорытындысын жасап, жұмысты оқытушы алдында қорғайды.

Студенттердің зертханалық жұмысқа жіберілуі сабақтың басында өтеді. Эксперименттік бөлім мыналарды қамтиды: Аспаптарды орнату, бақылау, өлшенетін шамаларды есептеу. Эксперименттерге дайындық барысында студенттер алдағы эксперименталды жұмыстың барлық жақтарын барынша ұғынуға ұмтыла отырып, жеке кеңестер мен оқытушының көмегін пайдалана алады.

#### **Қорытынды.**

Зертханалық сабақтарда білімді бақылау және бағалаудың келесі әдістері қолданылады: студенттің сөзі (рұқсат алу және қорғау); зертханалық жұмыс бойынша жазбаша есепті талдау, әңгімелесу.

Зертханалық сабақтарды ұйымдастыру және өткізу кезінде берілген әдіс оларды ұйымдастыру және өткізу әдістемесінің принциптік кемшіліктерінің бір бөлігін жояды, зертханалық сабақтар, практикалық сабақтар мен дәрістер арасындағы алшақтықты қысқартады, теория мен практика арасындағы байланысты күшейтеді, білім алушылардың белсенділігі мен дербестігін арттыруға ықпал етеді.

#### *Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:*

1 Қазақстан Республикасының Президенті Қ.Тоқаев «Сындарлы қоғамдық диалог--Қазақстанның тұрақтылығы мен өркендеуінің негізі», - атты Қазақстан халқына Жолдауы. // «Егемен Қазақстан». 2019 жыл 3 қыркүйек. №169 (29648).

2 Абдраман Ш.А. Жоғары техникалық оқу орындары студенттердегі кәсіби-техникалық бағыттылықты қалыптастырудың дидактикалық негіздері: пед.ғыл.докт....дис.-Алматы 1998.-295 б.

3 Нуркасымова С.Н. Методические особенности преподавания профессионально-направленного курса физики в техническом вузе /диссертация./ Алматы.2010.-122с

4 Можанов Ж.У. Методика – Индивидуально ориентированный системы обучения физики в техническом университете. /диссертация./ 13.00.02.-Алматы,2010.-161с.

5 Мұсабеков О.У. Болашақ инженердің ғылыми технологиялық даярлығын жетілдірудің әдіснамасы, теориясы және практикасы (монография).-Алматы, 2002.-213 б.

6 Таубаева Ш.Т.және т.б Педагогика,.Алматы, 2017.-328б.

7 Беспалько В.П. Слагаемые педагогической технологии.-М.:Педагогика,1989.-с.192

8 Көшеров Т.С. және т.б. Жалпы физика курсы бойынша зертханалық жұмыстар.-АТУ,2009,141б.

9 Сеитов Х. Физикалық тәжірибелердің қорытындыларын математикалық жолмен өңдеудің негізгі әдістері. Алматы,1993.-56 б.

**МРНТИ 30.17.35**  
**УДК 533.15:536.25**

*В.Н. Косов<sup>1</sup>, С.А. Красиков<sup>2</sup>, О.В. Федоренко<sup>2</sup>, А.Б. Калимов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики при Казахском национальном университете имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан,

### **КОНВЕКТИВНОЕ СМЕШЕНИЕ В НАКЛОННОМ КАНАЛЕ, ВЫЗВАННОЕ ТРОЙНОЙ ДИФФУЗИЕЙ ПРИ УСЛОВИИ И ВОЗРАСТАНИИ ПЛОТНОСТИ СМЕСИ С ВЫСОТОЙ**

#### *Аннотация*

Методами численного моделирования проведено исследование квазистационарного массопереноса изотермических тройных газовых смесей в вертикальном и наклонном каналах для зоны выхода течения из заданного канала в нижнюю колбу диффузионной ячейки. Конвективное смешение рассматривается при условиях, предполагающих возрастание плотности смеси с высотой канала. При определенном содержании компонента с наибольшим молекулярным весом в смеси изучены характерные особенности структурированных течений. Проведено сравнение конвективных формирований в вертикальном и наклонном каналах. Проанализирована динамика структурированных конвективных течений при различных углах наклона.

Приводятся оценки по времени существования структурного формирования, состоящего преимущественно из компонента с наибольшим молекулярным весом, движущегося в газовой смеси с меньшим значением плотности.

**Ключевые слова:** газы, диффузия, смеси, конвекция, угол наклона, разделение.