

ӨОЖ 53.072:519.622.1
FTAXP 29.03.19

DOI 10.52578/2305-9397-2024-4-2-295-304

Ермуханова Н.Б., PhD докторы, қауымдастырылған профессор, негізгі автор, <https://orcid.org/0000-0001-9163-2879>

Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті, Айтеке би, 29А, Қызылорда қ., 120014, Қазақстан Республикасы, nurzhamal77@mail.ru

Бисенгалиева А. М., техника ғылымдарының магистрі, <https://orcid.org/0000-0002-6914-2352>
«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, B.a.m69@mail.ru

Ermukhanova N. B., PhD doctor, Associate Professor, the main author, <https://orcid.org/0000-0001-9163-2879>

«Korkyt Ata Kyzylorda University», Aiteke, 29A, Kyzylorda, 120014, Kazakhstan nurzhamal77@mail.ru

Bissengaliyeva A. M., Master of Technical Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-6914-2352>
NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, B.a.m69@mail.ru.

ОҚУ ҮРДІСІНЕ ВИРТУАЛЬДЫ ЗЕРТХАНА СПЕКТР АНАЛИЗАТОРЫНЫҢ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛІН ЕНГІЗУ IMPLEMENTATION OF A COMPUTER MODEL OF A SPECTRUM ANALYZER FOR A VIRTUAL LABORATORY INTO THE TEACHING PROCESS

Аннотация

Бұл мақалада спектр анализаторы моделін және радиосигналдардың қосындысын зерттеуге арналған виртуалды зертхананы енгізу процесі сипатталған. Зертханалық жұмысты оқу процесіне енгізу процесі және оның нәтижелері де ұсынылған. Авторлар виртуалды зертханалардың оқу процесінің сапасына әсері туралы зерттеу жүргізді. Біріншіден, жұмыс виртуалды зертханада спектр анализаторының компьютерлік моделін жобалау, зерттеу және енгізу процесін қарастырады.

Цифрлық құралдардың оқу процесіне әсерін зерттеуге көмектесті. Бұл мақалада зертханалық жұмыстың ішкі құрылымы және оның құрылғыларының өзара әрекеттесуі егжей-тегжейлі сипатталған. Микро жолақты сигнал қосқышының есебі қысқаша қарастырылады, оның моделі зерттелетін құрылғы ретінде пайдаланылады.

Мақалада спектр анализаторы мен радио сигнал көзі болып табылатын зерттелетін құрылғының өзара әрекеттесуі егжей-тегжейлі сипатталған. Олардың арасында мәліметтер алмасу процесі қарастырылады. Микро жолақты сигнал қосқышының есебі қысқаша қарастырылады, оның моделі зерттелетін құрылғы ретінде пайдаланылады. Іс жүзінде модельденген модельдерді қолдану студенттерге қажетті тәжірибе мен құрылғының орналасқан жеріне, уақытына немесе санына байланысты емес нақты жағдайларда жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

ANNOTATION

This paper describes the process of implementing the spectrum analyzer model and virtual laboratory for studying the sum of radio signals. The process of implementation of the laboratory work in the teaching process and its results are also presented. The authors conducted a study of the impact of virtual laboratories on the quality of the learning process. First, the paper discusses the process of designing, researching and implementing a computer model of a spectrum analyzer in a virtual laboratory. Helped to study the impact of digital tools on the learning process.

Helped to explore the impact of digital tools on the learning process. This paper describes in detail the internal structure of the laboratory work and the interaction of its devices. The calculation of

a microchip signal switch, the model of which is used as the device under study, is briefly discussed. The paper describes in detail the interaction between the spectrum analyzer and the device under study, which is the source of radio signal. The process of data exchange between them is considered. The calculation of a microchip signal switch, the model of which is used as the device under study, is briefly discussed. The use of practically simulated models allows students to work in specific environments that do not involve the necessary experience and location, time, or number of devices.

Түйін сөздер: зертханалық жұмыс, тренажер, виртуальды зертханалық практикум, оқытудың принциптері, дағды.

Key words: laboratory work, simulator, Google spreadsheet, Google Apps script.g, virtual laboratory workshop, principles of teaching, skills.

Кіріспе. Зертханалық жұмыстар барлық қызмет түрлерінің арасында техникалық мамандықтар студенттерін оқытуда ерекше назар аударуға лайық. Сонымен қатар, заманауи өлшеу жабдықтары қол жетімді болуы керек, бірақ жоғары баға оны оқу процесінде қолдануды шектейді. [1; 2]. Екінші жағынан, қашықтықтан оқыту соңғы жылдары кеңінен қолданыла бастады. Мұның себептерінің бірі COVID-19 пандемиясы болды, онда көптеген оқу орындары онлайн оқытуға ауысуға мәжбүр болды.

Техникалық мамандықтар үшін қашықтықтан оқытуды жүзеге асыру әдістерінің бірі виртуалды зертханалар мен қондырғыларды пайдалану болып табылады. Сондықтан өлшеу құралдары мен құрылғыларының арнайы виртуалды шеберханалары мен дербес компьютерлік модельдері қажет [3].

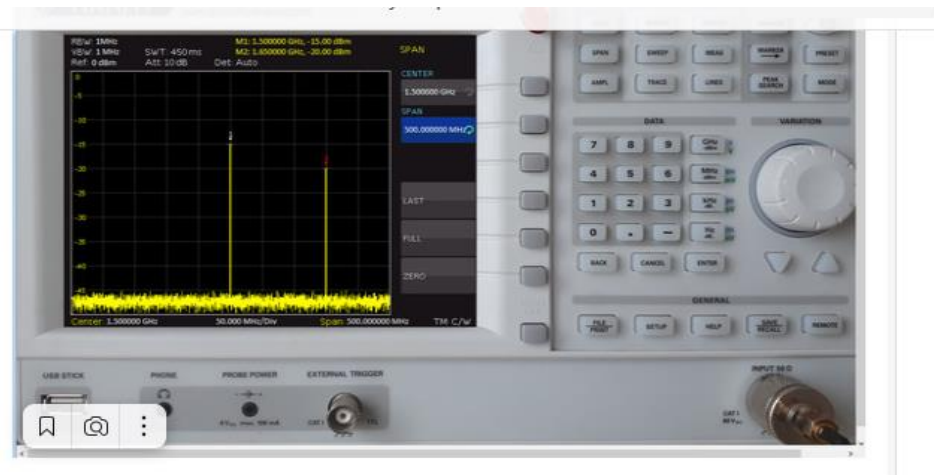
Виртуалды зертханалық жұмыстар виртуалды өлшеу құралдарын әзірлеу; сигналдарды өңдеу және модуляция түрлерін зерттеу; сымсыз желілерді зерттеу; антенна жүйелерін жобалау; радиоэлектрондық құрылғылардың электромагниттік үйлесімділігі және электромагнетизм; VHF және UHF диапазонындағы тарату желілері мен құрылғыларын зерттеу және электроника саласындағы виртуалды жұмыстар [4-5].

Сондықтан виртуалды зертханаларды құру кезінде екі бағытты бөлуге болады: зерттелетін физикалық процестерді дұрыс сипаттайтын әртүрлі құрылғылардың модельдеу.

Осылайша, зертханалық жұмыстарды имитациялық модельдер және басқалар сияқты радиотехника курстарының виртуалды мазмұнын әзірлеу үшін зерттеушілер әртүрлі тәсілдерді қолданады.

Спектр анализаторының заманауи компьютерлік моделі осы мүмкіндіктердің барлығына ие. Осылайша, модельдің компьютерлік интерфейсі нақты құрылғыға толығымен сәйкес келеді. Алынған нәтиже виртуалды өлшеу құралдарын құрудың бұрын жасалған тұжырымдамасына сәйкес келеді. Сонымен қатар, компьютерлік модель интерфейсі нақты құрылғының фотосуреттеріне негізделген аппараттық интерфейсті толығымен қайталайды. Пәрмендер компьютер тінтуірін басу арқылы шақырылады. Бағдарлама құрылғының қай батырмасы басылғанын анықтайды және модель экранында тиісті мәзір пайда болады немесе тиісті өңдеуші белгілі бір әрекеттерді орындайды, соның ішінде DATA батырмасы арқылы деректерді енгізу. Мұның бәрі жасалған модельге нақты көрініс береді және нақты өлшеу құралымен жұмыс істеу әсерін береді. 1-суретте спектр анализаторының жасалған моделінің компьютерлік интерфейсі көрсетілген [6 - 7].

Айта кету керек, спектр анализаторында тек уақытша көріністе пайдаланушы зерттейтін радио сигнал берілетін кіріс бар. Оны өңдеу арқылы спектр анализаторы Фурье түрлендіруін орындайды. Осыдан кейін, егер кіріс сигналы өзгермесе, спектр анализаторы өздігінен жұмыс істейді. Оның жұмысы радиосигналдың бұрын алынған спектрлік көрінісін өңдеуге дейін азаяды. Дегенмен, әртүрлі құрылғылардың спектр анализаторының моделіне (әртүрлі радио сигналдарының көздері) қосылу мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін Фурье түрлендіруі жасалған модельден тыс шығарылды. Бір жағынан, мұны кемшілік деп санауға болады, бірақ бұл жасалған модельдің қолдану аясын кеңейтуге мүмкіндік берді, өйткені нақты кіру түрі анықталмаған.



Сурет 1 – Спектр анализаторы моделінің компьютерлік интерфейсі

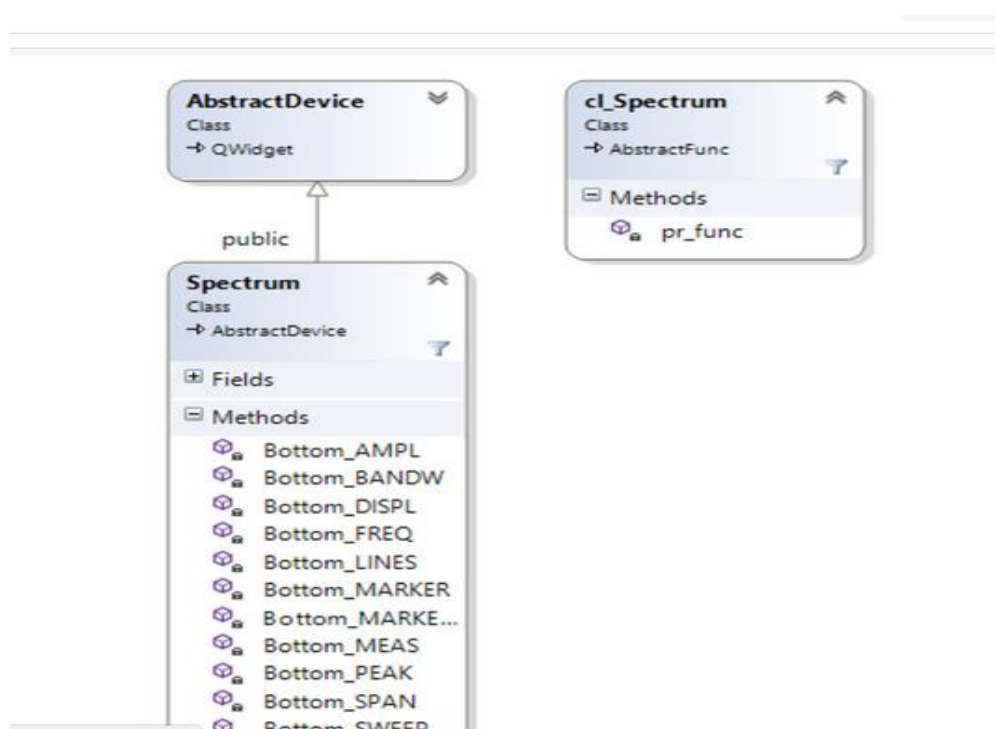
Бұл тұжырымдамада бізге спектр анализаторының моделі кіріс радио сигналының спектрлік компоненттерін сипаттайтын массив алуы қажет. Біздің жағдайда бұл спектрлік компоненттің жиілігі және оның амплитудасы. Бұл деректер массиві спектр анализаторына беріледі делік [8]. Бұл жағдайда оны толығымен дербес деп санауға болады және оның функционалдығы тек осы массивті пайдаланушының параметрлеріне сәйкес экранда көрсетуге және маркерлер мен өлшеу сызығының шығуына жауап береді [9]. Бірақ кіріс сигналы өзгерген кезде спектр анализаторы спектрлік компоненттердің жаңа (қайта есептелген) массивін алуы керек. Осылайша, қосылған құрылғы мәндер жұбының дискретті массиві (сигнал жиілігі мен амплитудасы) түрінде сигналдар беруі керек. Бұл массив зерттелетін құрылғының Фурье реакциясын кіріс әсеріне өңдеу және түрлендіру арқылы алынады. Массивтің ұзындығы зерттелетін сигналды білдіретін спектрлік компоненттердің санына байланысты. Бұл тәсіл сигналды өңдеудің нақты тәртібін біршама өзгертті, өйткені Фурье түрлендіруі спектр анализаторынан тыс орындалады. Бірақ бұл өзгеріс бізге әмбебаптық береді, өйткені спектрлік компоненттер массиві ретінде өңделген және ұсынылған кез-келген радио сигналды осы спектрлік анализатор моделімен зерттеуге болады. Бұл жағдайда біздің міндетіміз өлшеу құрылғысының моделін зерттелетін радиосигналдың спектрлік көрінісіне ауыстыру болып табылады. Содан кейін спектр анализаторының моделі оны экранда пайдаланушы орнатқан жұмыс режимдерінде көрсетеді.

Сонымен қатар, пайдаланушы құрылғының тиісті батырмасын басқан кезде, деректер өңделеді және құрылғы моделінің экранында қайта сызылады. Мәселен, мысалы, құрылғыдағы батырманы басу арқылы LINES мәзіріне қоңырау шалғанда, urper POS мәнін енгізу қол жетімді болады. Ол үшін пайдаланушы data блогының батырмаларын басуды өңдеу функционалдығы жүзеге асырылады. Енгізу аяқталғаннан кейін (мысалы, ENTER батырмасын басу) енгізілген деректер өңделеді және өлшеу сызығы қайта сызылады. Маркерлерді орнату ұқсас жұмыс істейді (MARKER мәзірі). Алайда, көрсетілетін радио сигнал спектрінің экстремумдарын іздеуге және жылжытуға арналған функциялар жиынтығы неғұрлым күрделі іске асыруға ие. Сонымен, зерттелетін құрылғыдан (зерттелетін радио сигналдан) деректерді алу кезінде спектрлік мәндердің экстремумдарының арнайы массиві жасалады, ол тиісті функцияларды шақырған кезде іздеу үшін қолданылады. Мысалы, MARKER мәзірінің PEAK функциясын шақырған кезде спектрлік компоненттің максималды мәні (оның жиілігі мен амплитудасы) ізделеді, содан кейін мәндері өлшеу құралының моделінің экранына шығарылатын маркерді көрсету блогы шақырылады. Экрандағы деректер Пайдаланушының әрекеттеріне байланысты жаңартылады [10]. Мысалы, пайдаланушы құрылғының параметрлерін өзгертеді, содан кейін спектр ауқымы оларға сәйкес жаңартылады. Басқа құрылғылардың сигналдары көрсетілген деректерге де әсер етуі мүмкін. Бұл жағдайда спектр анализаторының моделі аспаптың экранында өңделетін және көрсетілетін спектрлік компоненттердің жаңа жиынтығын алуы керек. Бұл механизм конфигуратордағы құрылғыларды қосу тұжырымдамасын (зерттелетін құрылғының шығысы спектр анализаторының кірісіне қосылады) және дерексіз abstractfunc класында анықталған сигнал/слот механизмі арқылы тиісті функцияларды шақыру арқылы

олардың арасындағы деректерді алмасу арқылы жүзеге асырылады. Өзірленген спектр анализаторының бағдарламалық жасақтамасында параметрлері мен олардың сипаттамасы 1-кестеде келтірілген `pr_func ()` виртуалды функциясы қайта анықталған.

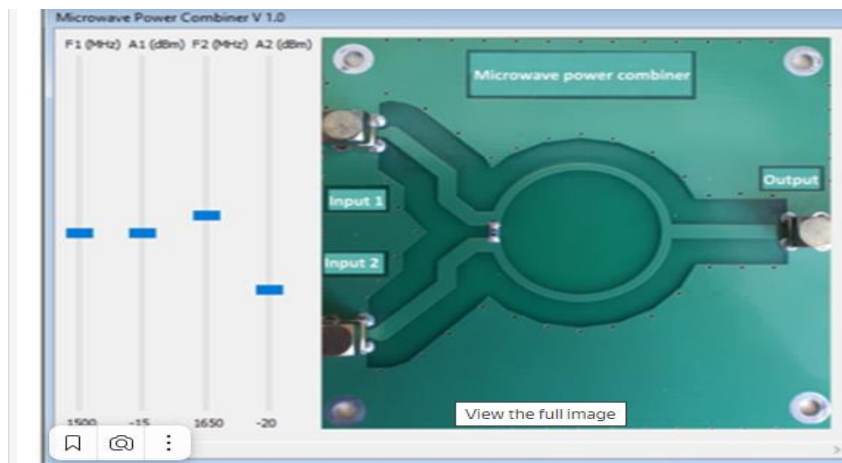
Кесте 1 – Деректер алмасу функциясын шақыру мысалдары.

Параметрлер жиынтығы	Сипаттамасы
$n, 0, 0$	n-массивтердің мөлшері (кіріс сигналындағы спектрлік компоненттердің саны)
	Кіріс радио сигналының спектрлік көрінісі туралы ақпаратты сақтайтын динамикалық массивтерді құру үшін қолданылады
i, f, a	Спектрдің i компоненті бойынша деректерді беру:
	F-спектр компонентінің жиілігі (МГц)
	a-берілген спектр компонентінің амплитудасы (дБм)



Осылайша, құрылғылар арасында деректер алмасу зерттелетін құрылғының бастамасымен жүреді. Кіріс радио сигналының параметрлері өзгерген кезде (мысалы, пайдаланушы сигналдың жиілігін немесе амплитудасын өзгертті) құрылғы моделінің бағдарламалық жасақтамасы Шығыс радио сигналының спектрлік көрінісін құрайды (массивтер: жиілік және амплитудалық) және `pr_func ()` функциясын шақырады, ол арқылы деректер спектр анализаторының динамикалық массивіне беріледі.

Материалдар мен әдістер. Спектр анализаторымен жұмыс істеудің бастапқы дағдыларын алуға мүмкіндік беретін виртуалды зертханалық жұмысты қарастырамыз. Бұл көру жолағын тандау, маркерлерді орнату және өлшеу сызығымен жұмыс істеу, яғни негізгі өлшемдерді жүргізу және кіріс радиосигналының спектрін зерттеу. Зерттелетін құрылғы ретінде микро жолақты сақиналы қуат қосқышы қарастырылады. Мұндай қосқыштың компьютерлік моделі бұрын айтылған талаптарды ескере отырып жасалған. Олардың кірісіне екі жоғары жиілікті сигнал беріледі, содан кейін олар біріктіріліп, түрлендіруден кейін шығысқа беріледі. Бұл модельде пайдаланушы сигналдардың жиілігін 100 кГц-тен 3 ГГц-ке дейін және олардың амплитудасын өзгерте алады. 2-суретте жасалған модельдің компьютерлік интерфейсі көрсетілген [11 -13].



Сурет - 2 : деректерді беру кезінде объектілердің өзара әрекеттесуі

Микро жолақты сигнал қосқышының моделін аналитикалық түрде есептеуге болады. Мысалы, оның кірісіне екі гармоникалық тербеліс түссін, содан кейін шығыс сигналы келесідей жазылуы мүмкін:

$$U(t) = U_1 \cos(\omega_1 t + \phi_1) + U_2 \cos(\omega_2 t + \phi_2) \quad (1)$$

мұндағы U_1 және U_2 - кіріс сигналының амплитудасы,

$$\omega_{1,2} = 2\pi f_{1,2} \quad (2)$$

мұндағы f_2 - кіріс сигналының жиілігі, $\phi_{1,2}$ -нөлге теңестіруге болатын бастапқы фазалар. (1), (2) – теңдеулерге сәйкес, алынған шығыс үшін уақыт аймағында Фурье түрлендіруі жасалады және екі спектрлік компонент алынады: біріншісі f_1 жиілігімен және U_1 амплитудасымен, екіншісі f_2 жиілігімен және U_2 амплитудасы [14-16].

Алынған мәліметтер жиынтығы 1 – суретте көрсетілгендей екі элементтен тұратын жиіліктер мен амплитудалық массив, оны әрі қарай өңдеу және экранда визуализациялау үшін спектр анализаторы моделінің кірісіне жіберіледі. Спектр анализаторының интерфейсі 2-суреттегідей кіріс сигналдарының жиілігін 100 кГц-тен 3 ГГц-ке дейін және олардың амплитудасын өзгертуге мүмкіндік береді. Бұл операция зертхананы іске қосқан кезде орындалады және пайдаланушы зерттелетін құрылғының параметрлерін әр уақытта өзгертеді. Бұл кіріс сигналдарын өзгертуге және нақты уақыт режимінде анализатор моделінің экранында олардың спектрлік көрінісінің өзгеруін бақылауға мүмкіндік берді. Өзірленген модельдердің өнімділігі нақты құрылғылардың өнімділігімен салыстырылды. Бірдей операциялардың нәтижелері бірдей болды, бұл виртуалды модельдер нақты жабдықты алмастыра алатындығын дәлелдейді. Виртуалды интерфейсін нақты интерфейспен сәйкестігі өлшеу құралдарымен қажетті дағдыларды дамытуға көмектеседі, осылайша пайдаланушы аралықты орната алады, әртүрлі параметрлерді өзгерте алады, маркерлерді орната алады [17-18]. Тұтастай алғанда, бұл жабдықпен өзара әрекеттесу үшін тиісті шеберлік пен тәжірибе деңгейін алуға көмектеседі.

Нәтижелер және оларды талқылау. Нәтижелерді зерттеген уақытта Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық техникалық университетінің 40 студенттері сауалнамаға қатысты. Сауалнама жүргізер алдында студенттер зертханалық жұмыстың мақсаттары мен рәсімдерін сипаттайтын нұсқаулықпен танысты.

Сауалнама құрылымы мынадай сұрақтардан тұрады:

1. Физикадағы виртуалды зертханалық жұмыстың мақсаты қандай?
2. Виртуалды зертханалық жұмыс дәстүрліге карағанда қандай артықшылықтар береді?
3. Физика бойынша виртуалды зертханалық жұмысты жүргізу үшін қандай бағдарламалық құралдар қолданылады?
4. Виртуалды зертханада қандай эксперименттер жүргізуге болады?
5. Виртуалды зертхананың көмегімен қандай физикалық заңдар мен құбылыстарды зерттеуге болады?
6. Виртуалды зертханалық жұмысты орындау үшін қандай жабдық қажет?

7. Виртуалды физика зертханасында жұмыс істеу үшін ресурстарға қандай қол жетімділік қажет?
8. Виртуалды зертханада эксперимент қалай жүзеге асырылады?
9. Виртуалды зертхананың нақты зертханамен салыстырғанда қандай ерекшеліктері бар?
10. Виртуалды зертханалық жұмыстың нәтижесінде қандай нәтижелерге қол жеткізуге болады?
11. Виртуалды зертханада нақты зертханамен салыстырғанда қандай шектеулер бар?
12. Виртуалды зертханалық жұмыста алынған нәтижелер қаншалықты дәл?
13. Виртуалды зертханалық жұмысты орындау кезінде қандай қателіктер мен бұрмаланулар болуы мүмкін?
14. Виртуалды зертханалық жұмыс студенттерге физиканы Үйренуге қалай көмектеседі?
15. Виртуалды зертханалық ортада студенттердің ұжымдық жұмысын қалай жүргізуге болады?
16. Виртуалды зертханалық жұмысты жүргізуде оқытушының рөлі қандай?
17. Студенттерді одан әрі оқыту үшін виртуалды зертханалық жұмыстың нәтижелерін қалай пайдалануға болады?
18. Физика бойынша виртуалды зертханалық жұмыстың құны қандай?
19. Виртуалды физикалық зертхананы жобалаудың негізгі принциптері қандай?
20. Виртуалды зертханалық жұмысты орындау үшін қандай қосымша материалдар берілуі мүмкін?
21. Виртуалды зертханалық жұмыс аясында студенттерге арналған тапсырмалар қалай құрылады?
22. Виртуалды зертханалық жұмыстың нәтижелерін бағалау критерийлері қандай?
23. Виртуалды зертханалық жұмыс барысында алынған деректер қалай сақталады?
24. Физика бойынша виртуалды зертханалық жұмыс білімді таратудың қандай мүмкіндіктерін ұсынады?
25. Виртуалды зертханалық жұмыс барысында студенттерге қандай ақпарат беріледі?
26. Виртуалды зертханада күрделі эксперименттер үшін қандай мамандандырылған бағдарламаларды қолдануға болады?
27. Виртуалды зертханалық жұмыста қандай қосымша медиа құралдарды қолдануға болады?
28. Виртуалды зертханалық жұмыс барысында студенттер мен оқытушы арасында кері байланыс қалай жүреді?
29. Виртуалды зертханалық жұмыста алынған нәтижелердің дұрыстығын қалай тексеруге болады?
30. Виртуалды зертхана физикалық заңдар мен құбылыстарды көрсету үшін қандай мүмкіндіктер ұсынады?

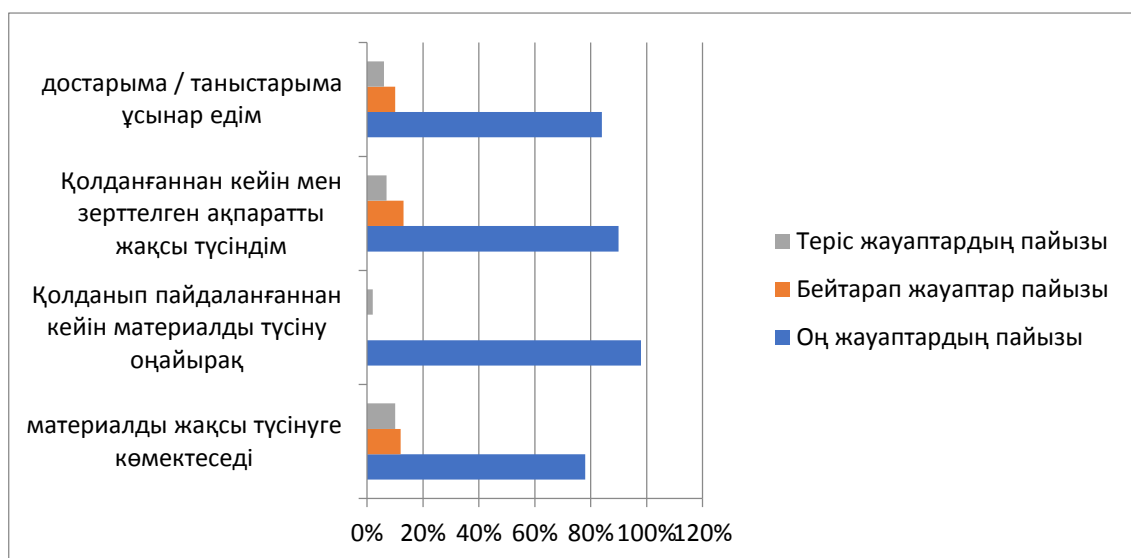
Сауалнаманың барлық бөлімдері пайдаланушы интерфейсі бағалауды, қолданбаның ыңғайлылығын, практикалық қолдануды бағалауды және ең ұнаған және ұнамайтын аспектілерді қамтиды: 30 сұрақ, мұнда 1 - " Оң жауаптардың пайызы ", 2 - " Бейтарап жауаптар пайызы ", 3 - " Теріс жауаптардың пайызы ". Сауалнама Google Forms-те жүргізілді. 2-кестеде сауалнама нәтижелері көрсетілген.

Кесте 2 – Виртуалды зертхананы біріктіру сауалнамасының нәтижелері.

Сұрақтар	Оң жауаптардың пайызы	Бейтарап жауаптар пайызы	Теріс жауаптардың пайызы
1	2	3	4
материалды жақсы түсінуге көмектеседі	78	12	10
Қолданып пайдаланғаннан кейін материалды түсіну оңайырақ	98	0	2

1	2	3	4
Қолданғаннан кейін мен зерттелген ақпаратты жақсы түсіндім	90	3	7
достарыма / таныстарыма ұсынар едім	84	10	6

Есептеулер негізінде диаграмма қорытындыларының ауытқу мәндердің баллдық шкаланың сәйкес сипаттамасы тұрғысынан барлық студенттер қосымшаны оқу процесі үшін жеткілікті, пайдалы және қажет деп санайтынын көруге болады [19 - 20].



Алынған мәліметтерден студенттердің көпшілігі виртуалды зертханаларды тақырыпты зерттеуде тиімді деп санайды, ақпаратты қабылдауды жақсартады және оны түсінікті етеді. Сонымен қатар, студенттер қосымшаның пайдалылығын және оның көпшіліктің күткеніне сәйкес келетіндігін атап өтеді.

Зертханалық жұмыстың тиімділігі студенттердің "мен қосымшаны достарыма/таныстарыма ұсынар едім" деген сұрағына берген жауабында да көрінеді. Сонымен, респонденттердің 89 % - ы оң жауап берді. Сонымен қатар, қосымша зертханалық жұмыстарды орындау кезінде студенттердің барлық қажеттіліктерін қанағаттандырады. Бұл оларға қажетті материалды үйренуге және тиісті тәжірибе алуға мүмкіндік береді.

Қорытынды. Қорыта келе, бұл тәсіл белсенді оқу процесінің қажеттіліктерін қанағаттандырады және сауалнама нәтижелері бойынша студенттердің тәуелсіздігі мен қызығушылығын ояту арқылы оқу тәжірибесін жақсартады. зерттеу нәтижелері студенттердің ұсынылған әдіске үлкен қызығушылық танытатынын көрсетеді. Сонымен қатар, компьютерлік модель студенттерге қажетті барлық мүмкіндіктерге ие болғанын көруімізге болады.

Физикадағы виртуалды зертханалық жұмыстар студенттерге физикалық жабдықты қажет етпестен эксперименттер жүргізуге және физикалық құбылыстарды зерттеуге мүмкіндік береді.

Мұндай зертханалық жұмыстар әдеттегі зертханалық сабақтардың кестесіне тәуелсіз кез-келген ыңғайлы уақытта және жерде эксперименттер жүргізуге мүмкіндік береді. Виртуалды зертханалық жұмыс студенттерге физикалық заңдылықтарды түсінуді жақсартуға көмектесетін нәтижелерді талдауға арналған құралдар мен деректердің кең ауқымын ұсына білді. Бұл зертханалық жұмыстар сонымен қатар заманауи білім беру үшін маңызды болып табылатын компьютерлік және бағдарламалық қамтамасыз ету дағдыларын дамытуға ықпал етті.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Абдулла Х. Х. Численно-аналитические методы математического моделирования нелинейных обобщенно-механических систем в среде компьютерной математики [Текст] / Maple : дис. канд. ф.-м. наук: / Х. Х. Абдулла – Казань, 2011. – 20 с.
- 2 Feisel, L. D., & Rosa, A. J. (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education. [Tekst] Journal of Engineering Education, 94(1), 121–130.
- 3 Grober, S., Eckert, B., & Jodl, H.-J. (2013). A new medium for physics teaching: results of a worldwide study of remotely controlled laboratories ([Tekst] RCLs). European Journal of Physics, 35, 1-4. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/35/1/018001>.
- 4 Using Remote Labs in Education: Two Little Ducks in Remote Experimentation. Editors: Javier Garcia-Zubia (Universidad de Deusto) and Gustavo R. Alves (Polytechnic of Porto). Universidad de Deusto, Bilbao, 2011. 22 chapters. 465 pp. ISBN 978-84-9830-335-3.
- 5 И. Л. Шейнман. Виртуальный лабораторный практикум по физике [Текст]/ Материалы XXVI международной научно-методической конференции «Современное образование: содержание, технологии, качество». СПб.: Издво СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2020. С. 274–276.
- 6 I. Sheinman, N. Kuzmina. Virtual laboratory workshop in physics [Tekst]/ 2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). Conference proceeding 1403. IEEE Xplore. 2022. P. 1401–1404.
- 7 Javier Garcia-Zubia, Diego Lopez-de-Ipina, Pablo Orduna, and Gustavo R. Alves, “Addressing Software Impact in the Design of Remote Labs”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Special Issue on E-Learning and Remote Laboratories within Engineering Education. Vol. 56, Issue 12, December 2009, pp. 4757–4767, ISSN 0278-0046. <https://doi.org/10.1109/TIE.2009.2026368>.
- 8 Веженков С. Д., Шейнман И. Л. Оптимизация параметров численной модели нестационарной теплопроводности в виртуальном лабораторном практикуме [Текст] / 77-я Научно-техническая конференция СанктПетербургского НТО РЭС им. А.С. Попова, посвященная Дню радио: сб. докладов [Электронный ресурс] / СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Санкт-Петербург. 2022. – 330 с. С. 322-324. –URL: <https://conf-ntores.etu.ru/2022/ru/>
9. Басыров В. А., Павлов Д. Р., Поршнев Р. А., И. Л. Шейнман. Виртуализация лабораторной работы по проверке теоремы Гюйгенса – Штейнера методом вращательных колебаний [Текст]. Материалы X Научнопрактической конференции «Наука настоящего и будущего» 19-20(21) / СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Санкт-Петербург. 2022.
- 10 Hoyer, H., Jochheim, A., Rohrig, C., and Bischoff, A., “A Multiuse Virtual-Reality Environment for a Tele-Operated Laboratory,” [Tekst] IEEE Transactions on Education, Vol. 47, No. 1, 2004, pp. 121–126.
- 11 Swamy, N., Kuljaca, O., and Lewis, F.L., “Internet-Based Educational Control Systems Lab Using NetMeeting,” [Tekst] IEEE Transactions on Education, Vol. 45, No. 2, 2002, pp. 145–151.
- 12 Lee, W.-J., Gu, J.-C., Li, R.-J., and Ditasayabutra, P., “A Physical Laboratory for Protective Relay Education,” [Tekst] / IEEE Transactions on Education, Vol. 45, No. 2, 2002, pp. 182–186.
- 13 Alexander, D.G., and Smelser, R.E., “Delivering an Engineering Laboratory Course Using the Internet, the Post Office, and a Campus Visit,” [Tekst] / Journal of Engineering Education, Vol. 92, No. 1, 2003, pp. 79–84.
- 14 McGourty, J.M., Shuman, L.J., Besterfield-Sacre, M., Atman, C.J., Miller, R., Olds, B., Rogers, G., and Wolfe, H., “Preparing for ABET EC2000: Research-Based Assessment Methods and Processes,” [Tekst] / International Journal of Engineering Education, Vol. 18, No. 2, March/April 2002, pp. 157–167.
- 15 Felder, R.M., and Brent, R., “Designing and Teaching Courses to Satisfy the ABET Engineering Criteria,” [Tekst] / Journal of Engineering Education, Vol. 92, No. 1, 2003, pp. 7–25.
- 16 ABET, “Criteria for Accrediting Engineering Programs 2000–2001—Conventional Criteria,” [Tekst] / 2001.
- 17 Moore, D.J., and Voltmer, D.R., “Curriculum for an Engineering Renaissance,” [Tekst] / IEEE Transaction on Education, Vol. 46, No. 4, 2003, pp. 452–455.
- 18 Leva, A., “A Hands-On Experimental Laboratory for Undergraduate Courses in Automatic Control,” [Tekst] / IEEE Transactions on Education, Vol. 64, No. 2, 2003, pp. 263–272.

- 19 Olinger, D.J., and Hermanson, J., “Integrated Thermal-Fluid Experiments in WPI’s Discovery Classroom,” [Tekst] /Journal of Engineering Education, Vol. 91, No. 2, 2002, pp. 239–243.
- 20 Wankat, P.C., “Analysis of the First Ten Years of the Journal of Engineering Education,” [Tekst] / Journal of Engineering Education, Vol. 93, No. 1, 2004, pp. 13–21.

REFERENCES

1. Abdulla KH. KH. CHislenno-analiticheskie metody matematicheskogo modelirovaniya nelineynykh obobshchenno-mekhanicheskikh sistem v srede kompyuternoi matematiki [Tekst] / Maple :dis. kand. f.-m. nauk: / KH. KH. Abdulla – Kazan, 2011. – 20s. [in Russian]
2. Feisel, L. D., & Rosa, A. J. (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education [Tekst]. Journal of Engineering Education, 94(1), 121–130.
3. Grober, S., Eckert, B., & Jodl, H.-J. (2013). A new medium for physics teaching: results of a worldwide study of remotely controlled laboratories [Tekst] / (RCLs). European Journal of Physics, 35, 1-4. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/35/1/018001>.
4. Using Remote Labs in Education: Two Little Ducks in Remote Experimentation. Editors: Javier Garcia-Zubia (Universidad de Deusto) and Gustavo R. Alves [Tekst] (Polytechnic of Porto). Universidad de Deusto, Bilbao, 2011. 22 chapters. 465 pp. ISBN 978-84-9830-335-3.
5. L. SHeinman. Virtual'nyi laboratornyi praktikum po fizike [Tekst] / Materialy XXVI mezhdunarodnoi nauchno-metodicheskoi konferencii «Sovremennoe obrazovanie: soderzhanie, tekhnologii, kachestvo» [Tekst]. SPb.: Izdvo SPbGETU «LETI», 2020. P. 274–276. [in Russian]
6. I. Sheinman, N. Kuzmina. Virtual laboratory workshop in physics [Tekst] / 2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). Conference proceeding 1403. IEEE Xplore. 2022. P. 1401–1404.
7. Javier Garcia-Zubia, Diego Lopez-de-Ipina, Pablo Orduna, and Gustavo R. Alves, “Addressing Software Impact in the Design of Remote Labs”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Special Issue on E-Learning and Remote Laboratories within Engineering Education. Vol. 56, Issue 12, December 2009, pp. 4757–4767, ISSN 0278-0046. <https://doi.org/10.1109/TIE.2009.2026368>.
8. Vezhenkov S. D., SHeinman I. L. Optimizatsiya parametrov chislennoi modeli nestacionarnoi teploprovodnosti v virtual'nom laboratornom praktikume [Tekst] / 77-ya Nauchno-tekhnicheskaya konferenciya SanktPeterburgskogo NTO RES im. A.S. Popova, posvyashchennaya Dnyu radio: sb. dokladov [Elektronnyi resurs] / SPbGETU «LETI». Sankt-Peterburg. 2022. – 330 s. S. 322-324. – URL: <https://conf-ntores.etu.ru/2022/ru/> [in Russian]
9. Basyrov V. A., Pavlov D. R., Porshnev R. A., I. L. SHeinman. Virtualizatsiya laboratornoi raboty po proverke teoremy Gyuigensa – SHteiner metodom vrashchatel'nykh kolebaniy [Tekst]. Materialy H Nauchnoprakticheskoi konferencii «Nauka nastoyashchego i budushchego» 19-20(21) / SPbGETU «LETI». Sankt-Peterburg. 2022. [in Russian]
10. Hoyer, H., Jochheim, A., Rohrig, C., and. Bischoff, A., “A Multiuse Virtual-Reality Environment for a Tele-Operated Laboratory,” IEEE Transactions on Education [Tekst], Vol. 47, No. 1, 2004, pp. 121–126.
11. Swamy, N., Kuljaca, O., and Lewis, F.L., “Internet-Based Educational Control Systems Lab Using NetMeeting,” [Tekst] IEEE Transactions on Education, Vol. 45, No. 2, 2002, pp. 145–151.
12. Lee, W.-J., Gu, J.-C., Li, R.-J., and Ditasayabutra, P., “A Physical Laboratory for Protective Relay Education,” IEEE Transactions on Education [Tekst], Vol. 45, No. 2, 2002, pp. 182–186.
13. Alexander, D.G., and Smelser, R.E., “Delivering an Engineering Laboratory Course Using the Internet, the Post Office, and a Campus Visit,” [Tekst] / Journal of Engineering Education, Vol. 92, No. 1, 2003, pp. 79–84.
14. McGourty, J.M., Shuman, L.J., Besterfield-Sacre, M., Atman, C.J., Miller, R., Olds, B., Rogers, G., and Wolfe, H., “Preparing for ABET EC2000: Research-Based Assessment Methods and Processes,” [Tekst] / International Journal of Engineering Education, Vol. 18, No. 2, March/April 2002, pp. 157–167.
15. Felder, R.M., and Brent, R., “Designing and Teaching Courses to Satisfy the ABET Engineering Criteria,” [Tekst] / Journal of Engineering Education, Vol. 92, No. 1, 2003, pp. 7–25.
16. ABET, “Criteria for Accrediting Engineering Programs 2000–2001—Conventional Criteria,” [Tekst] 2001.

17. Moore, D.J., and Voltmer, D.R., "Curriculum for an Engineering Renaissance," [Tekst] / IEEE Transaction on Education, Vol. 46, No. 4, 2003, pp. 452–455.
18. Leva, A., "A Hands-On Experimental Laboratory for Undergraduate Courses in Automatic Control," IEEE Transactions on Education, Vol. 64, No. 2, 2003, pp. 263–272.
19. Olinger, D.J., and Hermanson, J., "Integrated Thermal-Fluid Experiments in WPI's Discovery Classroom," [Tekst]/ Journal of Engineering Education, Vol. 91, No. 2, 2002, pp. 239–243.
20. Wankat, P.C., "Analysis of the First Ten Years of the Journal of Engineering Education," [Tekst] / Journal of Engineering Education, Vol. 93, No. 1, 2004, pp. 13–21.

РЕЗЮМЕ

В этой статье описывается процесс внедрения модели анализатора спектра и виртуальной лаборатории для изучения суммы радиосигналов. Представлен также процесс внедрения лабораторной работы в учебный процесс и его результаты. Авторы провели исследование влияния виртуальных лабораторий на качество учебного процесса. Во-первых, в работе рассматривается процесс проектирования, исследования и внедрения компьютерной модели анализатора спектра в виртуальной лаборатории.. Помогли изучить влияние цифровых инструментов на учебный процесс.

В этой статье подробно описывается внутренняя структура лабораторной работы и взаимодействие ее устройств. Кратко рассмотрен расчет микрочипного сигнального переключателя, модель которого используется в качестве исследуемого устройства.

В статье подробно описано взаимодействие анализатора спектра и исследуемого устройства, являющегося источником радиосигнала. Между ними рассматривается процесс обмена данными. Кратко рассмотрен расчет микрочипного сигнального переключателя, модель которого используется в качестве исследуемого устройства. Использование практически смоделированных моделей позволяет студентам работать в конкретных условиях, не связанных с необходимым опытом и местоположением, временем или количеством устройств.