

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2021)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/OGVZ5983>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

***М. Ә. Әбділлә¹, Е. В. Чихрай¹, С. Қ. Әскербеков^{1,2},
А. М. Аханов², А. Н. Бергузинов³**

¹әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.,
Қазақстан Республикасы;

²РҒҰ ЯФИ ЭМ ҚР, Алматы қ., Қазақстан Республикасы;

³Торайгыров университеті, Павлодар қ., Қазақстан Республикасы

«CIRRA» ССР-Қ ҚОНДЫРҒЫСЫНДА СӘУЛЕЛЕНДІРУ ТӘЖІРИБЕЛЕРІ БАРЫСЫНДА КЛАПАНДАРДЫ БАСҚАРУ ЖӘНЕ МОНИТОРИНГІЛЕУ ЖҮЙЕСІ

Бұл жұмыс, ССР-Қ реакторындағы ЯР және ТЯР материалдарынан газ бөлінуін зерттеуге арналған «CIRRA» қондырғысының 4 аналогтық температура мен вакуум жүйесінің қысым датчиктерін мониторингілеу және клапандарды қашықтан басқару автоматтандырылған жүйесіне арналған. 4К_Аргус аталатын бұл жүйе, аналогты-цифрлық кіріс-шығыс желісі бар, Е14-140М көпканалдық аналогты-цифрлық түрлендіргішінің негізінде жасақталып құрылған.

Кілтті сөздер: газ бөлінуі, сәулелену, реактор, ТЯР.

Кіріспе

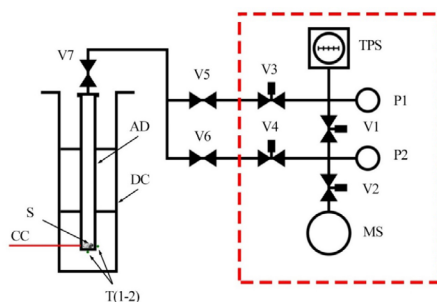
Химиялық белсенді газдардың ядролық және термоядролық реакторлардағы құрылымдық материалдармен әсерлесуін зерттеу қатты дене физикасының негізгі мәселелерінің бірі – интенсивті термиялық, радиациялық, химиялық, механикалық және басқа да сыртқы әсерлер жағдайында ұзақ уақыт жұмыс істейтін құрылымдық материалдарды құрудың іргелі негіздерін жасауға ықпал етеді [1, 2].

2018 жылы Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің №BR05236400 бағдарламасы шеңберінде ССР-Қ реакторында «in situ» сәулелендіру сынақтары кезінде ядролық және термоядролық реакторлардың материалдарынан газдың бөліну процестерін (үрдістерін) зерттеуге мүмкіндік беретін заманауи қондырғы әзірлеу және құру басталды. Басқа зерттеу реакторларындағы қолданыстағы қондырғыларды және онда газдың бөлінуін тіркеу әдістерін, сондай-ақ ССР-Қ реакторының ерекшеліктерін ескере отырып, талдаудан кейін вакуумды шығару әдісі таңдалды [3–10]. Газ эволюциясын тіркеу үшін квадрупольды масс-спектрометр қолданылады.

Бұл жұмыста ССР-Қ реакторында тәжірибе жүргізу кезінде қондырғының басқару клапандарын және өлшеу құралдарын қашықтықтан мониторингілеу жүйесін құру мен жасаудағы шешуші міндеттерінің бірі қаралды.

Материалдар мен тәсілдер

1-суретте «CIRRA» қондырғысының принциптік сызбасы көрсетілген. Қондырғының негізгі бөлігі – эксперименттік ампулалық құрылғы (AD). Ампулалық құрылғы ССР-Қ реакторының белсенді аймақ (CC) ортасы деңгейінде сыналатын үлгінің орналасуын қамтамасыз ете отырып, жүктеу каналына (DC) орнатылады. Сәулеленген сынамалардан бөлінетін газдарды бөліп алу үшін бүкіл жүйені сорып шығаратын TV-301 турбомолекулалық сорғы және IDP-3 (Agilent Technologies) құрғақ спиральды сорғысы негізіндегі жоғары вакуумды TPS-Compact (TPS) жоғары вакуумды сорғы станциясы қолданылады. Сондай-ақ, қондырғы өлшеу жабдықтарымен жабдықталған. Оған мыналар кіреді: реактор эксперименті кезінде қондырғының қуысындағы қалдық газдарды талдауға арналған RGA-100 (MS) квадрупольды масс-спектрометр; қысым датчиктері (P); термопара (T). Өлшеу жабдығы реакторды сынау кезінде қондырғы жүйелерінің параметрлерін қашықтықтан басқаруды, өлшеуді және тіркеуді қамтамасыз етуі керек. Қондырғының электр құрылғылары ССР-Қ реакторының жоғарыдағы бөлімінде «Домик ТМН» кодтық атауымен орнатылған (1 суретте ол қызыл нүктелі сызықпен көрсетілген): қысым датчиктері (P1–P2), термопаралар (T1–T2), вакуумды электрлік клапандар (V1–V4), сонымен қатар сорғы станциясы және масс-спектрометр. Оператордың қауіпсіз жұмысын қамтамасыз ету үшін сәулелендіру тәжірибелері кезінде қондырғының электр құрылғыларын желі арқылы қашықтықтан басқару (IP-хаттамасы) жүзеге асырылды.



AD – ампулалық құрылғы; DC – жүктеу арнасы; S – үлгі, CC – белсенді аймақ ортасы, T – термопара, V – вакуумдық клапан; P – қысым датчигі;

TPS – турбомолекулалық сорғы; MS – масс-спектрометр

Сурет 1 – ССР-Қ реакторындағы ЯР және ТЯР материалдарынан газдың бөлінуін зерттеуге арналған қондырғының сызбасы

Аналогты-сандық түрлендіргіш E14-140M

E14-140M [11] (2-сурет) – бұл USB-интерфейс арқылы дербес компьютерге қосылған шағын өлшемді көпфункционалды өлшеу модулі және сандық асинхронды кіріс-шығуды қамтамасыз ететін каналдарды мультиплекстеуімен тұрақты жақындайтын көпканалды АЦП құрайды.

E14-140M модулі аналогтық деректерді жинауға, сондай-ақ сыртқы құрылғылардың күйін сандық бақылауға және қадағалауға арналған көпканалды өлшеу жүйелерін құруға арналған. Модульдің кішігірім өлшемдері және кең таралған USB интерфейсін қолдану E14-140M-ді жоғары қозғалғыштықты қажет ететін өрістік өлшеуді ұйымдастыруға ыңғайлы етеді. Модульде аналогтық кірістердің процессордан және сыртқы басқару сызықтарынан гальваникалық оқшаулауы жоқ.

E14-140M тұтынушылық қасиеттері:

– АЦП 14 бит 200 кГц-ке дейін, 16 коммутациялық каналдар, $\pm 10,0$ В ішкі құрылымдар; $\pm 2,5$ В; $\pm 0,6$ В; Деректерді асинхронды және синхронды алу режимі үшін: 0,15 В (ANALOG);

– Асинхронды сандық енгізу 16 бит, шығыс 16 биттік мәліметтер (DIGITAL);

– АЦП синхрондаудың жетілдірілген режимдері, мәліметтерді жинау мен жеткізуді бастау: көп модульді синхрондау, аналогтық және цифрлық сигнал бойынша синхрондау;

– AT91SAM7S ARM-контроллеріне (бақылағышына) негізделген E14-140M ішкі басқару архитектурасы (48 МГц ядросы, 64 кБ RAM, USB, JTAG қолдауы);

– Оны нақты уақыт режиміндегі (тәртібіндегі) алгоритмдерді жүзеге асыру үшін +5 В сыртқы қуат көзі бар нұсқада дербес деректерді жинау және басқару құрылғысы ретінде пайдалануға болады;

– ARM-контроллерінің төмен деңгейлі бағдарламалау мүмкіндігі, соның ішінде JTAG эмуляторын қолдану мүмкіндігі қарастырылған.

АЦП 16 аналогтық дифференциалды каналдардан немесе жалпыға ортақ 32 жалғыз каналдардан жауап ала алады.



Сурет 2 – E14-140M АЦП сыртқы көрінісі

Клапандарды басқару контроллері

Бөлімнің вакуумдық жүйесі EDWARDS фирмасының электрмен басқарылатын төрт LCPV16EKA клапанын қолданады (а-суреті). Клапан жетегі 24В тұрақты немесе айнымалы кернеуде жұмыс істеуге арналған және клапанды ашық ұстау режимінде (72 Вт) және 200 мА (5 Вт) қосқан кезде 3А ток күшін тартады. Жүйедегі клапандарды пайдалану үшін тұрақты шығу кернеуі 24В және қуаты 250Вт болатын S-250-24 сыртқы қуат көзі қолданылады (3-б және 5-суреттер).



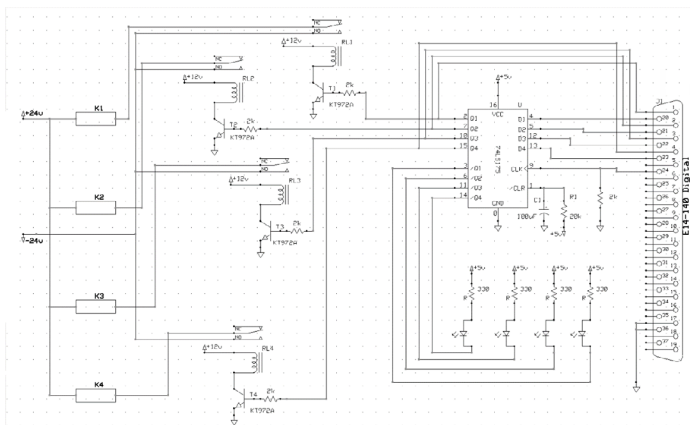
а)

б)

Сурет 3 – а) LCPV16EKA электр вакуумдық клапаны (EDWARDS);
б) S-250-24 қуат блогы (24В, 250 Вт)

E14-140M модулінің төмен қуатты цифрлық шығуларын қондырғының вакуумдық жүйесінің электр вакуумдық клапандарының К1÷К4 басқару

үшін, жеткілікті деңгейге дейін күшейту үшін төрт клапанды басқару сигналдарының ағымдағы күйін және оларды күшейтуді сақтау үшін, буферлік (аралық) клапан реттегішінің схемасы жасалды. К1÷К4 клапандарын басқару схемасы 4-суретте көрсетілген.



Сурет 4 – Вакуумдық клапан реттегішінің сызбасы

Е14-140М модулінің шығыстарынан 4 биттік сөз түріндегі басқару апараты (логикалық «1» – ашық клапан, логикалық «0» – жабық) Е14-140М модулінің Digital коннекторының (DO1÷DO4) сәйкес шығуларында орнатылады және төрт разрядты жад құрылғысының D1 ÷ D4 кірістері (D-триггер микросхемасы 74175, K155TM8 аналогы), онда DO5 шығысынан сәйкес команда (тапсырма) жіберілгеннен кейін сақталады, ал Q1÷Q4 шығыстарынан T1÷T4 шығыс транзисторларының негіздеріне беріледі. Транзисторлық коллекторлар +12В қуат шинасына RL1÷RL4 төмен ток релесінің орамдары арқылы қосылады. Осылайша, Q1÷Q4 шығысындағы сигналдың жоғары деңгейі сәйкес T1÷T4 транзисторларын ашады, ал төменгі деңгей RL1÷RL4 релесін қосып/өшіріп, оларды жабады. RL1÷RL4 релесі іске қосылған кезде олардың жұмыс істейтін түйіспелері жабылады және +24V қуат жұмыс клапандарының дроссельдеріне беріледі K1÷K4. RL1÷RL4 төмен ток релелерін пайдалану K1÷K4 клапандарының электр тізбектерінің контроллер тізбегінің қалған бөлігінен гальваникалық оқшаулауын жасайды және K1÷K4 дроссельдерінің жұмысынан туындайтын қуатты коммутациялық шудың әсерін азайтуға мүмкіндік береді. K1÷K4 клапандарының ашық күйі контроллердің алдыңғы панеліндегі жасыл жарық диодтарымен көрсетілген (4-сурет), сонымен қатар Е14-140М модулінің (айнымалы күйі) DI1÷DI4 (контактілер 1÷4) цифрлық кірістеріне басқару үшін беріледі және терезенің оң

жағында басқару бағдарламалары (Status өрісі) көрсетіледі. К1÷К4 клапандары контроллердің артқы жағындағы терминал блогына қосылған.

Клапандар төменде сипатталған K4Argus.exe бағдарламасымен жасалады, сипаттамасы төменде көрсетілген.

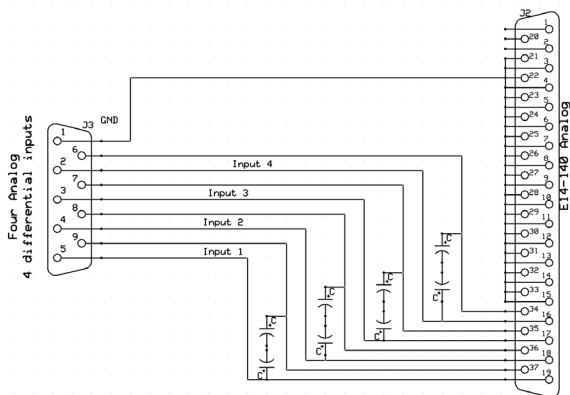


Сурет 5 – S-250-24 қуат блогы бар және К3 клапаны қосылған клапан реттегіші

Аналогтық сигналдарды қосу

Контроллерде төрт аналогтық сигналдың дифференциалды қосылуы қолданылады. Сигналды дифференциалды схема (сызба) бойынша қосу кезінде екі канал кірісі арасындағы кернеу айырмашылығын өлшейді. Осындай байланыста жалғаушы сымдарда пайда болатын шу кем дегенде 60 дБ-ге дейін төмендетіледі. Дифференциалды күшейткіштің дұрыс жұмыс істеуі үшін әрбір кіріс потенциалының жерге қатысты (фазалық кернеуі) көрсетілген кіріс диапазонынан (+/- 10 В) аспауы қажет. Әрбір сигнал көзі сәйкес каналға екі сыммен қосылады. Төңкерілмейтін АЦП кірістері (ANALOG коннекторының 37÷22 қосқыштары) сигнал көздерінің шығыс терминалдарына қосылады, ал инверсиялы АЦП кірістері (ANALOG коннекторының 19÷4 қосқыштары) тікелей сигнал көзі корпусында жерге тұйықталады. Жалпы жерге тұйықталу жеке сыммен жүзеге асырылады.

Біздің жағдайда 16 мүмкін болатын төрт аналогтық канал ғана пайдаланылады, сондықтан қосымша кірістер (33÷22 және 15÷4 қосқыштар) жерге негізделген, яғни, E14-140М модулінің ANALOG коннекторының 3 және 21 қосқыштарына қосылған. Каналдарды қосу схемасы (сызбасы) 6-суретте көрсетілген. С1-С8 конденсаторлары 100 Гц жоғары жиіліктегі кедергі деңгейін төмендетуге арналған.



Сурет 6 – ANALOG (модуль E14-140M) қосқышын сыртқы «ANALOG Input» қосқышпен байланысының схемасы (сызбасы)

4 сыртқы сигнал (4 жұп, 8 сым) контроллердің артқы панеліндегі «ANALOG Input» қосқышына (DB-9 типі) қосылған.

Кесте 1 – DB-9 «ANALOG Input» қосқышы контактілерінің тағайындалуы

Контакт	Тағайындалуы	Контакт	Тағайындалуы
1	Ортақ		
9	«+» Канал I	5	«->» Канал I
8	«+» Канал II	4	«->» Канал II
7	«+» Канал III	3	«->» Канал III
6	«+» Канал IV	2	«->» Канал IV

4K_Argus қондырғысын бақылау және мониторингілеу жүйесінің басқару бағдарламасы

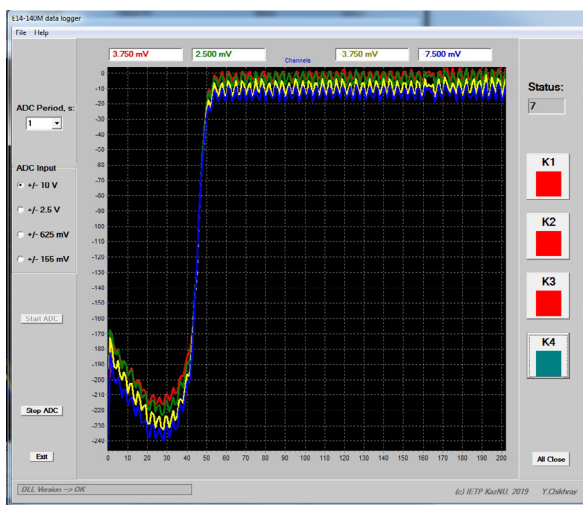
4KArgus.exe бағдарламасы Borland Delphi-7 ортасында E14-140M және Lusbapi.dll кітапханасымен жабдықталған USB драйверлерін қолданып жасалған. Оны алдымен компьютерге E14-140M АЦП және 4KArgus.exe бағдарламасымен жұмыс істейтін етіп орнату керек.

Өлшенетін мәліметтер массивтерін графикалық түрде көрсету үшін бағдарлама Delphi-де Microsoft Visual C-дегі ұқсас графикалық құралдарға қарағанда әлдеқайда ыңғайлы жоғары дамыған TChart графикалық объектілерін (нысандарын) қолданады.

7-суретте +/- 10 В сигнал диапазонында төрт аналогтық сигналдарды мониторингілеу кезіндегі 4KArgus бағдарламасының жұмыс терезесі көрсетілген.

Бағдарламада бір терезелі интерфейс және қарапайым мәзір бар. Бағдарлама терезесінің ортасында графикалық өріс және графиктің жоғарғы жағында төрт жазылған аналогтық сигналдарды шығаруға арналған төрт мәтін өрісі орналасқан. Бірінші арна қызыл, екіншісі жасыл, үшіншісі сары, төртіншісі көк. Сол жақта аналогтық тіркеу параметрлерін басқару панелі, оң жақта – K1-K4 клапандарының басқару панелі орналасқан.

Іске қосылған кезде бағдарлама жүйеде Lusbari кітапханасының дұрыс нұсқасын тексереді. «Файл» мәзірінде E14-140M АЦП таңдалған каналдарының оқуларындағы өзгерістер журналы жазылатын мәтіндік файлдың аты орнатылады. Тіркеу кезінде файлдың аты бағдарламаның төменгі күй жолағында көрсетіледі. Егер аты көрсетілмесе, онда ақпарат тек диаграммада көрініс табады, мәліметтер файлға жазылмайды. Бағдарлама әрқайсысы 100000 нүктеге дейінгі төрт массивті жадыда сақтауға мүмкіндік береді, бұл 60 секундтық жазу интервалымен шамамен 70 күнге созылатын процестерді (үрдістерді) тіркеуге мүмкіндік береді.



Сурет 7 – Тіркеу кезіндегі 4KArgus бағдарламасының терезесі.
K4 клапаны – ашық, K1÷K3 – жабық

4KArgus бағдарламасының негізгі басқару элементтері бағдарлама терезесінің бүйірлік панельдерінде орналасқан. Оң жақ панельде K1-K4 клапандарының төрт басқару батырмасы бар, олардың әрқайсысын басу (тышқанды шерту) сәйкес вакуум клапанына қосады (ашады) немесе өшіреді (жабады). Түйменің түсі әр басқаннан кейін циклдік түрде өзгереді және

сәйкес клапанның күйін көрсетеді: қызыл – клапан жабық, жасыл – клапан ашық. Төменде барлық клапандарды бірден жабуға арналған «Бәрін жабу» батырмасы бар. Сондай-ақ, клапандардың күйі Status өрісінде сандық түрде көрсетіледі. «0» – «барлығы ашық», «15» – барлығы жабық күйіне сәйкес келеді. Бірнеше клапандар жабылған кезде олардың Status айнымалысына қосқан үлестері қорытындыланады.

Өлшеу кезінде әр канал үшін ағымдағы кернеу мәні графикалық өрістің үстінде цифрлық түрде көрсетіледі.

Кесте 2 – Status айнымалысындағы клапанның жабылу салмағы

Клапан	Жабық	Ашық
К1	1	0
К2	2	0
К3	4	0
К4	8	0

Қорытынды

4К_Аргус электр клапандарын бақылау және өлшеу құрылғыларынан алынған деректерді автоматтандырылған қашықтықтан мониторингілеу жүйесі жасалды. Бұл жүйе толығымен енгізіліп, ССР-Қ реакторы негізінде құрылған атомдық және ТЯР материалдардан газдың бөлінуін зерттейтін «CIRRA» қондырғысына біріктірілген.

4К_Аргустың негізгі артықшылықтары:

– реакторлық тәжірибелер кезінде қондырғының барлық жүйелерін басқаруға бір оператор жеткілікті;

– сәулелендіру тәжірибелері кезінде оператордың қауіпсіз жұмысын қамтамасыз етеді;

– төтенше жағдайларға (ағып кету, қызып кету және т.с.с.) жедел ден қоюға мүмкіндік береді және сорғы станциясы мен өлшеу жабдығы жұмысының бұзылу қаупін азайтады.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Тажиаева, И. Л.** Процессы переноса водорода в конструкционных материалах в поле ионизирующего излучения: (автореферат дис. доктора физико-математических наук: 01.04.07.). – Алматы, 1997. – 47 с.: ил.

2 **Кульсартов, Т. В.** Методика и аппаратное обеспечение проведения длительных реакторных экспериментов по исследованию выделения трития из материалов твердотельных бланкетов ТЯР (автореф. дис. канд. физ.-мат. наук: 01.04.01: защищена 24.04.10; утв. 04.05.10). – Алматы, 2010. – 119 с.

3 **Lemmens, K., González-Robles, E., Kienzler, B., Curti, E., Serrano-Purroy, D., Sureda, R., Martínez-Torrents, A., Roth, O., Slonszki, E., Mennecart, T., Günther-Leopold, I., Hózer, Z.** Instant release of fission products in leaching experiments with high burn-up nuclear fuels in the framework of the Euratom project FIRST- Nuclides, *Journal of Nuclear Materials*, Volume 484, February 2017, P. 307–323.

4 **Burkes, E. D., Casella, J. A., Casella, A. M.** Measurement of fission gas release from irradiated U-Mo dispersion fuel samples, *Journal of Nuclear Materials*, Volume 478, September 2016, P. 365–374.

5 **Chikhay, Y., Shestakov, V., Kulsartov, T., Tazhibayeva, I., Kawamura, H., Kuykabaeva, A.** Measurement system for in-pile tritium monitoring from Li₂TiO₃ ceramics at WWRK reactor. *Journal of Nuclear Materials*, Volume 367–370 (2007), P. 1028–1032.

6 **Chakin, V., Rolli, R., Vladimirov, P., Moeslang, A.** Tritium and helium release from beryllium pebbles neutron-irradiated up to 230 appm tritium and 3000 appm helium, *Nuclear Materials and Energy*, Volume 9, December 2016, P. 207–215.

7 **Matthias, H., Kolb, H., Rolli, R., Knitter, R.** Tritium adsorption/release behaviour of advanced EU breeder pebbles, *Journal of Nuclear Materials*, Volume 489, June 2017, P. 229–235.

8 **Ran, G., Xiao, Ch., Chen, X., Gong, Y., Kang, Ch., Wang, X.** Correlation between the processes of water desorption and tritium release from Li₄SiO₄ ceramic pebbles, *Journal of Nuclear Materials*, Volume 466, November 2015, P. 316–321.

9 **Kentaro O., Yuki E., Yoshinori K., Tsuyoshi H., Masayuki O., Satoshi S., Chikara K.** Experimental investigation on tritium release from lithium titanate pebble under high temperature of 1073 K, *Fusion Engineering and Design*, Volumes 98–99, October 2015, P. 184–1846.

10 **Til, S.van., Magielsen, A. J., Stijkel, M. P., Cobussen, H. L.** Out of pile tritium release behaviour and microscopic investigation of lithium metatitanate irradiated in the High Flux Reactor in Petten, *Fusion Engineering and Design*, Volume 85, Issues 7–9, December 2010, P. 1143–1146.

11 Внешний модуль АЦП/ЦАП/ТТЛ на шину USB [Электронный ресурс]. – https://www.lcard.ru/download/e14_440_users_guide.pdf.

References

1 **Tazhibaeva, I. L.** Protsessy perenosa vodoroda v konstruktsionnykh materialakh v pole ioniziruiushchego izlucheniia. [Tazhibaeva, I. L. Processes of hydrogen transport in structural materials in the field of ionizing radiation]. (avtoreferat dis. doktora fiziko-matematicheskikh nauk: 01.04.07.). – Almaty, 1997. – 47 p.: il.

2 **Kulsartov, T. V.** Metodika i apparaturnoe obespechenie provedeniia dlitelnykh reaktornykh eksperimentov po issledovaniu vydeleniia tritiia iz materialov tverdotelnykh blanketov TYR. [Kulsartov, T. V. Methodology and hardware support for conducting long-term reactor experiments on the study of tritium isolation from materials of solid-state TRP blanks] (avtorev.dis. kand. Fiz-mat nauk: 01.04.01: zashchishchena 24.04.10: utv. 04.05.10). – Almaty, 2010. – 119 p.

3 **Lemmens, K., González-Robles, E., Kienzler, B., Curti, E., Serrano-Purroy, D., Sureda, R., Martínez-Torrents, A., Roth, O., Slonszki, E., Menecart, T., Günther-Leopold, I., Hózer, Z.** Instant release of fission products in leaching experiments with high burn-up nuclear fuels in the framework of the Euratom project FIRST- Nuclides, Journal of Nuclear Materials, Volume 484, February 2017, P. 307–323.

4 **Burkes, E. D., Casella, J. A., Casella, A. M.** Measurement of fission gas release from irradiated U-Mo dispersion fuel samples, Journal of Nuclear Materials, Volume 478, September 2016, P. 365–374.

5 **Chikhray, Y., Shestakov, V., Kulsartov, T., Tazhibayeva, I., Kawamura, H., Kuykabaeva, A.** Measurement system for in-pile tritium monitoring from Li₂TiO₃ ceramics at WWRK reactor. Journal of Nuclear Materials, Volume 367–370 (2007), P. 1028–1032.

6 **Chakin, V., Rolli, R., Vladimirov, P., Moeslang, A.** Tritium and helium release from beryllium pebbles neutron-irradiated up to 230 appm tritium and 3000 appm helium, Nuclear Materials and Energy, Volume 9, December 2016, P. 207–215.

7 **Matthias, H., Kolb, H., Rolli, R., Knitter, R.** Tritium adsorption/release behaviour of advanced EU breeder pebbles, Journal of Nuclear Materials, Volume 489, June 2017, P. 229–235.

8 **Ran, G., Xiao, Ch., Chen, X., Gong, Y., Kang, Ch., Wang, X.** Correlation between the processes of water desorption and tritium release from Li₄SiO₄ ceramic pebbles, Journal of Nuclear Materials, Volume 466, November 2015, P. 316–321.

9 **Kentaro O., Yuki E., Yoshinori K., Tsuyoshi H., Masayuki O., Satoshi S., Chikara K.** Experimental investigation on tritium release from lithium titanate pebble under high temperature of 1073 K, Fusion Engineering and Design, Volumes 98–99, October 2015, P. 184–1846.

10 **Til, S.van., Magielsen, A. J., Stijkel, M. P., Cobussen, H. L.** Out of pile tritium release behaviour and microscopic investigation of lithium metatitanate irradiated in the High Flux Reactor in Petten, Fusion Engineering and Design, Volume 85, Issues 7–9, December 2010, P. 1143–1146.

11 Vneshnyi modul ASZP/SZAP/TTL na shinu USB [Elektronnyi resurs]. – https://www.lcard.ru/download/e14_440_users_guide.pdf.

М. А. Абдила¹, Е. В. Чихрай¹, С. К. Аскербеков^{1,2},

А. М. Аханов², А. Н. Бергузинов³

Система мониторинга и управления клапанами установки «CIRRA» ВВР-К при проведении облучательных экспериментов

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби,

г. Алматы, Республика Казахстан;

²РГП ИЯФ МЭ РК,

г. Алматы, Республика Казахстан;

³Торайғыров университет,

г. Павлодар, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 19.03.21.

M. A. Abdilla¹, E. V. Chikhray¹, S. K. Askerbekov^{1,2},

A. M. Axanov², A. N. Berguzinov³

Monitoring and control system for valves of the «CIRRA» WWR-K installation during irradiation experiments

¹Al-Farabi Kazakh National University,

Almaty, Republic of Kazakhstan;

²INP ME RK, Almaty, Republic of Kazakhstan;

³Toraighyrov University,

Pavlodar, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.03.21.

Работа посвящена созданной системе автоматизированного удаленного управления клапанами и мониторинга 4-х аналоговых датчиков температуры и давления вакуумной системы установки по исследованию газовой выделению из материалов ЯР и ТЯР – «CIRRA» на реакторе ВВР-К. Данная система, с рабочим названием 4К_Аргус, разработана и создана на базе многоканального аналогово-цифрового преобразователя Е14-140М, имеющего аналоговые, и цифровые линии ввода-вывода.

Ключевые слова: газовыделение, облучение, реактор, ТЯР.

The work is devoted to the created system of automated remote control of valves and monitoring of 4 analog temperature and pressure sensors of the installation vacuum system for the study of gas release from fission and fusion materials – «CIRRA» at the WWR-K reactor. The system, with the working name 4k_Argus, was developed and created based on a multi-channel analog-to-digital converter E14-140 M, which has analog and digital o/I lines.

Keywords: gas release, irradiation, reactor, fusion reactors.

Теруге 19.03.2021 ж. жіберілді. Басуға 29.03.2021 ж. қол қойылды.
Электрондық баспа
17,4 Мб RAM
Шартты баспа табағы 21,0. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. К. Шукурбаева
Корректор: А. Р. Омарова
Тапсырыс № 3746

Сдано в набор 19.03.2021 г. Подписано в печать 29.03.2021 г.
Электронное издание
17,4 Мб RAM
Усл. печ. л. 21,0. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. К. Шукурбаева
Корректор: А. Р. Омарова
Заказ № 3746

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
«Торайғыров университет»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
«Торайғыров университет»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
8 (7182) 67-36-69
E-mail: kereku@tou.edu.kz
www.vestnik.tou.edu.kz