

Industry 4.0 технологияларын оқыту мақсатында Қазақстанда техникалық мамандықтар бойынша бакалаврларды даярлау үшін робототехникалық кешенін жасау (Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті тәжірибесі негізінде)

¹***ТОХМЕТОВА Куралай Муратбековна**, аға оқытушы, kuralay_tokhmetova@mail.ru,

¹**ФЕШИН Борис Николаевич**, т.ғ.д., профессор, bfeshin@mail.ru,

¹**КОБЫЛАНДЫ Аслан Арманұлы**, магистрант, a_kobylandy@mail.ru,

¹**БАЙҒҰЛ Аяжан Сырымқызы**, магистрант, ayazhan.baygulova@mail.ru,

¹**НУРМАГАМБЕТОВА Гульмира Сахитовна**, аға оқытушы, gulmira_gulmirka@mail.ru,

¹«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің Өндірістік процестерді автоматтандыру кафедрасының 126 аудиториясында орналасқан «Festo мехатрондық желісі» оқу стенді қарастырылған. Стенд «Автоматтандыру және басқару» білім беру бағдарламасының магистранттары мен докторанттарының бірнеше дипломдық жобаларының және диссертацияларының зерттеу объектісі болып табылады. Берілген оқу стенді университет жабдықтарының базасында Industry 4.0 технологиялары мен техникалық шешімдеріне сәйкес интеллектуалды роботтық техникалық және мехатрондық кешендерді және оларды оқытуға арналған. «FESTO мехатрондық желісі» оқу стендінде Industry 4.0 тұжырымдамасының 4 технологиясы жүзеге асырылды. Мұндай роботтық кешендерді құру ЖОО-ның жоғарғы курс студенттері мен магистранттарды оқытуға, сондай-ақ мамандар мен кадрларды қайта даярлау және біліктілігін арттыруға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: оқыту, жоғары білім, технология, мамандарды даярлау, Industry 4.0, жасанды интеллект, ақпараттық технологиялар, киберфизикалық жүйелер, роботтық техникалық, мехатрондық желі, оқу стенді, робот-манипулятор, конвейер, басқару жүйесі, контроллер.

Кіріспе

Industry 4.0 тұжырымдамасын дамыту жасанды интеллект жүйелерінің көмегімен технологиялық жабдықтар мен процесті тікелей басқаруға негізделген киберфизикалық жүйелерді құруды көздейді.

Бастапқыда Германияда басталған төртінші индустриялық революция Industry 4.0 бүгінде әлем назарын аударып келеді. Қазіргі таңда «заттар интернеті» (IoT), киберфизикалық жүйелер, жасанды интеллект, ақпараттық-коммуникациялық технологиялар және өндірістік процесстерді автоматтандыру мен роботтандыру тікелей төртінші

индустриялық революциямен тығыз байланысты. Атап айтқанда, Industry 4.0 тұжырымдамасы негізі болып табылатын «заттар интернеті» құру мен енгізу нәтижесі техникалық және бизнес процестерді біріктіруге әкеп соқтырады. Бұл тұжырымдаманы жүзеге асыру үшін [1-3]:

- біртұтас идеологиялық негізде интеграцияланған ақпараттық технологияларды (АТ) қолдау арқылы бірыңғай коммуникациялық құрылымды құру;

- автоматтандырылған жүйелерді АТ жүйелерімен біріктіру;

- физикалық және виртуалды мүмкіндік-

терді біріктіретін модульдік үлестірілген интеллектуалды жүйелерді құру;

- интеллектуалды жүйелерді өзін-өзі ұйымдастыру қабілетімен қамтамасыз ету;

- Industry 4.0 міндеттерін шешу үшін мамандарды даярлау мен қайта даярлаудың интеграцияланған жүйесін құру қажет.

Industry 4.0 – бұл озық технологиялар мен цифрлық инновацияларды енгізумен байланысты өндіріс саласының дамуындағы жаңа дәуірді сипаттайтын тұжырымдама [4].

Колледждер мен университеттерде білім беру процесінде төртінші индустриялық революцияның тұжырымдамасын оқыту еліміздегі өндірістік процестердің тиімділігін арттыруға шешуші серпін береді. Бұл тұжырымдаманы іске асыру жоғары оқу орындарында (ЖОО) болашақ мамандарды даярлаудың қолданыстағы оқу бағдарламаларын және өндірістерде мамандар мен кадрларды қайта даярлаудың әдістері мен технологияларын түбегейлі өзгертуді талап етеді.

Industry 4.0 тұжырымдамасының қарқынды даму динамикасын ескере отырып, колледждер мен университеттерге бұл саладағы жаңа инновациялық шешімдерді тез енгізу, қолданыстағы оқу-әдістемелік және зертханалық кешендерін дамыту өте маңызды болып көрінеді.

Алайда, төртінші индустриялық революцияның қарқынды дамуына қарамастан, бұл саладағы соңғы жетістіктер мен жаңа технологиялар еліміздің колледждер мен ЖОО-да, атап айтқанда техникалық бағыттар бойынша бакалаврлар дайындайтын ЖОО-да толықтай жүйелі түрде оқытылмайды.

Бұл мәселенің бірден-бір шешімі – университет жабдықтарының базасында Industry 4.0 технологиялары мен техникалық шешімдеріне сәйкес интеллектуалды роботтық техникалық және мехатрондық кешендерді және оларды оқытуға арналған оқу-әдістемелік қамтамасыз етуді құру болып табылады [5].

Берілген мақалада зерттеу объектісі ретінде Industry 4.0 технологиялары мен техникалық шешімдеріне толықтай сәйкес келетін «FESTO мехатрондық желісі» оқу стенді қарастырылады. Оқу стенді Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің «Өндірістік процестерді автоматтандыру» кафедрасының «ҚарТУ – Mitsubishi Electric – KAZPROM АВТОМАТИКА» авторитарлы оқу орталығында орналасқан.

«Festo мехатрондық желісі» оқу стенді

«FESTO мехатрондық оқу желісі» стенді – Industry 4.0 тұжырымдамасының технологияларына негізделген интеллектуалды автономды роботтық техникалық жүйе.

Стендтің құрамына екі конвейер желісі, робот-манипулятор және бұрғылау механизмі кіреді. Аталмыш стендте өнімдерді бұрғылау және оларды түс бойынша сұрыптау процестері орындалады. 1-суретте «FESTO мехатрондық оқу желісі» стендінің сыртқы бейнесі көрсетілген.

Орындалатын технологиялық процестерге сәйкес стенд 3 станциядан тұрады: өнімдерді тасымалдау станциясы, өнімдердің түсін және материалын анықтау/ажырату станциясы және өнімді бұрғылау станциясы.

Стендтегі өнімдерді өңдеу процесі автоматты түрде робот-манипулятордың көмегімен бөлшектерді қоймадан жылжытудан басталады. Әрмен қарай робот-манипулятор өнімді ажырату станциясындағы конвейерге орналастырады. Конвейердің бойындағы жарық кедергісінен өткенде өнімнің түсі мен материалы анықталады. Бұл ретте өнімнің үш түсі мүмкін болады: қызыл, металл және қара. Келесі ретте өнім ажырату станциясында орналасқан оптикалық датчиктен өтеді. Оптикалық датчик өнімнің тұтастығын, яғни ақаудың жоқтығын тексереді. Берілген өнім ажырату станциясындағы конвейерге қайта орналастырылады және келесі бұрғылау станциясының конвейеріне өтеді. Бұл жерде бұрғылау процесі орындалады. Бұрғылау процесі аяқталғаннан кейін дайын өнім робот-манипулятордың көмегімен түсіне сәйкес қоймаларға орналастырылады. Сонымен қатар, стенд жұмыс істеп тұрған кезде «қате» және «апаттық» режимдер мүмкіндігі қарастырылған. Бұл режимдер «қоймада өнімнің болмауы» немесе «өнімдердің жалпы саны шамадан тыс болуы» жағдайларымен сипатталады. Бұл кезде пайдаланушы оператор қолмен басқару режимінде берілген жағдайларды түзету мүмкіндігіне ие болады.

«FESTO мехатрондық желісі» оқу стендінің басқару жүйесі

«FESTO мехатрондық желісі» оқу стендінің автоматтандырылған басқару жүйесінің негізін Mitsubishi Electric FX5U-32M бағдарламалаушы логикалық контроллері құрайды. FX5U-32M контроллері Mitsubishi Electric компаниясының роботтық техникалық және мехатрондық кешендерді басқару жүйелеріне бейімделген сенімділігі мен дәлдігі жоғары басқаруды талап ететін процестерді бағдарламалауға арналған заманауи контроллер болып табылады. Контроллердің сыртқы бейнесі 3-суретте көрсетілген.

Бағдарламалау және конфигурациялау үшін MELSOFT GX WORKS3 бағдарламалық жасақтамасы қолданылды. Басқару бағдарламасы IEC61131-3 стандартына кіретін релік логика (LAD) тілінде жазылған. 4-суретте *тасымалдау станциясының* басқару бағдарламасы листингісінің үзіндісі көрсе-



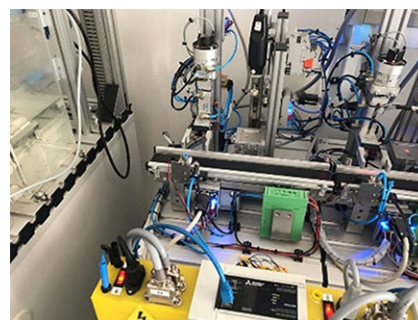
1-сурет – «FESTO мехатрондық желісі» оқу станді



а



б



в

а – тасымалдау станциясы; б – ажырату станциясы (өнімнің түсін және материалын ажырату);
в – бұрғылау станциясы

2-сурет – «FESTO мехатрондық оқу желісі» стандінің құрамына кіретін станциялар

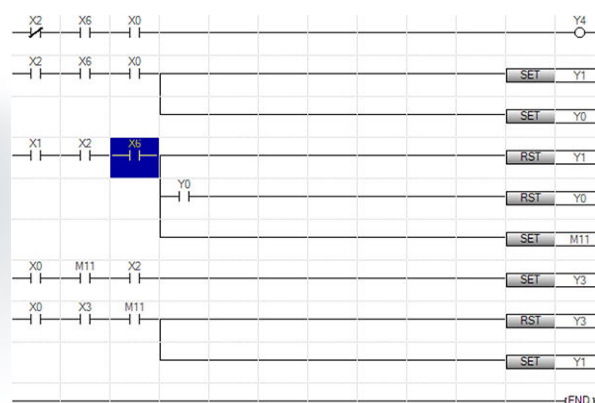


3-сурет – Mitsubishi Electric FX5U-32M бағдарламалаушы логикалық контроллері

тілген.

Зерттеу нәтижелері

Қазіргі таңда ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың дамуы, өндірістік процестерді автоматтандыру және роботтандыру Industry 4.0 технологиясы аясында жүзеге асырылуда. Мехатрондық және роботтық техникалық кешендер жеңіл, ауыр өндіріс және басқа салаларында күрделі технологиялық процестерді, атап айтқанда құрастыру, сұрыптау, тасымалдау, бұрғылау, дәнекерлеу, жапсырмаларды жапсыру, сырлау, таңбалау және басқа да көптеген операцияларды орындайды. Берілген мехатрондық және роботтық техникалық кешен-



4-сурет – GX WORKS3 бағдарламалық жасақтамасында жасалынған тасымалдау станциясының LAD тіліндегі басқару бағдарламасы листингінің үзіндісі

дер икемді автоматтандырылған өндіріс құрамына кіріп, цифрландыру мен дербестіктің жоғары деңгейімен сипатталатын «ақылды фабрика» жүйесінің негізін құрайды. Мұндай өндіріс жүйесі өз қызметін дербес реттейді, интеллектуалды құрылғыларды қолдана отырып, тапсырыс бойынша жасалған өнімдерді минималды шығындармен және кең көлемде жеткізеді [5-7].

Бүгінгі таңда «ақылды фабрика» жүйесін жасау Industry 4.0 тұжырымдамасының негізі тоғыз технологияларына сүйенеді.

«FESTO мехатрондық желісі» оқу стендінде осы тұжырымдаманың 4 технологиясы жүзеге асырылды.

Кешенді цифрлық егіз технологияларға негізделген автоматтандырылған жүйе

Кешенді цифрлық егіздер Industry 4.0 жағдайында кез-келген типтегі кәсіпорынның өндірістік-сервистік жүйелерінің негізгі элементтері болып табылады. Функционалдық мүмкіндіктері жағынан кешенді цифрлық егіздер технологиясы барлық агрегаттау технологияларының жиынтығын құрайды, сонымен қоса, деректерді модельдеу, талдау және визуализациялау мүмкіндіктеріне ие. Бұл ретте «FESTO мехатрондық желісі» оқу стендінде әзірленген визуализация, яғни SCADA-жүйесі толыққанды кешенді цифрлық егіз технологиясы негізінде жұмыс жасайды. Кешенді цифрлық егіз технологиясы SCADA-жүйесі арқылы стендтің атқарушы құрылғылары мен өлшеу құрылғыларының күй-жағдайын және өнімнің сапасын қадағалайды және басқарады.

«FESTO мехатрондық желісі» оқу стенді үшін SCADA-жүйесі Ресейлік MasterSCADA 3.x. ортасында web-сервер негізінде жасалынған.

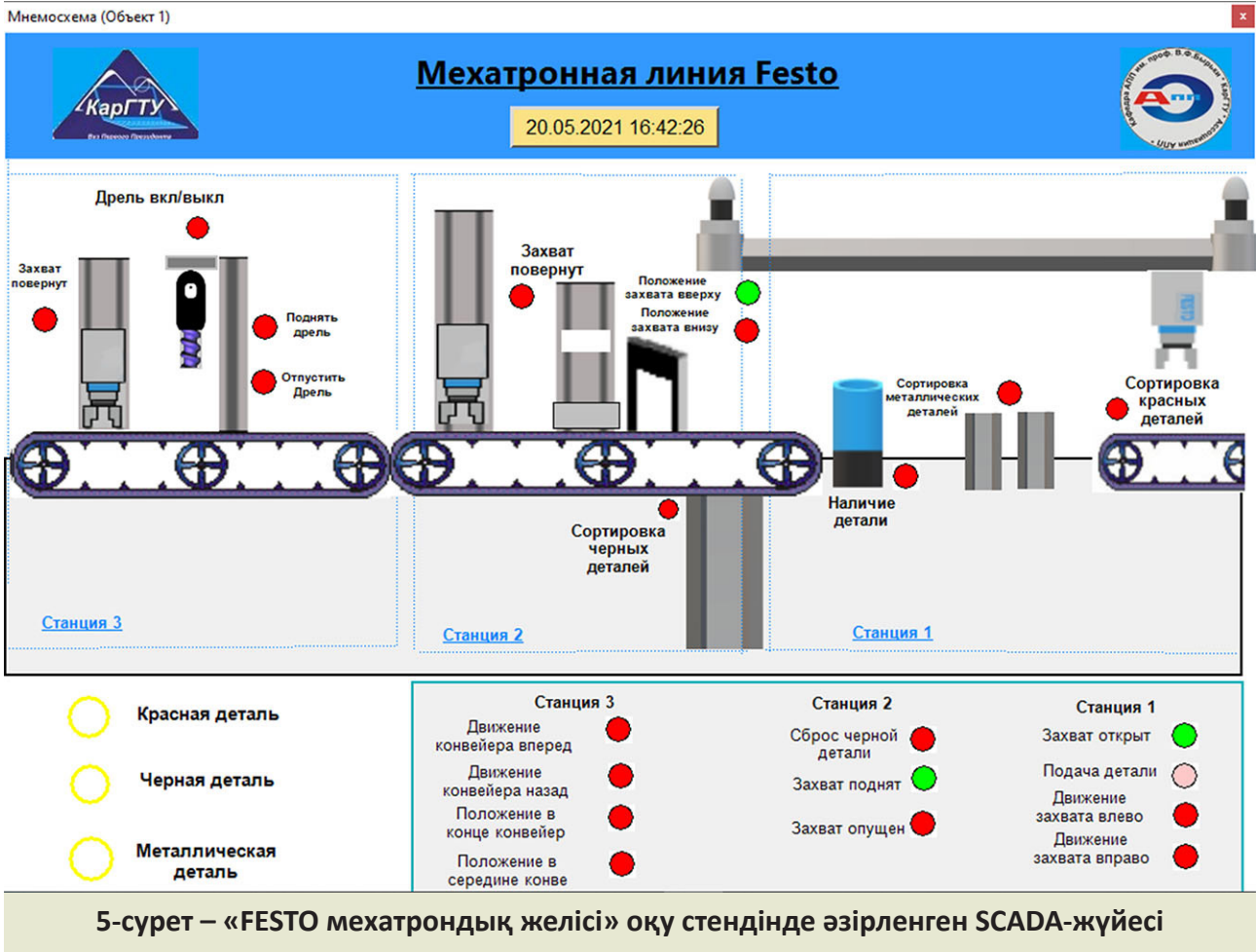
SCADA-жүйесінің терезесінде, яғни мнемосұлбада нақты уақыт режимінде стендтің атқарушы құрылғылары мен өлшеу құрыл-

ғылары, атап айтқанда конвейерлер, робот-манипулятор, бұрғылау модулі және датчиктер, олардың жұмыс күйі, сондай-ақ конвейер бойында орналасқан өнімнің түсі, материалы және саны туралы ақпарат көрсетіледі. SCADA-жүйесі процестің атқарушы құрылғылары мен өлшеу құрылғылары күйіне сауалнама жүргізеді және өңдейді, оларды қысқа мерзімді мұрағатта сақтайды, апаттық хабарламаларды әзірлейді, оларды электрондық пошта арқылы операторға жібереді және оқиғалар журналын қалыптастырады.

5-суретте «FESTO мехатрондық желісі» оқу стендінде әзірленген SCADA-жүйесінің мнемосұлбасы көрсетілген. Сонымен қатар, әзірленген SCADA-жүйесі негізінде оператор ақаулы жағдайды дәл анықтау, ықтимал ақауларды болжау және жұмыс уақытын ұзарту мүмкіндіктеріне ие болады. 6-суретте оқу стендінің жұмыс барысындағы атқарушы құрылғылары мен өлшеу құрылғылары күйі көрсетілген.

Технологиялық процесті қашықтықтан басқару және бақылау

«FESTO мехатрондық желісі» оқу стендінің автоматтандырылған басқару жүйесі үшін қашықтықтан адам-машиналық интерфейсі, яғни оператор панелі және смартфон не планшет арқылы басқару функциялары жүзеге асырылған. Бұл стендте орындалатын технологиялық процестерді ара қашықтықтан тиімді әрі дәл басқару мүмкіндігін береді. 7-суретте «FESTO мехатрондық желісі» оқу стенді үшін әзірленген Mitsubishi GOT2000 панель операторы (HMI) көрсетілген. Панель операторы арқылы стендті автоматты түрде қосу, өшіру мүмкіндігімен қоса, атқарушы құрылғыларды, мысалы конвейерді қолмен іске қосуға және тоқтатуға болады, сонымен қоса графикалық интерфейсте конвейер бойындағы өнім жайлы ақпарат (өнімнің түсі,



Стартовая конфигурация : OPCDiplom.mpp

Объекты

- Server
 - C1
 - C2
 - C3

Идентификатор	Регион	Адрес в реги...	Значение	Качество	Время	Тип в сер...	Доступ
C1.Mitsubishi FX5.Diagnosi...			false	GOOD	2021-05-2...	bool	ReadOnly
C1.Mitsubishi FX5.nalichde...	Input (...	6	false	GOOD	2021-05-2...	bool	ReadWr...
C1.Mitsubishi FX5.vverhpo...	Input (...	0	true	GOOD	2021-05-2...	bool	ReadWr...
C1.Mitsubishi FX5.nizhplozh	Input (...	1	false	GOOD	2021-05-2...	bool	ReadWr...
C1.Mitsubishi FX5.polozhn...	Input (...	2	false	GOOD	2021-05-2...	bool	ReadWr...
C1.Mitsubishi FX5.otpuskz...	Output ...	0	false	GOOD	2021-05-2...	bool	ReadWr...
C1.Mitsubishi FX5.otkrytz...	Output ...	1	true	GOOD	2021-05-2...	bool	ReadWr...
C1.Mitsubishi FX5.podatde...	Output ...	2	false	GOOD	2021-05-2...	bool	ReadWr...
C1.Mitsubishi FX5.dvizhza...	Output ...	3	false	GOOD	2021-05-2...	bool	ReadWr...
C1.Mitsubishi FX5.dvizhza...	Output ...	4	false	GOOD	2021-05-2...	bool	ReadWr...
C1.Mitsubishi FX5.green	Output ...	5	true	GOOD	2021-05-2...	bool	ReadWr...
C1.Mitsubishi FX5.yellow	Output ...	6	false	GOOD	2021-05-2...	bool	ReadWr...
C1.Mitsubishi FX5.red	Output ...	7	false	GOOD	2021-05-2...	bool	ReadWr...
C1.Mitsubishi FX5.polozhz...	Input (...	3	true	GOOD	2021-05-2...	bool	ReadWr...
C1.Mitsubishi FX5.polozhz...	Input (...	4	false	GOOD	2021-05-2...	bool	ReadWr...
C1.Mitsubishi FX5.dat1	Data R...	2	0	GOOD	2021-05-2...	float	ReadWr...
C1.Mitsubishi FX5.dat2	Data R...	3	0	GOOD	2021-05-2...	float	ReadWr...
C1.Mitsubishi FX5.avarm	Internal...	101	false	GOOD	2021-05-2...	bool	ReadWr...
C1.Mitsubishi FX5.avarch	Internal...	103	false	GOOD	2021-05-2...	bool	ReadWr...

Системные сообщения | Транспортировка ввола-вывола | Сообщения протоколов и скриптов

6-сурет – Оқиғалар журналында атқарушы құрылғылары мен өлшеу құрылғылары күйі

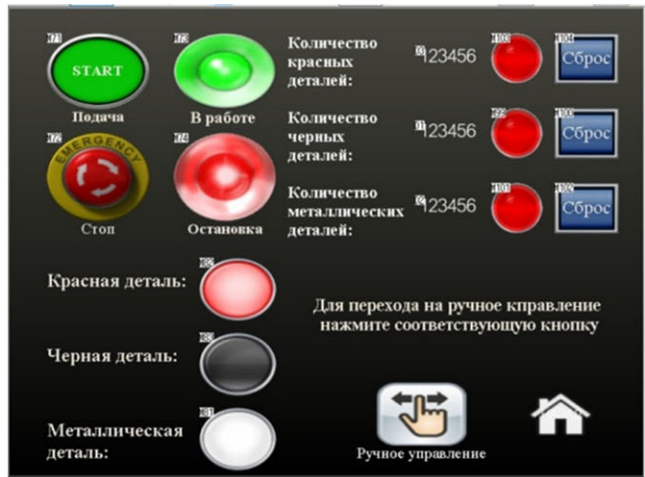
материалы және саны) көрсетіледі.

GOT MOBILE функциясының көмегімен панель операторы терезелерін мобильді

құрылғылар (смартфон, планшет) арқылы қарау, яғни HMI панеліне қосылу арқылы мобильді құрылғылардың көмегімен стандті



7-сурет – «FESTO мехатрондық желісі» оқу стендіде әзірленген HMI



8-сурет – Смартфон арқылы стенді қашықтықтан басқару

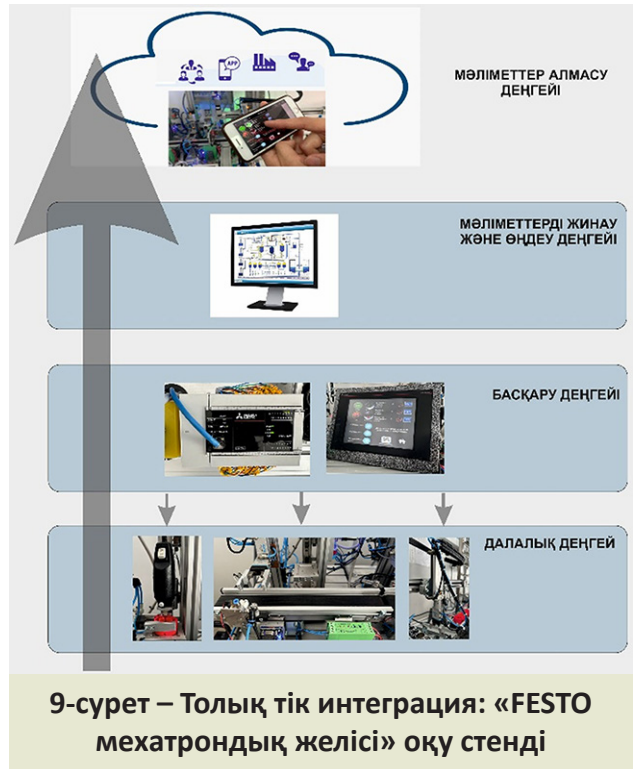
бақылау және қашықтан басқару мүмкіндігі жүзеге асырылды.

Бұлтты технологиялар және тік интеграция: автоматтандырылған басқару жүйесінің барлық элементтерінің өзара әрекеттесуі

Industry 4.0 тұжырымдамасының негізі тік интеграция болып табылады және бұл өндірістік кәсіпорынның барлық деңгейлерін, яғни технологиялық бөлім мен өндірістік цехтан бастап әкімшілік басқару деңгейіне дейін біріктірумен сипатталады. 9-суретте көрсетілгендей толық тігінен интеграция арқылы «FESTO мехатрондық желісі» оқу стендінің басқару жүйесінің барлық деңгейлері бір жобаға біріктірілген.

Қорытынды

«FESTO мехатроникалық желісі» оқу стенді Industry 4.0 технологиясы негізінде жасалынған өзара байланысты икемді автоматтандырылған роботтық техникалық құрылғылары бар өнеркәсіптік нысандардың нақты аналогы болып табылады. Берілген роботтық кешендерді құру ЖОО-ның жоғарғы курс студенттері мен магистранттарды



оқытуға, сондай-ақ мамандар мен кадрларды қайта даярлау және біліктілігін арттыруға мүмкіндік береді. Industry 4.0 тұжырымдамасына сәйкес қолда бар және жаңадан сатып алынған жабдықтар негізінде бағдарламалық-аппараттық және әдістемелік жұмыстар кешенін жүргізу, эксклюзивті роботтық техникалық және мехатрондық кешендерді жасау, сондай-ақ роботтық техникалық кешендерін қашықтан қол жеткізудің басқару режимдерін және мамандарды қашықтықтан оқыту әдістемелерін оңтайландыру жөніндегі зерттеу жұмыстарын жасау қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Шваб К. Төртінші индустриялық революция [Мәтін] / ауд. Н.Б. Ақыш, Л.Ә. Бимендиева, К.І. Матыжанов // Рухани жаңғыру. Жаңа гуманитарлық білім. Қазақ тіліндегі 100 жаңа оқулық. – Алматы: Ұлттық аударма бюросы, 2018. – 200 б.
2. Abele E., Metternich J., Tisch M., Chrystolouris G., Sihn W., ElMaraghy H., Hummel V., Ranz F. (2015). Learning factories for research, education, and training. Procedia CIRP. Vol. 32, pp. 1-6. DOI: 10.1016/j.procir.2015.02.187
3. Tokhmetova K.M., Feshin B.N. (2017). Virtual table-simulator for monitoring distributed objects. «EAI endorsed Transactions on Industrial Networks and Intelligent Systems», Vol. 4 (11), pp. 153502. DOI: 10.4108/eai.21-12-2017.153502
4. Prinz C., Morlock F., Freith S., Kreggenfeld N., Kreimeier D., Kuhlenkötter B. (2016). Learning Factory modules for smart factories in Industrie 4.0. Procedia CIRP. Vol. 54 (10), pp. 113-118. DOI: 10.1016/j.procir.2016.05.105
5. Фешин Б.Н., Шпакова Л.Г., Тохметова К.М. Иерархические системы управления и контроля большими автоматизированными технологическими комплексами // Труды Университета. 2018. 2 (71). С. 114-118.
6. Фешин Б.Н., Шпакова Л.Г., Тохметова К.М. Алгоритмы энергосбережения в гибких автоматизированных производствах (часть 1) // Труды Университета. 2019. 3 (76). С. 145-148.
7. Фешин Б.Н., Шпакова Л.Г., Тохметова К.М. Алгоритмы энергосбережения в гибких автоматизированных производствах (часть 1) // Там же. 2019. 4 (77). С. 31-33.

Создание робототехнического комплекса для подготовки бакалавров по техническим специальностям в Казахстане с целью обучения технологиям Industry 4.0 (опыт Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова)

¹***ТОХМЕТОВА Куралай Муратбековна**, старший преподаватель, kuralay_tokhmetova@mail.ru,

¹**ФЕШИН Борис Николаевич**, д.т.н., профессор, bfeshin@mail.ru,

¹**КОБЫЛАНДЫ Аслан Арманулы**, магистрант, a_kobylandy@mail.ru,

¹**БАЙҒҰЛ Аязжан Сырымқызы**, магистрант, ayazhan.baygulova@mail.ru,

¹**НУРМАГАМБЕТОВА Гульмира Сахитовна**, старший преподаватель, gulmira_gulmirka@mail.ru,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Рассматривается учебный стенд «Мехатронная линия FESTO», который расположен в аудитории 126 кафедры автоматизации производственных процессов Карагандинского технического университета имени А. Сагинова. Стенд является объектом исследования нескольких дипломных проектов и диссертаций студентов и магистрантов образовательной программы «Автоматизация и управление». Данный учебный стенд предназначен для обучения интеллектуальных робототехнических и мехатронных комплексов в соответствии с технологиями и техническими решениями Industry 4.0 на базе университетского оборудования. На учебном стенде «Мехатронная линия FESTO» реализованы 4 технологии концепции Industry 4.0. Создание таких роботизированных комплексов позволит обучать студентов старших курсов и магистрантов вузов, а также проводить переподготовку и повышение квалификации инженеров и специалистов.

Ключевые слова: обучение, высшее образование, технология, подготовка специалистов, Industry 4.0, искусственный интеллект, информационные технологии, киберфизические системы, робототехника, мехатронная линия, учебный стенд, робот-манипулятор, конвейер, система управления, контроллер.

Creation of A Robotics Complex for The Preparation of Bachelors in Technical Specialties in Kazakhstan In Order to Teach Industry 4.0 Technologies (Experience of Karaganda Technical University Named After Abylkas Saginov)

¹***TOKHMETOVA Kuralay**, Senior Lecturer, kuralay_tokhmetova@mail.ru,

¹**FESHIN Boris**, Dr. of Tech. Sci., Professor, bfeshin@mail.ru,

¹**KOBYLANDY Aslan**, Master's Student, a_kobylandy@mail.ru,

¹**BAYGUL Ayazhan**, Master's Student, ayazhan.baygulova@mail.ru,

¹**NURMAGAMBETOVA Gulmira**, Senior Lecturer, gulmira_gulmirka@mail.ru,

¹NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,

*corresponding author.

Abstract. The training stand «FESTO Mechatronic Line» is considered, which is located in the auditorium 126 of the Department of Automation of Production Processes of the Karaganda Technical University named after A. Saginov. The stand is the object of research of several diploma projects and dissertations of students and master students of the educational program «Automation and control». This training stand is designed to train intelligent robotic and mechatronic complexes in accordance with Industry 4.0 technologies and technical solutions based on university equipment. 4 technologies of the Industry 4.0 concept have been implemented at the «FESTO Mechatronic Line» training stand. The creation of such robotic complexes will allow teaching senior students and undergraduates of universities, as well as retraining and advanced training of engineers and specialists.

Keywords: education, higher education, technology, training of specialists, Industry 4.0, artificial intelligence, information technology, cyber-physical systems, robotics, mechatronic line, training stand, robot manipulator, conveyor, control system, controller.

REFERENCES

1. Shvab K. Tortinshi industriyalıyq revolyucija [Mätin] / aud. N.B. Aqysh, L.A. Bimendieva, K.I. Matyzhanov // Ruhani zhangyru. Jana gumanitarlyq bilim. Qazaq tilindegi 100 jaña oqulyq. – Almaty: Ulıtyq audarma bjurosy, 2018. – 200 p.
2. Abele E., Metternich J., Tisch M., Chrysolouris G., Sihn W., ElMaraghy H., Hummel V., Ranz F. (2015). Learning factories for research, education, and training. Procedia CIRP. Vol.32, pp.1-6. DOI: 10.1016/j.procir.2015.02.187
3. Tokhmetova K.M., Feshin B.N. (2017). Virtual table-simulator for monitoring distributed objects. «EAI endorsed Transactions on Industrial Networks and Intelligent Systems», Vol. 4 (11), pp. 153502. DOI: 10.4108/eai.21-12-2017.153502
4. Prinz C., Morlock F., Freith S., Kreggenfeld N., Kreimeier D., Kuhlenkötter B. (2016). Learning Factory modules for smart factories in Industrie 4.0. Procedia CIRP. Vol. 54 (10), pp. 113-118. DOI: 10.1016/j.procir.2016.05.105
5. Feshin B.N., Shpakova L.G., Tokhmetova K.M. Ierarhicheskie sistemy upravlenija i kontrolja bol'shimi avtomatizirovannymi tehnologicheskimi kompleksami // Trudy Universiteta. 2018. 2 (71). Pp. 114-118.
6. Feshin B.N., Shpakova L.G., Tokhmetova K.M. Algoritmy jenergosberezenija v gibkih avtomatizirovannyh proizvodstvah (chast' 1) // Trudy Universiteta. 2019. 3 (76). Pp. 145-148.
7. Feshin B.N., Shpakova L.G., Tokhmetova K.M. Algoritmy jenergosberezenija v gibkih avtomatizirovannyh proizvodstvah (chast' 1) // Tam zhe. 2019. 4 (77). Pp. 31-33.