ҒТАМР 50.09.37, 65.59.01 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.3.28-1111**

ҰЛТТЫҚ ЕТ ӨНІМДЕРІН ӨНДІРУГЕ АРНАЛҒАН САНДЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАР МЕН ДАТЧИКТЕРДІ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ТАҢДАУ

М.К. Алимарданова, Н.Б. Жұмахан✉, М.С. Серікқызы, Ш.А. Абжанова

Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан
✉Корреспондент-автор:Nurzhan_14_95@mail.ru

Жұмыста ұлттық ет өнімдерін өндіруде қолданылатын сандық датчиктер мен құрылғыларға салыстырмалы талдау ұсынылған. Конфигурацияның екі нұсқасы қарастырылған: базалық (ОВЕН компаниясының өнеркәсіптік жабдықтары негізінде) және мамандандырылған (етті өңдеуге арналған арнайы сандық сенсорларды қолдана отырып). Салыстыру негізгі критерийлер бойынша жүргізілді: метрологиялық дәлдік, өнімділік, ластануға төзімділік, автоматтандырылған жүйелерге интеграция және пайдалану сенімділігі. Талдау нәтижелері бойынша мамандандырылған жабдық кешені (DTS 12x18h10t, ut-1M-IP датчиктері, Vaxyuva sgo4cm29.00 RSC, SG04CM29.00 RS және be-U контроллері) процесті басқарудың жоғары дәлдігін, тұрақтылығын және технологиялық икемділігін қамтамасыз ететіні анықталды. Алынған нәтижелер өнімнің сапасын, қауіпсіздігін және өндірістің энергия тиімділігін арттыруды қамтамасыз ете отырып, ет өңдеу кәсіпорындарын жаңғырту кезінде енгізу үшін ұсынылуы мүмкін.

Түйін сөздер: цифрландыру, ет өңдеу өнеркәсібі, ұлттық ет өнімдері, датчиктер, автоматтандыру, контроллер

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ВЫБОР ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ И ДАТЧИКОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НАЦИОНАЛЬНОЙ МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ

М.К. Алимарданова, Н.Б. Жұмахан✉, М.С. Серікқызы, Ш.А. Абжанова

Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,
e-mail:Nurzhan_14_95@mail.ru

В работе представлен сравнительный анализ цифровых датчиков и устройств, применяемых при производстве национальных мясных изделий. Рассмотрены два варианта комплектации: базовый (на основе промышленного оборудования компании ОВЕН) и специализированный (с использованием специализированных цифровых сенсоров для мясопереработки). Сравнение проведено по ключевым критериям: метрологическая точность, быстродействие, устойчивость к загрязнениям, интеграция в автоматизированные системы и эксплуатационная надёжность. По результатам анализа установлено, что специализированный комплекс оборудования (датчики DTS 12X18H10T, UT-1M-IP, Vaxyuva SGO4CM29.00 RSC, SG04CM29.00 RS и контроллер BE-U) обеспечивает более высокую точность, стабильность и технологическую гибкость управления процессами. Полученные результаты могут быть рекомендованы для внедрения при модернизации мясоперерабатывающих предприятий, обеспечивая повышение качества, безопасности продукции и энергоэффективности производства.

Ключевые слова: цифровизация, мясоперерабатывающая промышленность, национальные мясные изделия, датчики , автоматизация, контроллер.

COMPARATIVE ANALYSIS AND SELECTION OF DIGITAL DEVICES AND SENSORS FOR THE PRODUCTION OF NATIONAL MEAT PRODUCTS

M.K. Alimardanova, N.B. Zhumakhan✉, M.S. Serikovna, Sh.A. Abzhanova

Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,
e-mail:Nurzhan_14_95@mail.ru

The paper presents a comparative analysis of digital sensors and devices used in the production of national meat products. Two configuration options are considered: basic (based on ARIES industrial equipment) and specialized (using specialized digital sensors for meat processing). The comparison was based on key criteria: metrological accuracy, high performance, pollution resistance, integration into automated systems, and operational reliability. Based on the results of the analysis, it was found that a specialized set of equipment (DTS 12X18H10T sensors, UT-1M-IP, Vaxyuva SGO4CM29.00 RSC, SG04CM29.00 RS and the BE-U controller) provides higher accuracy, stability and technological flexibility of process control. The results obtained can be recommended for implementation in the modernization of meat processing plants, ensuring improved quality, product safety and energy efficiency of production.

Keywords: digitalization, meat processing industry, national meat products, sensors, automation, controller.

Кіріспе. Тамақ өнеркәсібін цифрландырудың қазіргі жағдайында тиімді құрылғылар мен датчиктерді таңдау өнімнің сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етудің негізгі элементіне айналады. Бұл міндет әсіресе ұлттық ет өнімдерін өндіру үшін өзекті болып табылады, мұнда сапа, санитарлық қауіпсіздік және энергия тиімділігінің заманауи стандарттарын қамтамасыз ете отырып, дәстүрлі технологияларды қатаң сақтау қажет.

Өлшеу және басқару технологияларының айтарлықтай дамуына қарамастан, ғылыми әдебиеттерде ұлттық ассортименттегі ет өнімдерін өндіру процесінде тікелей қолданылатын цифрлық құрылғылар мен датчиктерді салыстырмалы талдауға арналған жалпылама зерттеулердің тапшылығы сақталуда. Нарықта әртүрлі сипаттамалары бар әртүрлі өндірушілердің көптеген жаңа датчиктерінің пайда болуы оларды мұқият бағалау және технологиялық процестің ерекшелігіне байланысты оңтайлы шешімдерді таңдау қажеттілігін тудырады [1-2].

Осы зерттеудің объектісі ұлттық ет өнімдерін өндірудің технологиялық процестері болып табылады. Зерттеудің тақырыбы-бұл процестерді бақылау және басқару үшін қолданылатын сандық құрылғылар мен датчиктер.

Зерттеудің мақсаты-қол жетімді цифрлық құрылғылар мен датчиктерге салыстырмалы талдау жүргізу, олардың тиімділігі мен ұлттық ет өнімдерін өндірудің әртүрлі кезеңдеріне жарамдылығын анықтау.

Мақсатқа жету үшін зерттеуде келесі міндеттер анықталды:

- тамақ өнеркәсібінде қолданылатын заманауи цифрлық құрылғылар мен датчиктерді талдау;

- олардың тиімділігі мен сенімділігін бағалау критерийлерін анықтау;

- таңдалған үлгілерді салыстырмалы тестілеу;

- ұлттық ет өнімдері үшін оңтайлы құрылғыларды таңдау бойынша ұсыныстарды тұжырымдау.

Зерттеудің әдіснамалық негізі салыстырмалы талдау, сараптамалық бағалау әдістері болды. Зерттеу гипотезасы-датчиктер мен цифрлық құрылғыларды оңтайлы таңдау өнімнің сапасын жақсартуға, шығындарды азайтуға және ұлттық ет өнімдерін шығаратын кәсіпорындардағы технологиялық процестердің тұрақтылығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Жұмыстың маңыздылығы тамақ өнеркәсібі кәсіпорындары үшін ғылыми негізделген ұсыныстарды қалыптастыру болып табылады, бұл өнімнің бәсекеге қабілеттілігін арттыруға және дәстүрлі салаларға заманауи технологияларды енгізуге ықпал етеді.

Материалдар мен әдістер. Процестерді автоматтандыру мен цифрлық бақылаудың заманауи технологиялары ет өңдеу кәсіпорындарының өнім сапасын арттырудың маңызды элементі болып табылады. Оларды ұлттық ет өнімдерін өндіруде қолдану өте маңызды, мұнда өңдеудің барлық кезеңдерінде технологиялық параметрлерді дәл сақтау қажет.

Ет өнеркәсібінде датчиктерді цифрландыру және қолдану өндірістің тиімділігін, тұрақтылы-

ғы мен қауіпсіздігін арттырудың негізгі факторларына айналуда. Соңғы шетелдік зерттеулер осы саладағы әртүрлі тәсілдер мен технологияларды көрсетеді.

Эгей университетінің Hülya Serpil Kavuşan және Meltem Serdaroğlu [3] еңбегінде Ет өнеркәсібінің тұрақтылығы мен тиімділігін арттыру үшін Ет өнеркәсібінің процестеріне дрондар, 3D басып шығару, блокчейн және жасанды интеллект сияқты цифрлық құралдарды біріктіруді қарастырады.

”Терең оқытуды қолдана отырып, IoT Негізіндегі Ет балғындығының классификациясы” [4] зерттеуінде Зариф Васиф Бхуйян авторлары мен Бангладештің тәуелсіз университетінің әріптестері өнім сапасын бағалаудың дәлдігін арттыру үшін газ сенсорлары мен машиналық оқыту алгоритмдерін пайдалана отырып, вещей балғындығын жіктеу үшін заттар интернеті мен терең оқыту жүйесін ұсынады.

Анагносту Г және оның әріптестері ” Қызыл ет дәмін болжау үшін сандық құрал ретінде оптикалық зондтау әдістерін әзірлеу ” [5] атты шолуында қызыл еттің сенсорлық сипаттамаларын бұзбай бақылау үшін оптикалық әдістерді, атап айтқанда жақын инфрақызыл спектроскопия мен гиперспектралды түсіру технологияларын қолдануды талдайды. Бұл әдістер өнім сапасын арттыруға және тұтынушылардың сұранысын қанағаттандыруға ықпал етеді.

«Шошқа етінің ішіндегі бөгде заттарды анықтауға арналған гиперспектральды бейнелеу» [6] атты еңбегінде Габриэла Гимпетеану және оның әріптестері гиперспектралды түсіру және компьютерлік көру алгоритмдерін қолданып, шошқа еті бетінде бөгде заттарды автоматты түрде анықтау әдістемесін ұсынады. Бұл әдіс азық-түлік қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді.

«Бірлескен робот қолымен етті қауіпсіз және автономды түрде кесу» [7] зерттеуінде Райан Райт және оның әріптестері коллаборативті роботтық манипуляторды етті қауіпсіз және автономды түрде кесуге қолдану мүмкіндігін көрсетеді. Бұл әдіс қол еңбегіне тәуелділікті азайтып, өндіріс өнімділігін арттыруға ықпал етеді.

Бұл зерттеулер өндірістің сапасын, қауіпсіздігін және тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін ет өнеркәсібіне цифрлық технологиялар мен сенсорларды енгізудің маңыздылығын көрсетеді. Мұндай шешімдерді біріктіру саланы жаңғыртуға және тұтынушылар мен реттеушілердің өсіп келе жатқан талаптарын қанағаттандыруға ықпал етеді.

Қазақтың дәстүрлі ет өнімдерін (қаз, шұжық, жая, сур ата, карта және баскалары) өндіру дәстүрлі әдістер мен тамақ қауіпсіздігінің заманауи стандарттарын үйлестіретін технологияны қатаң сақтауды талап етеді.Процестер ерекше қиындық тудырады шикізатты дайындау:

- тұздау;

- вакуумдық термоөңдеу (Су-вид);

- ашыту, кептіру және темекі шегу;

- орау және сақтау.

Бұл қадамдардың барлығы температура, ылғалдылық, қысым, ет кесектерінің қалыңдығы және өңдеу уақыты параметрлері бақылау дәлдігіне өте тәуелді.

Зерттеу барысында әр кезең үшін тұрақты бақылауды қажет ететін маңызды параметрлер анықталды (1-кесте)

Сонымен қатар, процесте өнімнің мөлшерін ескеретін металл детекторлары қолданылды (ені - 5 см, ұзындығы -14 см, қалыңдығы - 3 см) [8-9].

Параметрлерді бақылау және талдау үшін Сандық құрылғылар кешендерінің екі түрлі нұсқасы қолданылды:

1-нұсқа (негізгі): ОВЕН компаниясының стандартты өнеркәсіптік сенсорлары мен контроллері;

2-нұсқа (мамандандырылған): ет өңдеу кәсіпорындарына бейімделген мамандандырылған жабдық:

-Dts 12x18h10t сандық платина температура сенсоры, ұзартылған ұшы бар, Modbus RTU;

-ARIES PD200-DI қысым түрлендіргіші 1,0-315-0,1-2-Б;

-Ut-1 IP ультрадыбыстық қалыңдық өлшегіші

(ҚР СИ тізіліміне енгізілген);

-Азық-түлік өндірісіне арналған бағдарламаланатын логикалық be-U контроллері;

-Vaxyuva sgo4cm29.00 rs электронды ылғалдылық анализаторы [10-12].

Кесте 1 - Технологиялық процестегі бақыланатын параметрлер

Процесс кезеңі	Бақыланатын параметр	Өлшеу диапазоны
1. Шикізатты дайындау	Бөлме температурасы	+120 °С
	Еттің салмағы	6 кг
	Тілімнің қалыңдығы	3-4 см
2. Механикалық өңдеу	Тендеризация қарқындылығы	20 айн/мин
	Тендеризатордың жұмыс уақыты	40 мин
3. Тұздау	Тұздық температурасы	+50 °С
	Тұз концентрациясы	5,33 %
	Тұздықтың pH деңгейі	7
	Бөлме температурасы	+3, +50 °С
	Бөлме ылғалдылығы	60 %
4. Вакуумдық өңдеу (сувид)	Су температурасы	+120 °С
	Өңдеу уақыты	40 мин
	Вакуумды қаптамадағы қысым	0,6 атмосфера
5. Кептіру	Ауа температурасы	+370 °С
	Ауа ылғалдылығы	45 %
	Ауа ағысының жылдамдығы	5 м/сек
	Кептіру уақыты	20 мин
6. Түтіндеу	Түтін температурасы	+23, +240 °С
	Түтіннің ылғалдылығы	40 %
	Түтіннің тығыздығы	0,9 кг/м³
	Түтіндеу ұзақтығы	55 мин
7. Қаптау және сақтау	Қаптамадағы вакуум қысымы	0,1 атмосфера
	Сақтау температурасы	+5, +70 °С
	Қаптамадағы газдық құрамы (МАР кезінде)	(нақты көрсетілмеген)

Зерттеудің әдіснамалық негізі салыстырмалы талдау және сараптамалық бағалау әдістері болды. Зерттеу ұлттық ет өнімдерін өндіруге баса назар аудара отырып, тамақ өнеркәсібінде қолданылатын сандық датчиктер мен құрылғылардың әртүрлі түрлерінің техникалық және пайдалану сипаттамаларын жан-жақты бағалауға бағытталған.

1- суретте ұлттық ет өнімдері өндірісіндегі автоматтандырылған басқару жүйесінің үш деңгейі көрсетілген: төменгі деңгейде - датчиктер мен атқарушы механизмдер, орта деңгейде - бағ-

дарламаланатын логикалық контроллер (БЛК), ал жоғарғы деңгейде — операторлық жұмыс орны мен деректер базасы сервері орналасқан. Ақпарат алмасу Ethernet хаттамасы арқылы жүзеге асады, ал төменгі деңгей 4–20 мА аналогты сигнал арқылы жұмыс істейді.



1 - сурет. АБЖ құрлымдық схемасы

Салыстырмалы талдау келесі негізгі критерийлер бойынша құрылды.

Метрологиялық сипаттамалары-өлшеу дәлдігі (қателік), ұзақ мерзімді пайдалану кезіндегі көрсеткіштердің тұрақтылығы, сондай-ақ сыртқы жағдайлар өзгерген кезде дәлдікті сақтау мүмкіндігі талданды.

Жылдамдық (жауап беру уақыты) - датчиктердің бақыланатын параметрлердің өзгеруіне жауап беру жылдамдығы бағаланды, бұл термиялық өңдеу, вакуумдық орау, кептіру және темекі шегу процестері үшін өте маңызды.

Эксплуатациялық ластануға төзімділік-тамақ өнеркәсібіне тән факторлардың әсерінен жабдықтың жұмыс қабілеттілігі зерттелді: жоғары ылғалдылық, конденсат, шаң, май шөгінділері және ақуыздың ластануы.

Өнеркәсіптік цифрлық хаттамалармен үйлесімділік-жабдықты өндірістік процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелеріне біріктіруді қамтамасыз ететін заманауи деректерді беру интерфейстерін (ModbusRTU, Ethernet) қолдау ескерілді.

Пайдалану сенімділігі-ұзақ үздіксіз жұмыс жағдайында жабдықтың тұрақтылығы, жиі санитарлық тазарту, температураның ауытқуы, діріл және кернеудің төмендеуі бағаланды.

Бағалау құрылғылардың техникалық құжаттамасын талдау, тамақ өнеркәсібі кәсіпорындарының мамандарымен консультациялар негізінде, сондай-ақ халықаралық тәжірибеде ұқсас құрылғыларды қолдану туралы жарияланған деректерді ескере отырып жүргізілді.

Нәтижелер мен талқылау. Жүргізілген зерттеу ұлттық ет өнімдерін өндіруде қолданылатын цифрлық бақылау мен басқарудың екі нұсқасына егжей-тегжейлі салыстырмалы талдау жүр-

гізуге мүмкіндік берді. ОВЕН Компаниясының негізгі өнеркәсіптік шешімдері мен ет өңдеу өндірістерінің ерекшеліктерін ескере отырып жасалған мамандандырылған құрылғылар салыстырылды.

Температураны бақылау.

Ет өнімдерін термиялық өңдеу, кептіру, темекі шегу және сақтау кезінде температураны бақылау өте маңызды.

ОВЕН шикізатты сақтау және дайындау кезеңдерінде рұқсат етілген ±0,5°C шегінде дәлдікті қамтамасыз ететін аналогты немесе цифрлық шығысы бар негізгі өнеркәсіптік температура датчиктерін ұсынады. Алайда, сыни кезеңдерде (су-виде, кептіру, темекі шегу) мұндай дәлдік жеткіліксіз .

Ұзартылған ұшы және modbusrtu протоколы бар мамандандырылған DTS 12X18H10T ±0,1°C дәлдігін, өнімділігін және ет өңдеу жағдайында көрсеткіштердің жоғары тұрақтылығын көрсетеді. Ұзартылған сезімтал элементтің арқасында өнімнің қалыңдығындағы температураны тұрақты өлшеу қамтамасыз етіледі, бұл әсіресе вакуумдық термиялық өңдеу және су-виде маңызды [13].

Кесте 2 – Температура датчиктерін салыстырсалы талдау

Критерий	**ОВЕН (негізгі нұсқа)**	**DTS 12X18H10T (арнайы нұсқа)**
Түрі	Стандартты термопара / термосопротивление	Платиналық цифрлық датчик
Дәлдігі	±0,5°C	±0,1°C
Ұзақ уақыттағы тұрақтылығы	Орташа	Жоғары
Жауап беру уақыты	10 сек дейін	1 сек дейін
Интеграция	Аналогтық шығыс	ModbusRTU цифрлық шығысы
Агрессивті ортада жұмыс істеуі	Шектеулі	Жоғары тұрақтылық
Калибрлеу қажеттілігі	Жиі қажет	Ұзақ калибрлеу аралығы

Осылайша, температура датчиктеріне сәйкес мамандандырылған нұсқа қолайлы.

Вакуумдық қысымды бақылау

Салыстырмалы талдау процесінде ұлттық ет өнімдерін өндірудің технологиялық процесінің әртүрлі кезеңдеріндегі вакуумдық қысымды бақылау үшін жабдықтың екі нұсқасы қарастырылды.

Негізгі нұсқада тамақ өнеркәсібінде және жарылғыш аймақтарда пайдалану үшін сертификатталған PD200-DI1,0-315-0,1-2-N-ECD өнеркәсіптік қысым түрлендіргіші қолданылды. Бұл аспап өлшеудің жоғары дәлдігін (қателік шегі 0,1% - дан аз), көрсеткіштердің ұзақ тұрақтылығын қамтамасыз етеді, сондай-ақ ет өнімдерін вакуумдық орау және термиялық өңдеу процестеріне тән циклдік вакуумдық жүктемелерге төзімділікті көрсетеді. Бұл түрлендіргіш аналогтық шығысқа ие және сандық басқару жүйелеріне интеграциялау үшін қосымша жұптастыру модульдерін қажет етеді [14].

Мамандандырылған нұсқада sg04cm29.00 RS электронды сандық вакуумдық қысым датчигі ModbusRTU протоколының шығысымен қолданылды, бұл қосымша интерфейс модульдерін қажет етпестен автоматтандырылған басқару жүйелеріне тікелей интеграцияны қамтамасыз етеді. Сенсор жоғары өлшеу дәлдігімен (қателік

шегі 0,05% дейін), қысқа жауап беру уақытымен, сондай-ақ кең температуралық диапазонмен ерекшеленеді. Сонымен қатар, цифрлық схема нөлдің жоғары тұрақтылығын және автоматты калибрлеуді қамтамасыз етеді, бұл әсіресе тамақ өнеркәсібінде ұзақ уақыт жұмыс істегенде маңызды.

Осылайша, салыстыру нәтижелері бойынша SG04CM29.00 RS мамандандырылған сандық сенсоры дәлдік, жауап беру жылдамдығы және заманауи автоматтандырылған басқару жүйелеріне интеграцияланудың ыңғайлылығы бойынша артықшылықты көрсетеді. Aries pd200 түрлендіргіші аналогтық Басқару жүйелерінде немесе қолданыстағы желілерді жаңарту кезінде сенімді шешім болып қала береді.

Кесте 3 - Вакуумдық қысымды бақылау датчиктеін салыстырмалы талдау

Критерий	**ОВЕН ПД200-ДИ1,0-315-0,1-2-Н-EXD**	**SG04CM29.00 RS (цифрлық)**
Түрі	Аналогтық қысым түрлендіргіші	Электрондық цифрлық датчик
Дәлдігі	≤0,1%	≤0,05%
Жауап беру уақыты	~0,5 сек	~0,1 сек
Интеграция	Аналогтық шығыс	ModbusRTU
Нөлдің тұрақтылығы	Қолмен түзету қажет	Автоматты компенсация
Өндірістік жағдайда қолдану	Иә	Иә (азық-түлікке бейімделген)
Пайдалану ыңғайлылығы	Қосымша модульдер қажет	Толық интеграция

Кесте 4 -Қалыңдықты бақылау датчиктерін талдау

Критерий	**ОВЕН**	**UT-1M-IP (арнайы)**
Түрі	Арнайы құрал жоқ	Ультрадыбыстық қалыңдық өлшегіш
Дәлдігі	-	≤0,1 мм
Байланыссыз жұмыс	-	Иә
Ластануға төзімділік	-	Жоғары
Өндірістік ортада жұмыс	-	Сертификатталған
Интерфейс	-	Жүйеге тікелей қосылады

Геометриялық параметрлерді бақылау.

Ет шикізатының геометриялық параметрлерін бақылау өнімді дайындау, Қалыптау және термиялық өңдеу кезеңдеріндегі маңызды міндет болып табылады. Ет дайындамаларының мөлшері туралы нақты ақпараттың болуы вакуумды орау, термиялық өңдеу және кептіру параметрлерін оңтайлы реттеуге мүмкіндік береді.

ОВЕН компаниясының жабдықтарына негізделген негізгі нұсқада арнайы қалыңдық өлшегіштер жоқ, бұл әрқашан тамақ өнеркәсібінің жағдайына бейімделмеген үшінші тарап өлшеу шешімдерін тартуды талап етеді.

Мамандандырылған нұсқада Қазақстан Республикасының өлшеу құралдарының мемлекеттік тізілімінде тіркелген ***UT-1M-IP*** ультрады-

быстық қалыңдық өлшегіш қолданылды. Құрылғы өлшеудің жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді (қателік шегі 0,1 мм-ден аз), көрсеткіштердің жоғары тұрақтылығына ие және өнім бетінің ластануына сезімтал емес, бұл әсіресе майлардың, ылғалдың және ақуыз шөгінділерінің болуымен бірге ет өңдеу өндірісінде өте маңызды. Байланыссыз ультрадыбыстық өлшеу принципі технологиялық процесті тоқтатпай-ақ нақты уақыт режимінде қалыңдығын бақылауға мүмкіндік береді[15].

Осылайша, ет өнімдерінің геометриялық параметрлерін жедел және дәл бақылау мәселесін шешу үшін ut-1m-IP мамандандырылған ультрадыбыстық қалыңдық өлшегіш оңтайлы шешім болып табылады.

Ылғалдылықты бақылау.

Ылғалдылықты бақылау ұлттық ет өнімдерін өндірудің негізгі факторларының бірі болып табылады, әсіресе кептіру, темекі шегу және сақтау кезеңдерінде, мұнда салыстырмалы ылғалдылықтың ауытқуы өнімнің құрылымының тұрақтылығы мен органолептикалық қасиеттеріне тікелей әсер етеді.

ОВЕН жабдығында жүзеге асырылатын базалық нұсқада температура мен ылғалдылықтың стандартты аралас датчиктері қолданылады, олар жоғары температура, конденсат және ет өңдеуге тән ықтимал ластану жағдайында жұмыс істеуге арналмаған. Мұндай датчиктердің ұзақ мерзімді жұмысы көбінесе дәлдіктің төмендеуіне және тұрақты техникалық қызмет көрсету қажеттілігіне әкеледі.

Мамандандырылған нұсқада ***Vaxyuva sgo4cm29.00 RSC*** электронды ылғалдылық анализаторы ModbusRTU хаттамасы бойынша цифрлық Шығыспен қолданылды. Бұл құрылғы өлшеудің жоғары дәлдігін (±1% RH қателігі), көрсеткіштердің жоғары тұрақтылығын, ластануға және конденсатқа төзімділікті қамтамасыз етеді, сонымен қатар өзін-өзі диагностикалау функциясына және ұзақ калибрлеу аралығына ие. Деректерді берудің цифрлық хаттамасының арқасында технологиялық процестерді автоматтандырылған басқарудың заманауи жүйелерімен толық үйлесімділік қамтамасыз етіледі[16].

Осылайша, мамандандырылған vaxyuva sgo4cm29.00 RSC анализаторы ет өндірісінің барлық кезеңдерінде дәлірек, тұрақты және сенімді ылғалдылықты бақылауды қамтамасыз етеді.

Кесте 5 - Ылғалдылықты бақылау датчиктеррі

Критерий	ОВЕН стандартты	Vaxyuva SGO4CM29.00 RSC
Дәлдігі	±3-5% RH	±1% RH
Температуралық диапазон	+50°C дейін	+80°C дейін
Ластануға төзімділігі	Төмен	Жоғары
Қызмет мерзімі	Шектеулі	Ұзартылған
Интерфейс	Аналогтық	ModbusRTU
Өзін-өзі диагностикалау	Жоқ	Бар

Технологиялық процестерді басқару және бақылау.

Технологиялық процестерді автоматты басқару жүйесінде басқару контроллерлерінің мүмкіндіктері ерекше маңызға ие.

ОВЕН компаниясының базалық контроллерлері өндірістік жабдықтың жекелеген элементтерін басқаруға арналған негізгі функциялар жиынтығына ие. Алайда күрделі көпсатылы технологиялық процестерді (ет өнімдерін дайындау, термиялық өңдеу, кептіру, вакуумдау, орау) толық орталықтандырылған басқару барысында

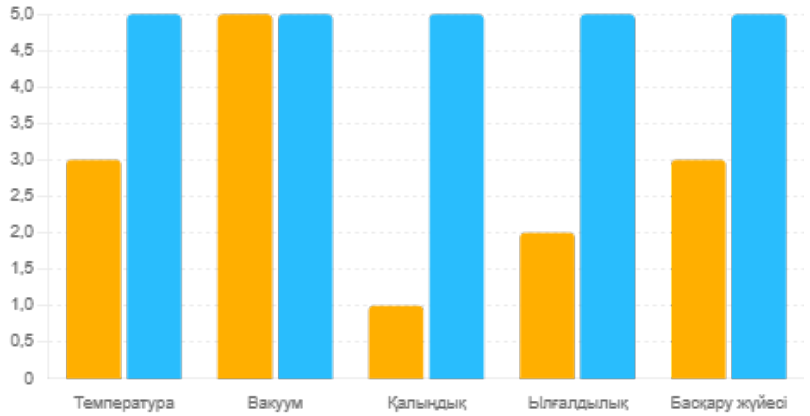
бұл контроллерлердің функционалдық мүмкіндіктері шектеулі болады. Интеграциялау үшін қосымша модульдер мен бағдарламалық қамтулар қажет етіледі.

BE-U бағдарламаланатын логикалық контроллері арнайы ет өңдеу өнеркәсібіне бейімделген. Бұл контроллер шикізатты дайындаудан бастап дайын өнімді қаптауға дейінгі барлық технологиялық кезеңдерді орталықтандырылған түрде басқаруға мүмкіндік береді. BE-U контроллері барлық мамандандырылған датчиктерді тікелей ModbusRTU және Ethernet протоколдары арқылы қосуға қабілетті. Сонымен қатар, құрамында тағам өндірісіне арналған арнайы бағдарламалық қамтамасыз ету бар, интерфейсі ыңғайлы және баптау жұмыстары қарапайым.

Кесте 6 - Контроллер салыстырмалық талдау жасау

Критерий	ОВЕН ПЛК (негізгі)	BE-U (арнайы)
Тағайындалуы	Жалпы өндірістік	Тағам өндірісіне арнайы
Протоколдар	Шектеулі	ModbusRTU, Ethernet
Датчиктермен байланыс	Қосымша модульдер қажет	Тікелей интеграция
Арнайы бағдарламалық қамту	Жоқ	Иә (ет және сүт өндірісіне)
Орнату және басқару	Орташа	Ыңғайлы
Кеңейтілу мүмкіндігі	Шектеулі	Жоғары

Осылайша, BE-U контроллері ет өнімдерін өндірудің кешенді автоматтандырылған жүйелері үшін неғұрлым тиімді және бейімделген шешім болып табылады.



4 - сурет. Датчиктер мен құрылғылардың тиімділігін салыстырмалы бағалау

2 - суретте алынған деректер ұлттық ет өнімдерін өндіруде мамандандырылған датчиктер мен құрылғыларды пайдаланудың артықшылығын растайды. Өлшеудің жоғары дәлдігі, ластану жағдайындағы сенімділік, баптаудың икемділігі және технологиялық процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелеріне интеграциялаудың қарапайымдылығы өнімнің тұрақты сапасын және азық-түлік қауіпсіздігінің заманауи талаптарына сәйкестігін қамтамасыз етеді .

Қорытынды. Зерттеу барысында ұлттық ет өнімдерін өндіруде қолданылатын әртүрлі Сандық құрылғылар мен датчиктерге салыстырмалы талдау жасалды. Талдау негізінде келесі негізгі нәтижелер анықталды:

1. DTS 12x18h10t арнайы платина темпе-

ратура датчиктерін ұзартылған ұшымен және modbusrtu сандық шығысымен пайдалану ОВЕН Компаниясының негізгі өнеркәсіптік датчиктерімен салыстырғанда жоғары дәлдікті (±0,1°C дейін) және температураны бақылау тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

2. Aries pd200-DI1,0-315-0,1-2-N-ECD қысым түрлендіргіші орау және вакуумдық термиялық өңдеу кезеңдерінде вакуумдық қысымды өлшеудің жоғары дәлдігі мен сенімділігін көрсетті, бұл Негізгі және мамандандырылған жабдық жиынтығы үшін оңтайлы шешім болып қала береді.

3. Қазақстан Республикасының СИ тізіліміне енгізілген ut-1M-IP мамандандырылған ультрадыбыстық қалыңдық өлшегіші нақты өндірістік жағдайларда ет өнімдерінің геометриялық параметрлерін тұрақты және жоғары дәлдікпен бақылауды қамтамасыз етеді.

4. ModbusRTU шығысы бар vaxyuva sgo4cm29.00 RSC электрондық ылғалдылық анализаторы негізгі ылғалдылық датчиктерімен салыстырғанда ылғалдылықты бақылау кезінде айтарлықтай жоғары дәлдік пен сенімділікті көрсетті, соның арқасында ет өңдеу өндірісінде қолдануға ұсынылады.

5. Тамақ өнеркәсібі үшін арнайы әзірленген be-U бағдарламаланатын логикалық контроллер сенсорлардың барлық түрлерін біріктіруді, режимдерді реттеудің икемділігін және оңай жұмыс істеуді қамтамасыз ете отырып, технологиялық процестің барлық кезеңдерін тиімді басқаруға мүмкіндік береді.

Осылайша, пайдалану, метрологиялық және технологиялық көрсеткіштердің жиынтығы бойынша жабдықтардың мамандандырылған кешені ұлттық ет өнімдерін өндіруде өндірістік процестерді басқарудың жоғары дәлдігін, сенімділігі мен икемділігін қамтамасыз етеді.

Қаржыландыру: *Жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру жөніндегі №BR24993234 «Ұлттық өнімдер өндірісінің инновациялық технологиялары: ет және сүт өнімдерін өндіруді интенсификациялау және цифрландыру» жобасы шеңберінде орындалды.*

Әдебиеттер

1. Zhang J., Huang H., Song G., Huang K., Luo Y., Liu Q., He X. and Cheng N., Intelligent biosensing strategies for rapid detection in food safety: a review // Biosensors and Bioelectronics. - 2022. - Vol.202. - 114003. DOI 10.1016/j.bios.2022.114003

2. Liberty J. T., Bromage S., Peter E., Ihedioha O. C., & Alsalman F. B. Smart technology for public health: reshaping the future of food safety. Food Control. - 2025. - Vol.176. - Article 111378. DOI 10.1016/j.foodcont.2025.111378.

3. Kavuşan H.S., Serdaroğlu M. Sustainable Advancements: Digital Technologies in Meat Industry // ResearchGate. - 2024.- ISBN 978-2-38236-796-4

4. Bhuiyan Z.W., et al. IoT Based Meat Freshness Classification Using Deep Learning // ResearchGate. - 2024. - IEEE Access PP(99). DOI 10.1109/ACCESS.2024.3520029.

5. Anagnostou G., et al. The Development of Optical Sensing Techniques as Digital Tools to Predict the Sensory Quality of Red Meat // Applied Sciences. - 2025. -Vol.15 (4): P.1719. DOI 10.3390/app15041719.

6. Ghimpeteanu G., et al. Hyperspectral Imaging for Identifying Foreign Objects on Pork Belly // arXiv. preprint.-2024. DOI 10.48550/arXiv.2503.16086

7. Wright R., et al. Safely and Autonomously Cutting Meat with a Collaborative Robot Arm // arXiv preprint.2024. DOI 10.48550/arXiv.2401.07875.

8. Lawrie R. A., Ledward D. A. Lawrie’ s Meat Science. – 7th ed. – Cambridge: Woodhead Publishing. - 2006. - P.224-245. ISBN 13: 978-0-8493-8726-5.

9. Toldrá F., Hui Y. H. (Eds.). Handbook of Meat Processing. – 2nd ed. / Hoboken: Wiley-Blackwell. - 2022. - P.125-150. DOI 10.1002/9780813820897.

10. Sun D. W. Modern Techniques for Food Authentication / Amsterdam: Academic Press. – 2018. - P.489-540. ISBN 9780128142653.

11. Zlatev Z. Z., Stoyanova V. A non-contact ultrasonic device for meat quality assessment // AIP Conference Proceedings. - 2023. - Vol. 2889(1). DOI 10.1063/5.0172938.

12. Tavakkoli-Moghaddam R., Ghahremani-Nahr J., Samadi Parviznejad P., Nozari H., & Najafi E. Applications of Internet of Things in the Food Supply Chain: A Literature Review// Journal of Applied Research on Industrial Engineering.-2022.-Vol.9(4).- P.475–492. DOI 10.22105/jarie.2021.301205.1368.

13. Богданов С. И., Рябцев В. Г. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии : учебник для вузов // Москва: Издательство Юрайт. - 2025. - 113 с. ISBN 978-5-534-15016-2.

14. Преобразователи давления измерительные ОВЕН ПД200 // Руководство по эксплуатации. URL: https://owen-prom.ru.-Қаралған күні: 22.05.2025.

15. Ультразвуковой толщиномер NOVOTEST УТ-1М (обновленная версия) В РЕЕСТРЕ СИ РК URL: https://ecounit.kz/p93324928-ultrazvukovoj-tolschinomer-novotest.html.-Қаралған күні: 25.05.2025.

16. Шишов О. В. Элементы систем автоматизации. Контроллеры, операторные панели, модули удаленного доступа: лабораторный практикум // Москва.-Берлин: Директ-Медиа. - 2015. - 185 с. ISBN 978-5-4475-5273-2.

References

1. Zhang J., Huang H., Song G., Huang K., Luo Y., Liu Q., He X. and Cheng N., Intelligent biosensing strategies for rapid detection in food safety: a review // Biosensors and Bioelectronics. - 2022. - Vol.202. - 114003. DOI 10.1016/j.bios.2022.114003

2. Liberty J. T., Bromage S., Peter E., Ihedioha O. C., & Alsalman F. B. Smart technology for public health: reshaping the future of food safety. Food Control. - 2025. - Vol.176. - Article 111378. DOI 10.1016/j.foodcont.2025.111378.

3. Kavuşan H.S., Serdaroğlu M. Sustainable Advancements: Digital Technologies in Meat Industry // ResearchGate. - 2024.- ISBN 978-2-38236-796-4

4. Bhuiyan Z.W., et al. IoT Based Meat Freshness Classification Using Deep Learning // ResearchGate. - 2024. - IEEE Access PP(99). DOI 10.1109/ACCESS.2024.3520029.

5. Anagnostou G., et al. The Development of Optical Sensing Techniques as Digital Tools to Predict the Sensory Quality of Red Meat // Applied Sciences. - 2025. -Vol.15 (4): P.1719. DOI 10.3390/app15041719.

6. Ghimpeteanu G., et al. Hyperspectral Imaging for Identifying Foreign Objects on Pork Belly

// arXiv. preprint.-2024. DOI 10.48550/arXiv.2503.16086

7. Wright R., et al. Safely and Autonomously Cutting Meat with a Collaborative Robot Arm // arXiv preprint.2024. DOI 10.48550/arXiv.2401.07875.

8. Lawrie R. A., Ledward D. A. Lawrie’ s Meat Science. – 7th ed. – Cambridge: Woodhead Publishing. - 2006. - P.224-245. ISBN 13 978-0-8493-8726-5.

9. Toldrá F., Hui Y. H. (Eds.). Handbook of Meat Processing. – 2nd ed. / Hoboken: Wiley-Blackwell. - 2022. - P.125-150. DOI 10.1002/9780813820897.

10. Sun D. W. Modern Techniques for Food Authentication / Amsterdam: Academic Press. – 2018. - P.489-540. ISBN 9780128142653.

11. Zlatev Z. Z., Stoyanova V. A non-contact ultrasonic device for meat quality assessment // AIP Conference Proceedings. - 2023. - Vol. 2889(1). DOI 10.1063/5.0172938.

12. Tavakkoli-Moghaddam R., Ghahremani-Nahr J., Samadi Parviznejad P., Nozari H., & Najafi E. Applications of Internet of Things in the Food Supply Chain: A Literature Review// Journal of Applied Research on Industrial Engineering.-2022.-Vol.9(4).- P.475–492. DOI 10.22105/jarie.2021.301205.1368.

13. Bogdanov S. I., Rjabcev V. G. Sovremennye problemy nauki i proizvodstva v agroinzhenerii : uchebnik dlja vuzov // Moskva: Izdatel’ stvo Jurajt. - 2025. - 113 s. ISBN 978-5-534-15016-2.[in Russian]

14. Preobrazovateli davlenija izmeritel’ nye OVEN PD200 // Rukovodstvo po jekspluatacii. URL: https://owen-prom.ru .-Қаралған күні: 22.05.2025.[in Russian]

15. Ul’ trazvukovoj tolshhinomer NOVOTEST UT-1M (obnovlennaja versija) V REESTRE SI RK URL: https://ecounit.kz/p93324928-ultrazvukovoj-tolschinomer-novotest.html.-Қаралған күні: 25.05.2025. [in Russian]

16. Shishov O. V. Jelementy sistem avtomatizacii. Kontrollery, operatornye paneli, moduli udalennogo dostupa: laboratornyj praktikum // Moskva.-Berlin: Direkt-Media. - 2015. - 185 s. ISBN 978-5-4475-5273-2.[in Russian]

Авторлар туралы мәліметтер

Алимарданова М.К.- техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР Ауыл шаруашылығы ғылымдары академиясының академигі, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: m.alimardanova@atu.edu.kz;

Жұмахан Н.Б.- техника ғылымдарының магистрі, сеньор-лектор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: nurzhan_14_95@mail.ru;

Сериккызы М.С.- PhD, Профессордың міндетін атқарушы, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: m.serikkyzy@atu.edu.kz;

Абжанова Ш.А.- техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: sholpan-ab@mail.ru

Information about authors

Alimardanova M. K. - doctor of technical sciences, professor, academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Almaty Technological University, Almaty. Kazakhstan, e-mail: m.alimardanova@atu.edu.kz;

Zhumakhan N.B.-master of technical sciences, senior lecturer, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: nurzhan_14_95@mail.ru;

Serikkyzy M.S.- PhD, acting professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: m.serikkyzy@atu.edu.kz;

Abzhanova Sh.A.- candidate of technical sciences, associate professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: sholpan-ab@mail.ru.