



**ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ТАРАҚҚИЁТИ**
**РАЗВИТИЕ НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ**



6
2025



Тахририят ҳайъати раиси:

СИДДИҚОВА С.Ғ. –

Бухоро давлат техника университети ректори

Муовини:

НИЗАМОВ А.Б. –

БухДТУ илмий ишлар ва инновациялар бўйича проректори

Тахрир ҳайъати:

МУҚИМОВ К.М. – ЎзР ФА академиги (ЎЗМУ)

ЖАЛИЛОВ А.Т. – ЎзР ФА академиги (Тошкент кимё-технология ИТИ)

НЕГМАТОВ С.Н. – ЎзР ФА академиги (“Фан ва тараққиёт” ДУК)

БАҲОДИРОВ Ғ.А. – т.ф.д., профессор, ЎзР ФА бош илмий котиби

ХАМИДОВ О.Х. – иқтисод фанлари доктори, профессор (БухДУ)

ЖАЛИЛОВ Т.К. – иқтисод фанлари доктори (DSc), профессор (ТКТИ)

ПАРДАЕВА М.Д. – БухДТУ ёшлар масалалари ва маънавий-маърифий ишлар бўйича биринчи проректори, фалсафа фанлари доктори (DSc)

ХОЖИЕВ А.Х. – ўқув ишлари бўйича проректор, техника ф.ф.д. (PhD)

САИДОВ С.Б. – Бухоро ДТУ молия ва иқтисод ишлари бўйича проректори

ҚУРБОНОВ Ж.М. – техника фанлари доктори, профессор (Самарқанд ИСИ)

АДИЗОВ Б.З. – техника фанлари доктори (DSc), профессор, ЎзРФА УНКИ

АСТАНОВ С.Х. – физика-математика фанлари доктори, профессор

РАХМОНОВ Х.Қ. – техника фанлари доктори, профессор

ВОХИДОВ М.М. – техника фанлари доктори, профессор

ЖЎРАЕВ Х.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

САДУЛЛАЕВ Н.Н. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВ Қ.Х. – техника фанлари доктори, профессор

ФОЗИЛОВ С.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

ИСАБАЕВ И.Б. – техника фанлари доктори, профессор

АБДУРАҲМОНОВ О.Р. – техника фанлари доктори, профессор

ГАФУРОВ К.Х. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ХАЙДАРОВ А.А. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

ЖЎРАЕВ Ф.Ў. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МУРАДОВА Ф.Р. – педагогика фанлари доктори (DSc), профессор

ЖУМАЕВ М.Р. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ЮНУСОВА Г.С. – фалсафа фанлари доктори (DSc), профессор

БОБОЕВ А.Ч. – иқтисодиёт фанлари номзоди, профессор

ТЎХТАЕВА З.Ш. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.Ж. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ҲАЙИТОВ Р.Р. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

БОЗОРОВ Ғ.Р. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

БОЛТАЕВ З.И. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ОЛТИЕВ А.Т. – техника фанлари доктори, (DSc)

ЖАЛИЛОВ Р.Б. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.И. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВА Н.Қ. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

АХМЕДОВ В.Н. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ Р.А. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ПУЛАТОВА М.И. – физика-математика фанлари номзоди, профессор

РАҲМАТОВ Ш.А. – педагогика фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

ОЧИЛОВ А.Р. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

ЎРИНОВ У.А. – педагогика фанлари доктори (DSc), профессор

ПЎЛАТОВА С.У. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

САМИЕВА Ш.Х. – педагогика фанлари доктори (DSc), профессор

ТЕШАЕВ М.Х. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ХАЙТОВ В.У. – иқтисодиёт фанлари доктори (DSc), доцент

ХОЖИЕВ Ш.М. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

ХАЙИТОВ Ш.Н. – иқтисодиёт фанлари доктори (DSc), доцент

ЗОИРОВ Э.Х. – фалсафа фанлари доктори (DSc), доцент

НАРЗИЕВ М.С. – техника фанлари доктори (DSc), доцент

НАМАЗОВА Н.Дж. – иқтисодиёт фанлари б.ф.д. (PhD), доцент

Бош муҳаррир: ДЎСТОВ Ҳ.Б. – кимё фанлари доктори, профессор

Муҳаррирлар: Артикова М.М., Истамова Г.Х.

Мусахҳиҳ: Баракаева Д.Ф.

ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТАРАҚҚИЁТИ

ИЛМИЙ – ТЕХНИКАВИЙ ЖУРНАЛ

РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал Ўзбекистон матбуот ва ахборот агентлиги Бухоро вилояти бошқармасида 2014 йил 22-сентябрда № 05-066-сонли гувоҳнома билан рўйхатга олинган

Муассис:

Бухоро давлат техника университети

Журнал Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги ОАК Раёсатининг 2017 йил 29-мартдаги №239/5-сонли қарори билан диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий наشرлар рўйхатига киритилган. 2019 йилда Ўзбекистон Республикаси ОАК Раёсатининг қарорлари билан қайта рўйхатдан ўтказилган.

Тахририят манзили:

200117, Бухоро шаҳри, Қ. Муртазоев

кўчаси, 15-уй, Бухоро давлат

техника университети

Тел: 0(365) 223-92-40

Факс: 0(365) 223-78-84

Электрон манзил:

E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

Журналнинг тўлиқ электрон варианты билан

<http://journal.bstu.uz>

сайти орқали танишиш мумкин.

Ушбу журналда чоп этилган материаллар тахририятнинг ёзма рухсатисиз тўлиқ ёки қисман чоп этилиши мумкин эмас.

Тахририятнинг фикри муаллифлар фикри билан ҳар доим ҳам мос тушмаслиги мумкин. Журналда ёритилган материалларнинг ҳаққонийлиги учун мақолаларнинг муаллифлари ва реклама берувчилар масъулдирлар.

МУНДАРИЖА - СОДЕРЖАНИЕ – CONTENT

ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЖИҲОЗЛАР	
Яхяев Н.Ш. Эксплуатация нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами....	5
Назаралиева Н. Дезодорациялаш жараёни гидродинамикасини яхшилашда секцияларга ажратиш истиқболлари.....	12
Mansurov O.A. Improving the drying process of fruits using convective method.....	17
Urinov A.A. Magistral quvurlari himoya qoplamalarini modifikatsiyalashda uglevodorod xomashyosi va bitum piroliz chiqindilarini qo‘llash salohiyati.....	21
Норбоев О.Н., Улжаев Э. Расчет основного параметра емкостного датчика.....	25
Tog‘aymurodov S.Z, Rasulova B.I. Yuklama tokining o‘zgarishini transformatorlarning ichki izolyatsiyasiga bog‘liqligini tekshirish.....	30
Berdiyev D.M., Komilova G.M. Shtamp asboblarning termik ishlov berish harorat rejimlarini optimallashtirish.....	34
Зокирова Д.А. Свободных и вынужденных колебаний на установке - ТМ 155.....	38
Bibutov N.S., Hojiyev A.X., Xabibov F.Yu., Xamroyev X.X. Metall konstruksiyalar.....	42
Shukrullayev J.O., Jo‘rayev X.F. Barabanli quritgichda gidrodinamik rejimlarini nazariy tadqiq qilish.....	51
КИМЁ ВА КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАР	
Беккулов Дж.Ш. Адаптивный виртуальный анализатор на основе метода “движущегося окна”, предназначенный для определения и анализа качественных показателей хлорида калия в режиме реального времени, постоянно адаптирующий свой алгоритм работы на основе последних данных.....	56
Mahmudov G‘.B., Ravshanov F.A., Qalandarov A.F. Sianlash jarayonida ionsektiv elektrodi usuli yordamida sian konsentratsiyasini o‘lchash aniqligini oshirish.....	63
Obidov H.O. Gazni qayta ishlash zavodlarida turli xildagi absorbentlarning tahlili va jihoz, qurilmalarning korroziyalanishini oldini olish.....	72
Tilloeva Sh., Sharipov K. Improvement of the demercaptanization process based on kerosene production technology.....	77
Jo‘rayeva D.Sh., Jumayev J.H., Atoev E.X. Sintez qilib olingan 1-(defenilamino)butanon-2 ning xromato-mass spektri tahlili.....	81
Ахмедова О.Б., Мустафоев Б.Ж. Риформинг жараёни учун янги авлод катализаторини танлаш.....	85
Сафаров Ё.Т., Гуро В.П., Расулова С.Н., Рузиев У.Н., Абдуллаев Ф.Р., Асадов А.И. Совершенствование технологии получения высокочистого вольфрамового ангидрида.....	90
Tojiyev O.O., Sharipov Q.Q., Yaminov F.F. Neft va gaz quduqlarining mahsuldorligini oshirish uchun tarkibi yaxshilangan kislota eritmasini olish.....	95
Фозилов Ҳ.С., Туробжонов С.М., Фозилов С.Ф. Этил спирти куб қолдиғи сивуш мойи асосида дизел ёқилғилари учун мойловчи ва едирилишга қарши присадкаларни олиш.....	100
Ranoyev E.R., Do‘stov H.B., Nurnazirova G.D. Buxoro neftni qayta ishlash zavodidagi mazut xomashyosining fizik – kimyoviy tahlili va undan moy va koks olish jarayonini tahlil qilish.....	107
Soatov B.Sh., Xasanov A.S., Hakimov K.J., Muhammadiyev E.M. Xondiza polimetall ma’danlarining kollektiv-selektiv flotatsiyasini optimallashtirish va mis boyitmasini ajratib olishning samaradorligini oshirish	113
Ниезов С.А., Умиров Ф.Э., Номозова Г.Р., Махмудов.Р.А., Худойбердиев Ф.И. Калий хлориди ва натрий гипохлорит конверсияси асосида калий хлоратини олиш.....	119
Savriyev M.S., Do‘stov H.B., Tilloyev L.I. Unconverted oil (uco) ning kimyoviy tarkibini gaz xromatografiya–mass-spektrometriya yordamida tahlil qilish.....	127

МАШИНАСОЗЛИК ВА ЭНЕРГЕТИКА	
Qo'ziyev Z.E. Quyosh fotoelektr panellarining asosiy parametrlarini tahlili va modellari.....	134
Tovboyev A.N., Tog'ayev I.B. Konveyer elektr yuritmalarida garmonik buzilishlarni kamaytirish hamda mexanik nosozliklarning elektr energiyasi sifatiga ta'sirini baholash texnologiyalari..	139
Sadullayev N.N., Murtazoyev F.F. Neft va gaz sanoatida energiya samaradorlikka ta'sir etuvchi omillar va energiya samaradorlikni oshirish imkoniyatlari.....	146
Жалилов Р.Б., Шарипова Н.О. Перспективы комбинированного производства электроэнергии, тепла и холода – актуальное направление в энергетике в условиях цифровой трансформации	150
Гафуров К.Х., Рахманов Ш.Б. Механизм влияния низкочастотного электрического поля на процесс сушки плодов (обзор).....	157
Ахмедов Х.И. Комплексное исследование химического состава, морфологии и эксплуатационных характеристик белых высокохромистых чугунов.....	161
Sayfiddinov Q.E. Ikki rotorli shamol turbinasini matlab/simulink tizimida modellashtirish va optimal parametrlarini aniqlash.....	168
Tovboyev A.N. Elektr tarmoqlarida ko'ndalang kompensatsiya tizimining funksional tahlili.....	174
Mamadjanov A.B., Akmalov J.X. Gravitatsion girdobli mikroges konussimon havzasining maqbul konstruksiyasini asoslash orqali energiya samaradorligini oshirish.....	180
Maxmudov B.M. Key factors in selecting drying process parameters and their impact on product quality and energy efficiency.....	189
ИНФОРМАТИКА ВА АХБОРОТ – КОММУНИКАЦИОН ТИЗИМЛАР	
Тураев Х.С. Повышение надёжности и безопасности сложных технологических процессов с использованием принципов условной обратной связи.....	196
Sobirov M.N. Intelektual qurilmalarning internet tarmog'i (internet of things) ga asoslangan oziq - ovqat ishlab chiqarish va qayta ishlash korxonalarining umumiy modelini ishlab chiqish...	204
Sultonov S. Mathematical modeling of the output power of a mobile power plant with a garland turbine.....	212
ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Dehqonova N.A., Majidov K.X. Paxta moyini rafinatsiyalash jarayonlarida zamonaviy innovatsion texnologiyalarni qo'llash va ularning matematik modelini ishlab chiqish.....	218
Абдуллаева Г.У., Курбанов М.Т. Влияние лекарственных растений и их смеси на микро-биологические показатели комбикормов при хранении.....	226
Sharipov N.Z., Qo'ldosheva F.S. Gilos danagidan moy olish jarayonini ultratovushli maydonida jadallashtirish.....	232
Kuliyeva N.G'., Sharipov N.Z. Qovoq mag'zini quritish jarayonini ultratovush ta'sirida jadallashtirishning nazariy asoslari.....	236
Кабулов Н.А., Сабиров У.К., Окилов А.К. Машинное зрение для автоматизации контроля качества продукции.....	242
Садуллаев С.Х., Шахридинов Ф.Ф. Сравнительный анализ аминокислотного состава белков, полученных из местного зерна тритикале для помола хлебопекарной муки.....	245
ТЎҚИМАЧИЛИК ВА ЕНГИЛ САНОАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Темирова Г.И. Табiiй мўйна хом ашёсининг физик-механик хусусиятларини иқтисодий харажатларга таъсирларини ўрганиш усуллари.....	253
Темирова Г.И. Аёллар устки кийими тайёрлашда фойдаланиладиган табiiй мўйна пакетининг физик-механик хоссалари.....	259

Uzoqova L.P. Tabiiy va sintetik charmlardan tayyorlangan ustki poyabzallarning shaklbardoshligini oshirish uchun shakllantirish rejimlarini ilmiy asoslash.....	264
Mirzaboyev J.B. Turli rusumli pnevmomexanik yigirish mashinalarida olingan ip sifat ko'rsatkichlarini tahlili.....	269
To'xtayeva Z.Sh., Abulova P.U. O'smirlar modasi talablari asosida antropometrik muvofiqlikning ergonomik ko'rsatkichlarini baholash.....	275
Azimova G.A., Kadirova D.N. Jun aralash tarkibli kiyimbop to'qimalarning texnologik ko'rsatkichlari tadqiqi.....	281
Gaybullayeva N.Z. Zamonaviy maxsus ish kiyimlari uchun innovatsion matolarning xususiyatlari va qo'llanilishi.....	285
Abduraxmanova F.A. Bikr qobiq yordamida poyabzal maketini barpo etish usullari.....	291
Uzoqova L.P. Poyabzal ishlab chiqarishda bichuvchi malakasining charmdan foydalanish koeffitsiyentiga ta'sirining ilmiy tahlili.....	296
Ихтиярова Г.А., Рахматова Г.Н., Асадова С.С. Исследования техники мокрого валяния - нунофелтинг на различных шелковых тканях.....	301
Эргашева Н.Д., Нигматова Ф.У., Шомансурова М.Ш., Музаффарова Ф. Модульное проектирование одежды как основа ресурсосбережения.....	306
Toshpulotov L.I., Xamrayeva S.A., Mardonov S.E. Ikki qatlamli ko'ylakbop matoning fizik-mexanik xususiyatlarini aniqlash uslublari.....	315
Kadirova D.N., Azimova G.A. Kiyimbop to'qimalarning tolaviy tarkibini aniqlash.....	320
Совутов М.Э., Мусаев Н.М., Гуляева Г.Х., Мукимов М.М. Иссиқлик сақлаш хусусияти юқори бўлган трикотаж тўқималарининг сифатини баҳолаш.....	324
Xodjayeva M.E., Gafurova N.T. Yigiruvchilar uchun maxsus kiyim yaratishda o'tkazilgan tajribalarni matematik rejalashtirish va ratsional qiymatlarini aniqlash.....	329
Toshpulotov L.I., Xamrayeva S.A., Mardonov S.E. Turli o'rilishli ikki qatlamli ko'ylakbop matolar olish texnologiyasini ishlab chiqish.....	336
Нодирова М.Н., Танибердиев Ф.Р., Исломова М.С., Хамраева С.А. Ипларнинг узиш кучини аниқлаш усулини такомиллаштириш.....	342
Turdiyev B.E. Chigit shikastlanishini kamaytirish tajriba-sinov natijalari.....	345
Avezov M.F., Kuliyeva D.R. Yengil sanoat sohasida bazalt tolali matolardan foydalanishning ilmiy-asosiy tahlili.....	350
Musayev S.S., Qodirov T.J. Maxsus poyabzal tagligi uchun etilen propilen kauchuk va polipropilen asosidagi termoplastik elastomer kompozitsiyalarning mexanik xossalarini tadqiq etish.....	353
Muxammedova M.O. Boldir-tovon bo'g'imlari shikastlangan bemorlar uchun ilmiy asoslangan ortopedik poyabzal konstruksiyasini ishlab chiqish.....	360
Fayziyev S.H., Ibodullayev O.O. Paxta tozalash mashinasini yangi konstruktsiyasini ishlab chiqish.....	365
АНИҚ ВА ИЖТИМОИЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАҢЛАР	
Burxonov Z.A. Kutubxonada ish jarayonida avtomatlashtirilgan intellektual dezinfektsiyalovchi qurilmani ishlab chiqish.....	372
Xolova Sh.A. Effectiveness of implementing internet of things devices in occupational safety: real time monitoring approach.....	377
Мухамедбаев Аг.А. Легкий пористый заполнитель автоклавного генезиса.....	381
Gadoeva O.P. Bazalt asosidagi yangi qurilish materiallarini ishlab chiqarish texnologiyalari.....	388
ЭКОЛОГИЯ ВА АТРОФ МУҲИТ МУҲОФАЗАСИ	
Xaitov R.A., Axmedova M.B., G'ulomov I.G'. Ikkilamchi xomashyolaridan foydalanib ekologik toza qurilish materiallari ishlab chiqarish	394

Xaitov R.A., Axmedova M.B., Xalikova N.S. O‘simlik xomashyolaridan foydalanib ekologik toza mahsulot yetishtirish usullari.....	399
Pirimov R.R., Juraqulov A.X. Buxoro viloyati hududida qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish imkoniyatlari.....	403
Yunusova G. R., Nabiyev A.A., Ro‘ziyev I.X. Chiqindi suvlar tarkibidagi AL, GA, TL ionlarini aniqlash usullari.....	411
Yaminov F.F., Obidov H.O. Oltingugurt-ishqorli oqova suvlarni tozalashning kimyoviy va kompleks usullari.....	417

**АДАПТИВНЫЙ ВИРТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР НА ОСНОВЕ МЕТОДА
“ДВИЖУЩЕГОСЯ ОКНА”, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И
АНАЛИЗА КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ХЛОРИДА КАЛИЯ В РЕЖИМЕ
РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ, ПОСТОЯННО АДАПТИРУЮЩИЙ СВОЙ АЛГОРИТМ
РАБОТЫ НА ОСНОВЕ ПОСЛЕДНИХ ДАННЫХ**

Беккулов Дж.Ш.

Каршинский государственный технический университет.

Аннотация. В данной статье освещены разработка и принципы работы адаптивного виртуального анализатора на основе метода “движущегося окна,” предназначенного для определения и анализа качественных показателей хлорида калия в режиме реального времени. Адаптивный виртуальный анализатор позволяет с помощью современных информационных технологий осуществлять мониторинг основных показателей качества продукции хлорида калия, автоматическую обработку данных и оперативный анализ результатов. С помощью метода “движущегося окна” анализатор постоянно получает новые данные, обновляет существующую модель и адаптируется к условиям процесса. Данный подход позволяет повысить точность в процессе управления качеством продукции, уменьшить влияние человеческого фактора и оптимизировать технологический процесс.

Ключевые слова: хлорид калия, реальное время, качество продукции, движущееся окно, адаптивный виртуальный анализатор, метод робастной регрессии, среднеквадратическая ошибка.

**ADAPTIVE VIRTUAL ANALYZER BASED ON THE “MOVING WINDOW”
METHOD, DESIGNED TO DETERMINE AND ANALYZE THE QUALITY INDICATORS
OF POTASSIUM CHLORIDE IN REAL-TIME REJIM, CONSTANTLY ADAPTING ITS
WORKING ALGORITHM BASED ON THE LATEST DATA.**

Bekkulov J.Sh.

Karshi state technical university.

Annotatoin. This article highlights the development and operating principles of an adaptive virtual analyzer based on the “moving window” method, designed for real-time determination and analysis of the quality indicators of potassium chloride. The adaptive virtual analyzer, through the use of modern information technologies, enables monitoring of the main quality parameters of potassium chloride products, automatic data processing, and prompt analysis of results. By applying the “moving window” method, the analyzer continuously acquires new data, updates the existing model, and adapts to the process conditions. This approach improves accuracy in product quality control, reduces the influence of the human factor, and optimizes the technological process.

Keywords: potassium chloride, real time, product quality, moving window, adaptive virtual analyzer, robust regression method, mean squared error.

**KALIY XLORIDNING SIFAT KO‘RSATKICHLARINI REAL VAQT REJIMIDA
ANIQLASH VA TAHLIL QILISHGA MO‘LJALLANGAN, SO‘NGGI MA‘LUMOTLAR
ASOSIDA O‘Z ISH ALGORITMINI DOIMIY RAVISHDA MOSLASHTIRIB BORUVCHI
“HARAKATLANUVCHI OYNA” USULIGA ASOSLANGAN ADAPTIV VIRTUAL
ANALIZATOR**

Bekqulov J.Sh.

Qarshi davlat texnika universiteti.

Annotatsiya. Ushbu maqolada kaliy xloridning sifat ko‘rsatkichlarini real vaqt rejimida aniqlash va tahlil qilishga mo‘ljallangan, “harakatlanuvchi oyna” usuliga asoslangan adaptiv virtual analizatorni ishlab chiqish va uning ishlash tamoyillari yoritib berilgan. Adaptiv virtual analizator zamonaviy axborot texnologiyalari yordamida kaliy xlorid mahsulotining asosiy sifat ko‘rsatkichlarini monitoring qilish, ma‘lumotlarni avtomatik qayta ishlash va natijalarni tezkor tahlil qilish imkonini beradi. “Harakatlanuvchi oyna” usuli yordamida analizator doimiy ravishda yangi ma‘lumotlarni qabul qilib, mavjud modelini yangilab boradi va jarayon sharoitlariga moslashadi. Bu yondashuv mahsulot sifatini boshqarish jarayonida aniqlikni oshirish, inson omilini kamaytirish va texnologik jarayonni optimallashtirish imkonini yaratadi.

Kalit so‘zlar: kaliy xlorid, real vaqt, mahsulot sifati, harakatlanuvchi oyna, adaptiv virtual analizator, Robast regressiya usuli, o‘rtacha kvadratik xatolik.

Введение. В настоящее время в мире особое внимание уделяется проблемам совершенствования методов определения и оценки качественных показателей готовой

продукции химической промышленности, в том числе калийных удобрений. Повышение эффективности усовершенствованных систем управления технологическими процессами производства калийных удобрений является одним из важнейших факторов конкурентоспособности готовой продукции. Применение оперативно-прогностических систем управления в задачах определения, контроля и оптимизации управления качеством калийных удобрений на сегодняшний день становится чрезвычайно актуальным и важным [1-4].

Методы и материалы исследования. Поэтому проводятся масштабные научно-исследовательские работы, направленные на создание высокоэффективных виртуальных систем определения и анализа качества продукции. В связи с этим особое внимание уделяется внедрению усовершенствованных систем управления, обеспечивающих энергоэффективность и ресурсосбережение, включая адаптивные виртуальные анализаторы. Для выполнения этих задач использование адаптивных виртуальных анализаторов, определяющих качество калийных удобрений, является чрезвычайно актуальным [2].

Адаптивный виртуальный анализатор - это интеллектуальная система, которая автоматически анализирует данные в режиме реального времени или в офлайн-режиме, способная к самонастройке. Этот анализатор обрабатывает данные с использованием искусственного интеллекта или передовых статистических методов и предоставляет результаты пользователю. Вместе с тем, адаптивный виртуальный анализатор автоматически настраивается на основе результатов модели, при вводе дополнительных данных обновляет алгоритмы, а при изменении потока данных - оптимизирует себя.

Поэтому предлагается использовать его для определения и контроля качества продукции во всех отраслях промышленности, в том числе в производстве калийных удобрений. Адаптивный виртуальный анализатор для контроля технологических параметров и качества продукции при производстве калийных удобрений обеспечивает высокий уровень точности и эффективности [4-11].

Результаты исследования. Качество хлорида калия (KCl) требует постоянного контроля в ходе технологических процессов. При этом, по сравнению с традиционными методами анализа, предпочтительны быстрые, в реальном времени и автоматизированные методы [3-6]. С этой целью совершенствуется виртуальный анализатор, разработанный на основе метода *“движущегося окна”*.

Для определения качества хлорида калия предложено обновить виртуальный анализатор, который может адаптировать устройство на основе разработанного метода *“движущееся окно - (это алгоритм, который анализирует последние ξ интервала данных на основе измерений в реальном времени и адаптирует модель на этой основе),”* который состоит из этапов подготовки анализатора к работе и $(1 \div \xi)$ деления данных на диапазон [6]. Представлена структурная схема процесса функционирования предлагаемого виртуального анализатора (рис. 1).

Обобщенная математическая модель виртуального анализатора построена с помощью метода робастной регрессии при следующих параметрах: $\hat{A}_\psi^k = \{\hat{a}_\psi, \hat{b}_{1,\psi}, \dots, \hat{b}_{m,\psi}\}$. Основываясь на обучающей выборке размерности k , получим:

$$B_\psi = \{Y_\psi, X_\psi\},$$

$$\text{где: } Y_\psi = \begin{pmatrix} y_{\psi-k+1} \\ \vdots \\ y_\psi \end{pmatrix} \text{ — аргументы функции настройки; } \tilde{X}_\psi = \begin{pmatrix} X_{k-h+1} \\ X_k \end{pmatrix}_{h \times 1} \text{ - матрица расчета}$$

величин на входе; k -интервал изменения аргументов согласующих функций.

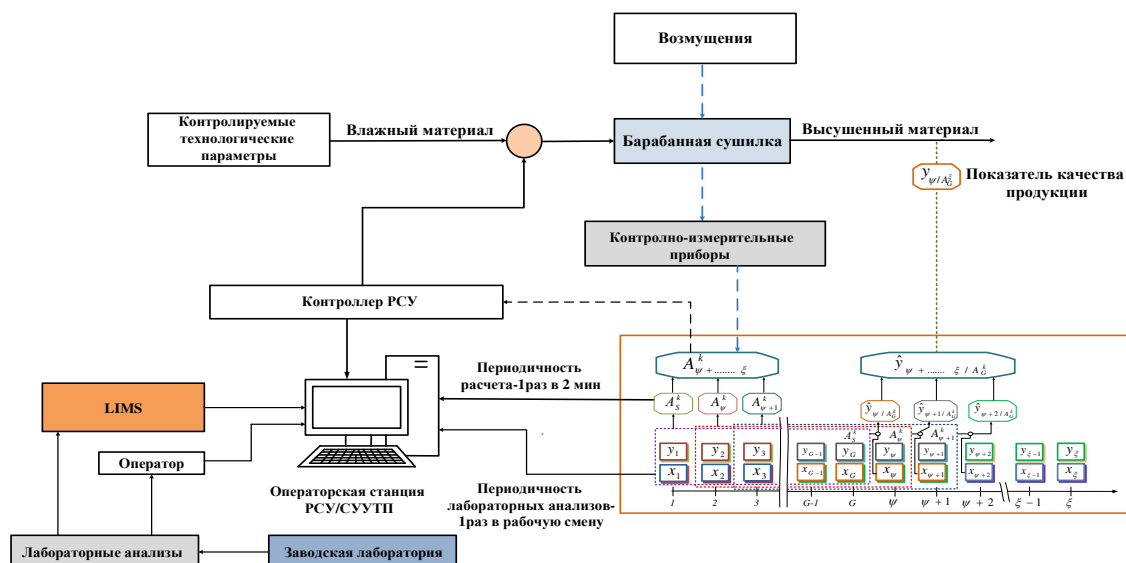


Рис.1. Структурная схема функционального процесса работы виртуального анализатора.

По построенной модели значения выходных переменных можно использовать для прогнозирования значений:

$$y_{k+1/\hat{B}_k^h} = \hat{a}_k + \sum_{i=1}^m \hat{b}_k^{(i)} u_{k+1}^{(i)}, \quad (1)$$

где: $u_k^{(i)}$ - технологические параметры, $y_{k+1/\hat{B}_k^h}$ - показатель качества продукции,

$b_k^{(i)}$ - коэффициенты регрессии, обновляемые на основе каждого измерения ξ .

По выборке реального значения вычисляется абсолютная ошибка, чтобы прогноз, сделанный моделью с регрессионной связью, не приводил к ошибке:

$$САП_{\psi+1} = y_{\psi+1} - y_{\psi+1/\hat{B}_\psi^h}. \quad (2)$$

Во избежание больших ошибок в общем прогнозе после вычисления абсолютной ошибки используется виртуальный анализатор:

$$B_{\psi+1} = \{Y_{\psi+1}, X_{\psi+1}\}, \quad (3)$$

$$\text{где: } Y_k = \begin{pmatrix} y_{k+2-1} \\ \vdots \\ y_{k+1} \end{pmatrix}; X_{k+1} = \begin{pmatrix} x_{k+2-h,1} & \cdots & x_{k+2-h,m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{k+1,1} & \cdots & x_{k+1,m} \end{pmatrix}_{h \times m}$$

Для выборки $\hat{B}_{k+1}^h$, которая обучает новую регрессию, задаются параметры модели, и выполняется описанная выше последовательность действий.

Вместе с наблюдением выходных и входных параметров используются $(\psi, \dots, N)$, переменных и формируется вектор ошибки прогнозирования:

$$САП^k = \{САП_\psi^k, САП_{\psi+1}^k, \dots, САП_N^k\} \quad (4)$$

Погрешность качественного показателя адаптивного виртуального анализатора вычисляется для следующего усреднения квадратичной ошибки:

$$\overline{СКП}^h = \frac{\sum_{i=\psi}^N (САП_i^k)^2}{N - \psi + 1}. \quad (5)$$

Виртуальный анализатор непрерывно рассчитывает показатель качества продукции, основываясь на параметрах технологического процесса [5-11].

Для определения входных параметров виртуального анализатора и получения регрессионных зависимостей оценивают показания датчиков соответствующих параметров технологического процесса с сервера системы управления (рис.2-рис.7).

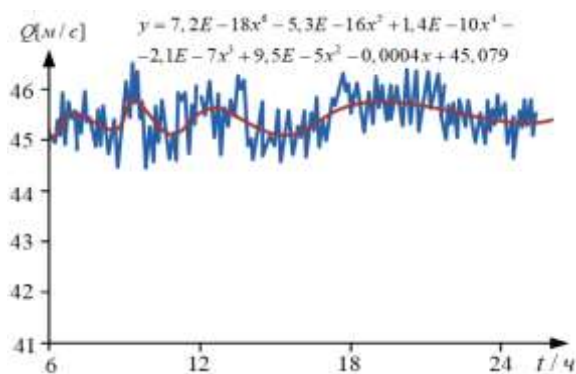


Рис.2. Регрессионная зависимость от показаний датчика расхода сушильного агента.

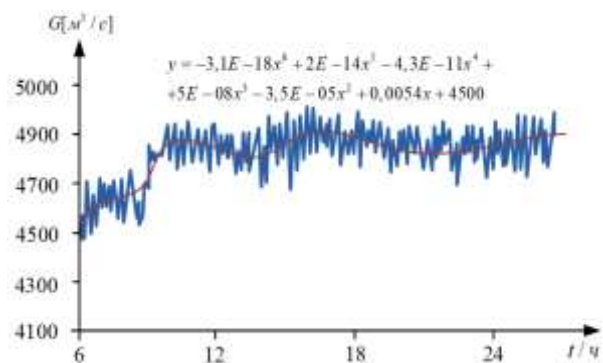


Рис.3. Регрессионная зависимость от показаний датчика первичного расхода воздуха.

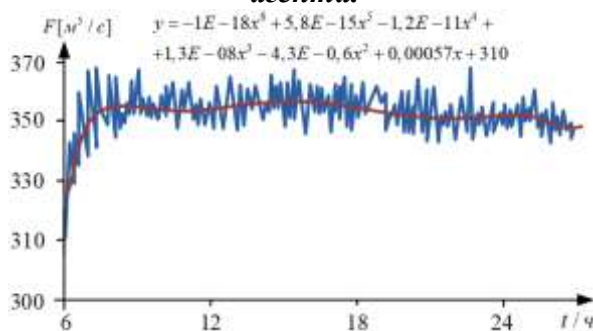


Рис.4. Регрессионные аппроксимации показаний с датчика вторичного расхода воздуха.

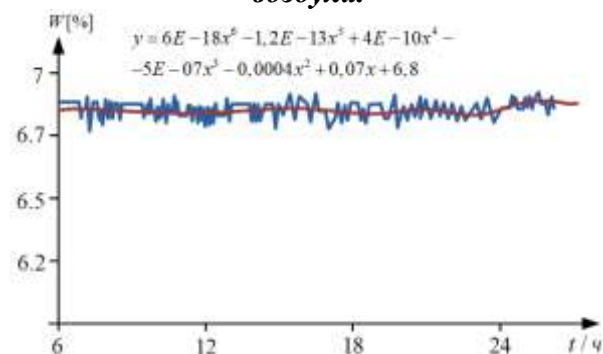


Рис.5. Регрессионные аппроксимации показаний с датчика влажности KCl на входе в сушильный аппарат.

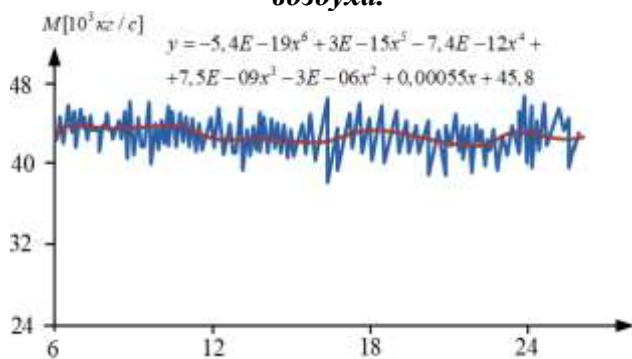


Рис.6. Регрессионные аппроксимации показаний с датчика расхода материала на входе в сушильный аппарат.

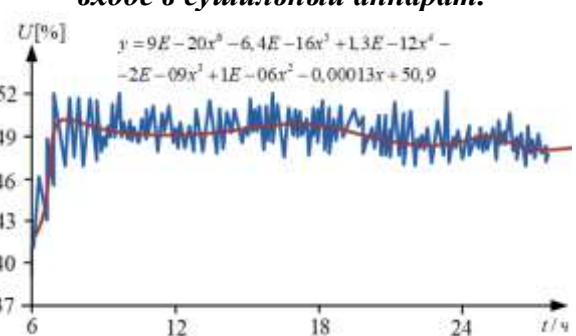


Рис.7. Регрессионные аппроксимации показаний с датчика влажности воздуха на входе в топку сушилки.

Структура модели виртуального анализатора, включая влажность хлористого калия на входе и выходе барабанной сушилки, расход сушильного агента, первичный расход воздуха, вторичный расход воздуха, влажность хлористого калия на входе, расход влажного концентрата, влажность воздуха на входе, получена нелинейность рабочей характеристики калорифера на входе [143]. Технологические параметры, влияющие на влажность в процессе сушки, являются основными входными переменными виртуального анализатора: x_1 – расход теплоносителя [$m^3/soat$]; x_2 – расход первичного воздуха [$m^3/soat$]; x_3 – вторичный расход

воздуха [m^3/soat]; x_4 – входная влажность хлорида калия [%]; x_5 – расход влажного концентрата [m^3/soat]; x_6 – входная влажность воздуха [%].

Переменные для концентрации CO в сушильном агенте, соответственно входы $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ выражаются следующим образом:

$$\begin{aligned}\phi(y_{co}) &= 0,025y_{co} - 0,82 \\ \psi_1(x_1) &= -0,0032x_1 + 0,63 \\ \psi_2(x_2) &= 0,00041x_2^2 + 0,0062 \\ \psi_3(x_3) &= 0,000071x_3 + 4,1 \\ \psi_4(x_4) &= -0,0005x_4 - 0,07x_4 + 681,3 \\ \psi_5(x_5) &= -0,00075x_5^2 - 0,007x_5 + 814,8 \\ \psi_6(x_6) &= -0,00083x_6^2 - 0,008x_5 + 845,9\end{aligned}\quad (6)$$

Используя существующий промышленный образец и уравнение (7), строится модель ВА для концентрации оксида углерода (CO) в сушильном агенте:

$$y_{co} = 2071,6 - 0,7x_1 + 81,5x_2 - 0,8x_3 - 671,5x_4 - 420,8x_5 - 0,54x_2^2 + 3,6x_4^2 + 6,02x_5^2 \quad (7)$$

На рисунке 8 ниже видно изменение результатов лабораторных и модельных исследований окиси углерода в теплоносителе.

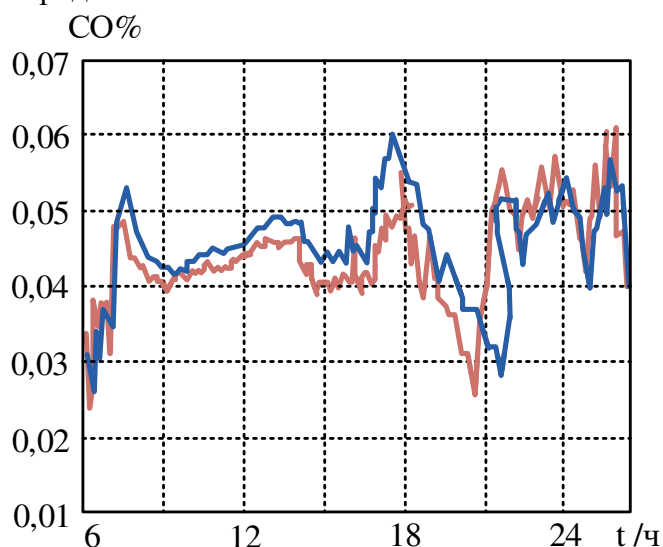


Рис.8. Изменение лабораторных и модельных результатов содержания оксида углерода в теплоносителе.

Анализ результатов исследования. Виртуальный анализатор, построенный на основе регрессионных моделей, позволяет улучшить качество управления процессом, исходя из его способности адаптироваться при изменении значений качества продукта. С помощью этих регрессионно-связанных моделей строится виртуальный качественный анализатор. Виртуальные анализаторы предоставляют математические модели, которые выполняют косвенные расчеты показателей хлорида калия с использованием архивных данных, хранящихся в их базе данных, и лабораторных результатов [10,11]. Одной из инвариантных задач при прогнозировании качества является нахождение решения для выбора наиболее оптимального значения ширины окна на основе точных критериев. Если отклонение результата виртуального анализатора от положения равновесия больше обычного, окончательный результат расчета ширины окна определяется по следующему выражению: $\xi_0 = 10 \cdot n$, где n - показатель степени входных тактовых переменных в конечном результате модели [6-8].

В зависимости от отклонений переменных на входе в модель в положении равновесия целесообразно использовать среднеквадратическую ошибку, чтобы избежать ошибок при прогнозировании значения выходного результата, соответствующего каждому удаляющемуся от положения равновесия такту на этапе выбора оптимального результата из переменных:

$$J_{O'KX} = \frac{1}{\xi - G} \sqrt{\sum_{\psi=G+1}^{\xi} (y_{\psi} - \hat{y}_{\psi / A_{\psi-1}^k})^2}, \quad (8)$$

где: y_{ψ} - значение аргументов k функций согласования; $\hat{y}_{\psi / A_{\psi-1}^k} - A_{\psi+1}^k$ - прогнозирование значений аргументов функций адаптации. Ширина окна виртуального анализатора соответствует минимизированному значению прогноза. Кроме того, при расчете ширины окна целесообразно использовать коэффициенты детерминации. Она рассчитывается следующим уравнением:

$$J_{N^2} = 1 - \xi^2 = \frac{\sum_{\psi=G+1}^{\xi} (y_{\psi} - \hat{y}_{\psi / A_{\psi-1}^k})^2}{\sum_{\psi=G+1}^{\xi} (y_{\psi} - \bar{y})^2}, \quad (9)$$

где: $\bar{y}$ - среднее арифметическое значения аргументов функций согласования. Ширина окна виртуального анализатора с адаптивным свойством J_{N^2} определяется минимальным значением оптимальной ширины критерия. При выборе оптимальных значений ширины окна виртуального анализатора, обладающего свойством адаптации, модель с регрессионной зависимостью от данных об аргументах адаптационной функции требует использования в качестве информации критериев, отражающих изменение значений технологических параметров.

Среднеквадратические отклонения используются для определения изменения прогнозируемого значения модели с регрессионной зависимостью:

$$P_{\bar{b}_k^{(i)}} = \sqrt{\frac{1}{\xi - G} \sum_{\psi=\xi+G}^{\xi} (\hat{b}_{\psi,k}^{(i)} - \bar{b}_{k,b}^{(i)})^2}, \quad (10)$$

где, $\bar{b}_{k,b}^{(i)}$ - i -переменные модели, имеющие регрессионную зависимость на основе k - аргументов функций согласования в ширине ξ подвижного окна; Виртуальный анализатор с шириной $\bar{b}_k^{(i)} - \xi$ представляет собой среднее арифметическое i -прогнозных значений модели с регрессионной зависимостью в результате движения [6-10]. Проанализируем критерий расчета ошибок точности прогноза модели с регрессионной зависимостью в качестве критерия выбора наилучшего значения ширины окна виртуального анализатора:

$$J_B = \sum_{i=1}^m P_{P_k^{(i)}}. \quad (11)$$

На рис. 9 изображены графики зависимости минимизированного значения от оптимальной ширины окна виртуального анализатора.

В то же время предлагается использовать значение минимизации с целью уменьшения ошибок в прогнозировании модели:

$$J = J_{CKO} + J_{N^2} + J_B \quad (12)$$

J - минимизированное значение модельного прогноза.

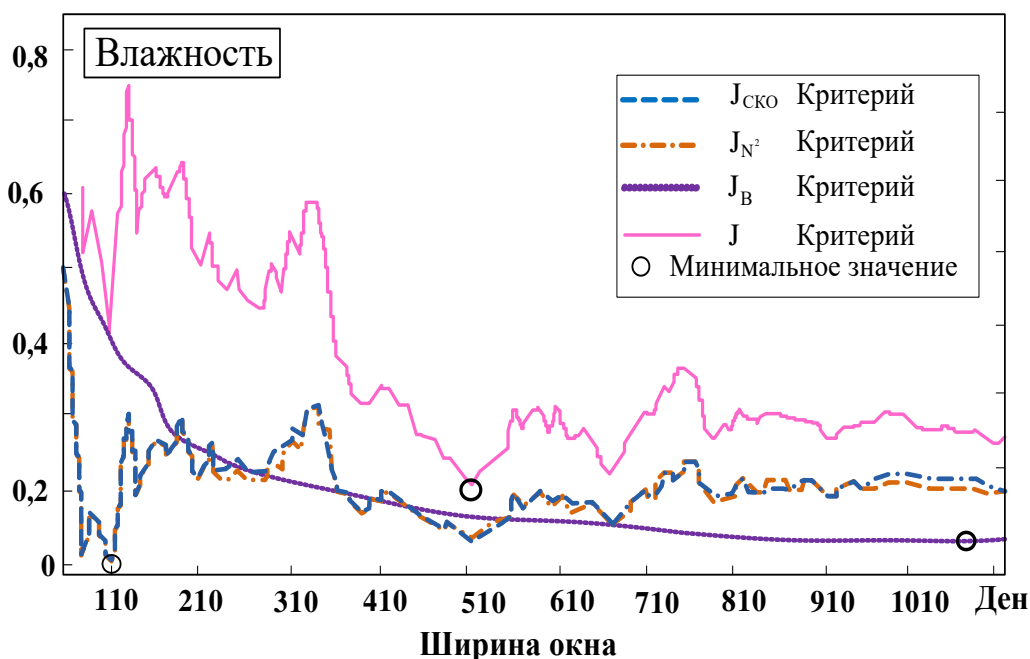


Рис.9. Ширина окна виртуального анализатора с адаптивными свойствами.

Ширина окна, среднеквадратическая ошибка и коэффициенты детерминации, используемые при расчете значений аргументов функции согласования, приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Критерий	J_{CKO}	J_{N^2}	J_B	J
Оптимальная ширина окна	110	110	1010	610
N среднеквадратическая ошибка (CKO)	0,07339	0,07339	0,14123	0,07828
N^2 коэффициенты детерминации	0,40172	0,40172	0,35345	0,39115

В действительности, в ходе изучения различных критериев выбора оптимальной ширины окна виртуального анализатора, обладающего свойством адаптации, наличие способности подобия J_{CKO} и J_{N^2} , совпадение значений при расчете оптимальной ширины и превращение их в убывающую по изменению функцию выражает соответствие между ними [11].

Заключение. В данной статье разработана и предложена концепция адаптивного виртуального анализатора на основе метода "движущегося окна" как современного подхода к определению и оценке качественных показателей продукта хлорида калия (КСІ). Предлагаемая система постоянно обновляет модель линейной регрессии на основе данных последних ξ измерений, а также алгоритм работы анализатора и обеспечивает быструю адаптацию системы к малым изменениям параметров процесса, позволяя точно прогнозировать качество продукции.

В результате за счет высокоточных прогнозов значительно повышается устойчивость технологического процесса и эффективность контроля качества продукции. Также полученные результаты показывают возможность практического применения предложенного виртуального анализатора в промышленных условиях и считаются перспективным решением для автоматизации мониторинга качества продукции в химической промышленности, что имеет важное практическое значение для повышения эффективности контроля качества продукции, снижения ошибок, связанных с человеческим фактором, и обеспечения общей стабильности производства.

Литература

1. Юсупбеков, Н., & Беккулов, Ж. (2023). Технологические процесса производства калийных удобрений как объекта контроля и управления. In *Международная конференция академических наук* (Vol. 2, No. 1, pp. 57-64).
2. Sherboyevich, B. J., & Askarovna, A. S. (2024). The conceptual structure of the APC-an improved system for monitoring and controlling technological processes for the production of mineral (potash) fertilizers. *American Journal of multifunctional publishing*, 1(7), 26-35.
3. Potocki, V.A., Fadeev, V.M., Maksimov, E.A., Bakhtadze, N.N. (2004). Virtual analyzers of the quality of technological process control based on a nonlinear dynamic predictor. Abstracts of the 5th International dokpads. Conferences "Problems of management and energy". Tbilisi, 35 p.
4. Ruziyev U.A., Bekkulov Zh.Sh./ Virtual Potassium Chloride Analyzer in the System of Advanced Control of Potash Fertilizer Production Processes. «Chemical technology control and management». №1 (109), 2023-pp.80-88. https://ijctcm.researchcommons.org/journal_
5. Маллаев А.Р., Беккулов Ж.Ш., Норбоев О. Н., Эшонкулов М. Н. Программа для отображения на экран данных, полученных с виртуальных анализаторов/Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. № DGU 09820.2021 г.
6. Д.А.Никитин и др. Адаптивный виртуальный анализатор в системе усовершенствованного управления// «Южно-сибирский научный вестник» №2(36).2021.ст.149-155.
7. Самотылова С.А. Разработка виртуальных анализаторов для системы управления массообменными технологическими процессами производства метилтрет-бутилового эфира //Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Владивосток -2020.
8. Chew, Chun Ming and Aroua, Mohamed Kheireddine and Hussain, Mohd Azlan. Advanced process control for ultrafiltration membrane water treatment system//Journal of Cleaner Production, 179.2018 -pp. 63-80. ISSN 0959-6526
9. Neural virtual sensor for the inferential prediction of product quality from process variables / R. Rallo, J. Ferre-Gin, A. Arena, F. Giralt // Computers and Chemical Engineering. - 2002. - Vol. 26. - P. 1735-1754.
10. Бахтадзе Н.Н., Лотоцкий В.А. Современные методы управления производственными процессами // Системы управления технологическими процессами. - 2009. - №3 (1). - С. 56-63.
11. Логунов П.Л., Шаманин М.В. и др. Усовершенствованное управление технологическими процессами //Автоматизация в промышленности. 2015. №4, с. 4-14 с.

Беккулов Джахонгир Шербоевич - Каршинский государственный технический университет доцент кафедры "Автоматизации и управления технологическими процессами" Тел: +99899-091-09-55 E-mail: jbekqulov@mail.ru

SIANLASH JARAYONIDA IONSELEKTIV ELEKTRODI USULI YORDAMIDA SIAN KONSENTRATSIYASINI O'LCHASH ANIQLIGINI OSHIRISH

Mahmudov G'.B., Ravshanov F.A., Qalandarov A.F.

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti.

Annotatsiya. Ushbu maqolada sian ionlarining konsentratsiyasini o'lchashda ionselektiv elektrodlardan (ISE) foydalanishning ilmiy-metodik asoslari, metrologik jihatidan o'lchash aniqligi va sanoatdagi qo'llanilishi keng tahlil etilgan. Nodir metallarni sianlash jarayonining umumiy fizik-kimyoviy xususiyatlari, sianlash jarayonida ISE usulining afzalliklari o'lchash aniqligini oshirishga qaratilgan texnik va algoritmik yechimlar, shuningdek o'lchash tizimining strukturaviy sxemalari va uning tavsifi yoritilgan. Bundan tashqari, ISE asosidagi o'lchash tizimlarini sun'iy intellekt bilan bog'lash orqali aniqlikni oshirish, ishonchlilikni ta'minlash hamda avtomatlashtirilgan monitoring qilish imkoniyatlarini yaratish istiqbollari ko'rib chiqilgan.

Tayanch so'zlar: sian ionlari, ionselektiv elektrod, metrologik aniqlik, sianlash jarayoni, kalibrlash, signallarni filtrlash, intellektual tizim, real vaqt monitoring, membrana selektivligi, oltin qazib olish, fizik-kimyoviy tahlil, mikroprotessorli tizim, sun'iy intellekt.

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ТАЪЛИМ,
ФАН ВА ИННОВАЦИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ**

БУХОРО ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

**Бухоро давлат техника университети нашри
“ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТАРАҚҚИЁТИ”**

Илмий-техникавий журнал

2025 йил, 6-сон. ISSN 1281-8193

Журнал таҳририят компютерида саҳифаланди.

Манзил: 200117, Бухоро ш., Қ.Муртазоев кўчаси 15.

Тел: (8-365) 223-92-40, E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

<http://journal.bstu.uz>

БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Издатель: Бухарский государственный технический университет

«РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

Научно-технический журнал

Выпуск 6, 2025. ISSN 1281-8193

Отредактирована на компьютере редакции.

Адрес: 200117, г. Бухара, ул. К. Муртазаева, 15.

Тел.: (8-365) 223-92-40, E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

<http://journal.bstu.uz>

BUKHARA STATE TECHNICAL UNIVERSITY

Publisher: Bukhara State Technical University

DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Scientific and Technical Journal

Issue 6, 2025. ISSN 1281-8193

Yedited on the yeditorial computer.

Address: 200117, Bukhara, K. Murtazaev Street, 15

Tel.: (8-365) 223-92-40, E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

<http://journal.bstu.uz>