# MATEMATIK MODEL ASOSIDA QATTIQ KATOD BILAN XLOR ELEKTROLIZORLARINING BA'ZI LOYIHALASHTIRISH PARAMETRLARINI ASOSLASH

**Mansur Ochilov**

***Islom Karimov Nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti Olmaliq Filiali, Olmaliq, 110100, O‘Zbekiston***

***Kimyoviy texnologiya kafedrasi mudiri***

**Annotatsiya.** Izoh. Ushbu maqolada ish faoliyatini optimallashtirish va yon jarayonlarni minimallashtirish uchun oqim zichligi, anolit darajasi va elektrodlararo masofa kabi omillarni hisobga olgan holda, matematik model asosida qattiq katodli xlor elektrolizatorlarining ba'zi dizayn parametrlarini asoslaydi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, elektrod to'plamining balandligini oshirish oqim samaradorligining pasayishi va natriy xlorat hosil bo'lishi sababli amaliy emas va H = 76 sm balandlik energiya iste'moli nuqtai nazaridan optimalga yaqin. Tadqiqot maqsadi matematik model asosida qattiq katodli xlor elektrolizatorlarining ayrim konstruktiv parametrlarini asoslash, shuningdek, unumdorlikni optimallashtirish va yon jarayonlarni minimallashtirishdan iborat. Tadqiqot qattiq katodli xlor elektrolizatorlariga, xususan, DM-25 dizayniga qaratilgan va taqqoslash uchun membrana elektrolizatorini ham o'z ichiga oladi.

**Kalit so‘zlar.** Natriy xlorat, Elektrolizator, Matematik model, elkltrod, DM-25, xlor, katod.

**Аннотация.** В исследовании обоснованы некоторые конструктивные параметры электролизеров хлора с твердым катодом на основе математической модели с учетом таких факторов, как плотность тока, уровень анолита и межэлектродное расстояние, для оптимизации производительности и минимизации побочных процессов. В исследовании установлено, что увеличение высоты набора электродов нецелесообразно из-за снижения выхода по току и образования хлората натрия, а высота H = 76 см близка к оптимальной с точки зрения энергопотребления. Целью исследования является обоснование некоторых конструктивных параметров электролизеров хлора с твердым катодом на основе математической модели, а также оптимизация производительности и минимизация побочных процессов. В исследовании основное внимание уделяется электролизерам хлора с твердым катодом, в частности конструкции DM-25, а также рассматривается мембранный электролизер для сравнения.

**Ключевые слова:** Хлорат натрия, Электролизер, Математическая модель, электрод, ДМ-25, хлор, катод.



*ISSN 3030-3907*

**Abstract.** The study justifies some design parameters of chlorine electrolyzers with a solid cathode based on a mathematical model, considering factors such as current density, anolyte level, and interelectrode distance, to optimize performance and minimize side processes. The study finds that increasing the height of the electrode set is impractical due to a decrease in current efficiency and the formation of sodium chlorate, and that the height H = 76 cm is close to the optimum in terms of power consumption. The study aims to justify some design parameters of chlorine electrolyzers with a solid cathode based on a mathematical model, optimize performance, and minimize side processes. The study focuses on chlorine electrolyzers with a solid cathode, specifically the DM-25 design, and also considers a membrane electrolyzer for comparison.

**Keywords.** Sodium chlorate, Electrolyzer, Mathematical model, electrode, DM-25, chlorine, cathode.

**Kirish.**

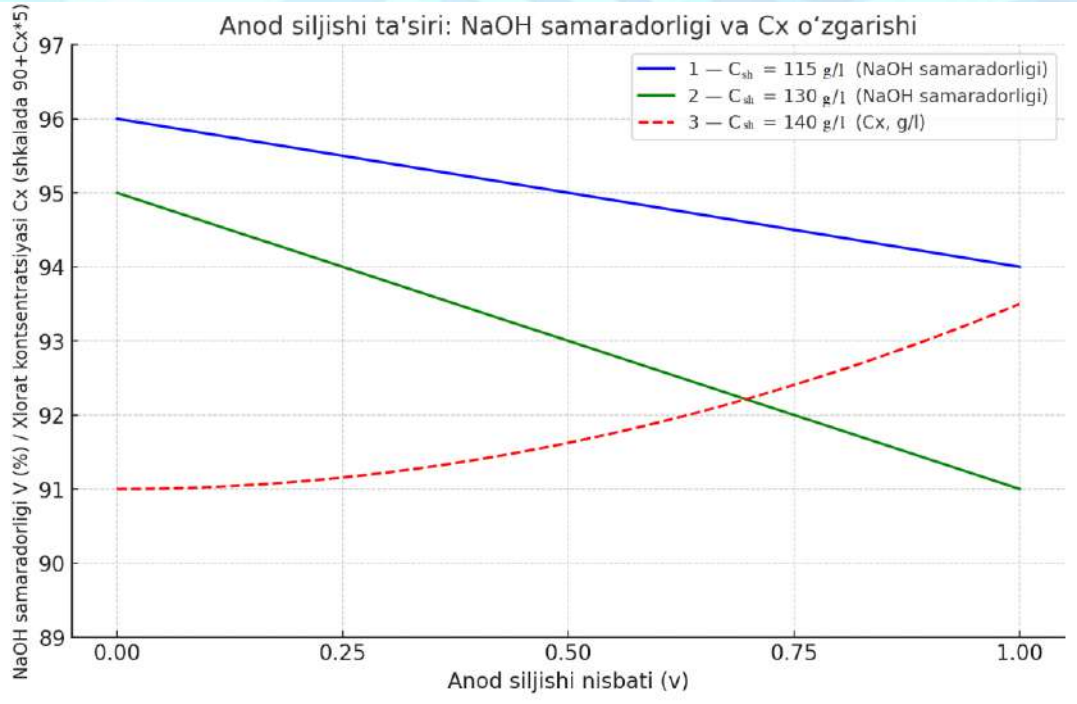
Maqolalar [1] xlorli diafragma elektrolizatoriga qo‘llaniladigan matematik modellashtirish usulining asosiy nazariy tamoyillarini umumlashtiradi va BGK-50/25 va BGK-100 tipidagi ishlaydigan elektrolizatorlarning konstruktiv va texnologik parametrlarini hisoblashning ba’zi natijalarini taqdim etadi [2]. Modelning keyingi rivojlanishi va takomillashtirilishi maqolalarda keltirilgan [3]. Maqola [4] anolit resirkulyatsiyasi mavjudligida ikkinchisining selektivligiga qarab elektrolizatorlar seriyasidagi yoki ion almashinadigan membranali hujayralardagi qo'shimcha mahsulotlar balansini o'rganish uchun matematik modellash usulidan foydalangan.[5] Qattiq katodli elektrolizatorning matematik modeli bir nechta mustaqil bloklardan tashkil topgan EC tipidagi kompyuterlar uchun algoritm va dasturlarda amalga oshiriladi.[6] Ushbu maqolada keltirilgan natijalar quyidagi bloklar yordamida olingan: diafragma elektrolizatorining qattiq fazasi va kuchlanishini komponentlar bo'yicha taqsimlash modeli; anolit va diafragmada sodir bo'ladigan yon jarayonlarning butun majmuasini, oqim zichligi taqsimotining notekisligini va hujayraning konstruktiv xususiyatlaridan kelib chiqqan filtrlash tezligini hisobga olgan holda diafragma elektrolizatori mahsulotlarining joriy rentabelligini hisoblash;[7] dizayn parametrlarining, shu jumladan elektrodlar majmuasini ishlab chiqarish va yig'ishdagi noaniqliklarning diafragma va membrana elektrolizatorlarida oqim zichligi va kuchlanishning taqsimlanishiga ta'sirini baholash.[8] Bu natijalar qattiq katodli xlorli elektrolizatorlarning alohida konstruktiv elementlarini ishlab chiqish va ularning loyihalashtirilgan elektrolizatorning texnologik parametrlariga ta'sir qilish darajasini aniqlashda matematik modellashtirish usulining imkoniyatlarini ko'rsatadi.[9]



ISSN 3030-3907

**Tajriba va natijalar.**

Diafragma bilan elektrolizator. Keling, o'rtacha oqim zichligi j = 0,143 A/sm² va katod yuzasining yuqori qismiga nisbatan anolit sathining balandligi H = 76 sm bo'lgan DM-25 konstruktsiyasini hisobga olgan holda, tipik birlashtirilgan elektrolizatorlar seriyasini ko'rib chiqaylik, chunki dizayn H parametrining balandligini ishchi tirqishlarda Δ0 sm ga o'zgartirishga imkon beradi. Hisoblangan chegaralar ichida katolitdagi $NaClO_3$ kontsentratsiyasining pasayishi va barqaror diafragmalardan foydalanganda maksimal anolit darajasini saqlab turish bilan oqim samaradorligi 0,3-0,5% ga oshadi.




**1-rasm. Xlorat konsentratsiyasi o‘zgarishi grafikda 90 ga qo‘shilgan koeffitsiyent bilan ko‘rsatilgan (shkala farqlanishi uchun), chunki grafikda bir o‘qda ikkita fizikaviy kattalik (V va Cx) tasvirlangan.**

Bir xil bo'lmagan filtrlash modeliga asoslangan [10] ishida, elektrod maydoni bo'ylab oqim zichligi taqsimotining haqiqiy notekisligi natijasida yuzaga keladigan yon jarayonlarning intensivligini o'rganishda ushbu anolit darajasini saqlab qolish maqsadga muvofiqligi tasdiqlandi, bu elektrodlarni ishlab chiqarish va yig'ishdagi noaniqliklarning ruxsat etilgan chegaralarini baholashga imkon berdi. Pastki oqim qo'rg'oshinli anod qutisining qarshiligini dastlabki hisoblash qattiq titan plitasining etarli qalinligini (bir xil qarshilik bilan), da = 3,68 mm ni aniqlashga imkon berdi. Anod to'plamining qarshiligini hisobga olgan holda, bu qalinlik joriy zichlikni taqsimlash modelida paydo bo'ladi. DM-25 elektrolizatorining boshqa parametrlari quyidagicha qabul qilindi: elektrodlararo masofa - 10,5 mm, diafragma qalinligi - 2,5 mm, diafragma diffuziya o'tkazuvchanlik koeffitsienti fD = 0,40, DH = 16. Transmissiya uchun jonli



ISSN 3030-3907

tasavvurlar maydoni fraktsiyalari =,09. panjara $a_k$ = 0,25. Anod qutisining ichki o'lchami - 20 mm. Hujayraning gidrodinamik xarakteristikalarining noaniqligi tufayli quyidagi qiymatlar kombinatsiyasi o'rganildi: hujayra kirishidagi gaz miqdori $e_0$ ostidan $e_0$ = 0 va 0,1, pastdan hujayra kirishida aylanish tezligi $w_0$ = 1; 10 va 40 sm / s, shuningdek, ko'tarilgan oqimning kesimida gaz taqsimotining ikkita cheklovchi holati [9]. 1-rasmda sanab o'tilgan gidrodinamik sharoitlarning 12 ta kombinatsiyasidan o'rtacha ma'lumotlar sifatida olingan, oqim va katolitdagi natriy xlorat miqdorining anodning egilish qiymati v = 0,5Hth/($d_a$ - de) bo'yicha NaOH unumining hisoblangan bog'liqliklari ko'rsatilgan. O'lchamsiz qiymat v vertikal th dan burchak og'ishiga, balandlikka, diafragma va anod $d_a$ orasidagi anolit qatlamining qalinligi va statsionar gaz qatlamining qalinligi dr ga bog'liq va avvalgidek, modelda dr = 0 deb qabul qilinadi. oqim bo'yicha chiqish, ±6,8% dan ko'p bo'lmagan, $C_x$ uchun ±30% dan ko'p bo'lmagan. Natijalar BGK-50/25 tipidagi elektrolizatorlar uchun ilgari topilgan natijalarga o'xshash va ruxsat etilgan ishlab chiqarish chegaralari va yig'ish aniqligini aniqlaydi: |v| < 0,50—0,75.

Tadqiqotning keyingi bosqichi loyihaga kiritilgan H = 76 sm birlashtirilgan seriyali hujayraning ishchi qismining balandligini umumiy oqim yukini saqlab turgan holda texnologik xususiyatlarga ta'siri nuqtai nazaridan asoslashdan iborat edi. H o'zgarganda, oqim zichligi ham o'zgaradi, ya'ni H/j yuqori kuchlanish ostida qoladi. Shu bilan birga, past balandliklar uchun oqim zichligi oshadi, bu ma'lumki, yon jarayonlarni bostiradi.

Asosiy komponentlar, issiqlik balansi va kuchlanish balansi uchun moddiy balansning kombinatsiyalangan hisob-kitobida DM-25 ning konstruktiv xarakteristikalari $e_0$ = 0, $C_{sh}$ = 120 g/l va o'tkazgichlarda kuchlanish pasayishi DE = 0,2 V. Quyidagi parametrlar o'zgartirildi: $W_o$ 2/s 01; ozuqa sho'r suvining harorati $T_0$ = 70 va 80 °C; elektrolizator devorlari orqali issiqlik yo'qotishlarini hisobga olish yoki hisobga olmaslik; kesmada gaz taqsimlashning ikkita cheklovchi holati. Bunda har bir H balandlik uchun elektroliz harorati va kuchlanish E ning ehtimoliy diapazonlari topildi. Keyin o'rtacha haroratlarni hisobga olgan holda, fD = 0,35–0,40, bir xil filtratsiya va diafragmadagi oqim zichligi qabul qilingan holda, oqim bo'yicha NaOH chiqishi va katolitdagi $NaClO_3$ miqdori hisoblandi. Natijalar 1-jadvalda umumlashtiriladi.



ISSN 3030-3907

**1-Jadval**

**Elektrod balandligining diafragmali elektrolizatorlar texnologik ko‘rsatkichlariga ta’siri.**

| Elektrod balandligi H, sm | Elektroliz harorati T, °C | Elektroliz kuchlanishi E, V | $C_{sh}$ = 115 g/l V, % | $C_{sh}$ = 130 g/l V, % | $C_x$, g/l | $C_{sh}$ = 135 g/l V, % | $C_x$, g/l | $C_{sh}$ = 140 g/l V, % | $C_x$, g/l | $C_{sh}$ = 145 g/l V, % | $C_x$, g/l |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 101±1 | 4.20–4.44 | 99.2 | 99.2 | – | 99.2 | – | 99.2 | – | 99.1 | – |
| 50 | 97±1.5 | 3.62–3.74 | 99.0 | 98.2 | – | 97.8 | – | 97.3 | – | 99.0 | – |
| 65 | 94.5±1.7 | 3.42–3.51 | 98.1 | 98.7 | – | 98.4 | – | 98.0 | – | 97.6 | – |
| 76 | 93±2 | 3.31–3.44 | 97.1 | 97.4 | – | 96.3 | 0–0.05 | 95.1 | 0.01–0.23 | 94.3 | 0–0.03 |
| 90 | 92±2 | 3.22–3.30 | 95.5 | 96.2 | 0–0.4 | 95.6 | 0.16–0.5 | 93.1 | 0.50 | 92.2 | 1.0–0.60 |
| 120 | 90±2.8 | 3.12–3.26 | 91.8 | 87.1 | 1.4–2.7 | 86.5 | 3.76 | 83.6 | 1.47 | 89.5 | 2.20 |
| 150 | 88±3 | 3.06–3.13 | 87.3 | 85.8 | 3.9–6.1 | 82.2 | 7.06 | 78.5 | 6.39 | 80.7 | 5.80 |

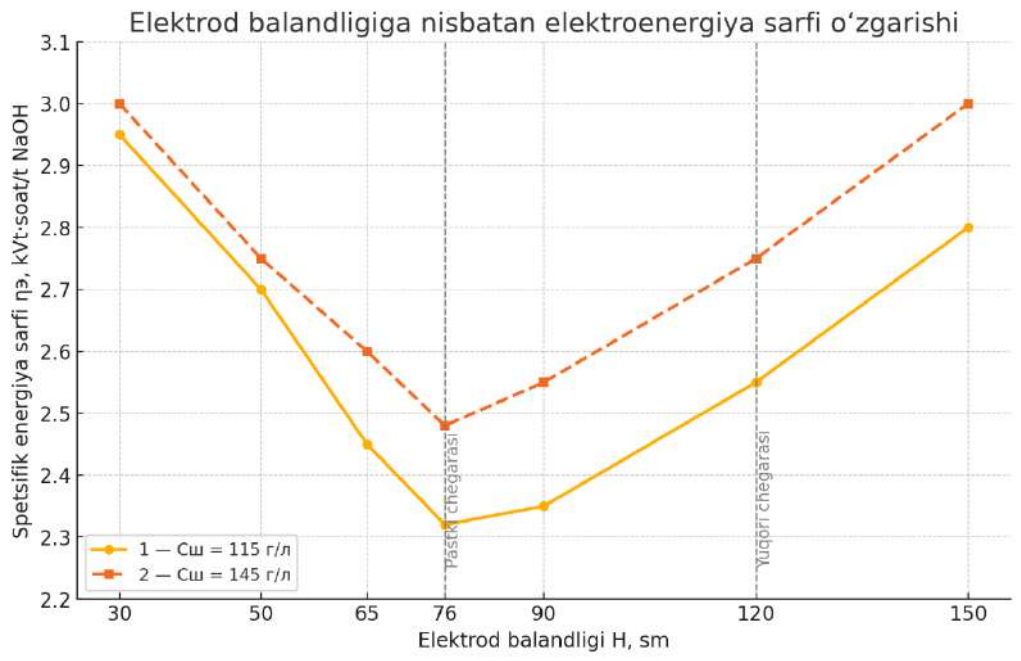
Shuni esda tutish kerakki, natriy xlorat hosil bo'lish jarayoni nazorat qilish qiyin bo'lgan ko'plab sharoitlarga sezgir bo'lganligi sababli, jadvalda keltirilgan mutlaq ko'rsatkichlar modelni keyingi ishlab chiqishda yoki eksperimental ma'lumotlar bilan taqqoslash orqali aniqlanishi mumkin. Shuning uchun natijalar



ISSN 3030-3907

intensiv yon jarayonlar mintaqasini yoki ularning bostirilishini ko'rsatishi kerak (jadvaldagi chiziqcha).

Xususiy quvvat sarfi $\bar{e}_e$ elektrolizatorning ob'ektiv xarakteristikasi bo'lganligi sababli, elektrodlarning ishchi qismining balandligiga $\bar{e}_e$ = 0,67 E/B (birlik fraktsiyalarida joriy rentabellik) bog'liqliklari qurilgan. Egri chiziqlar orasidagi maydonlar berilgan gidroksidi konsentrasiyalari uchun 1-jadval (2-rasm) dan hisoblangan kuchlanish va NaOH oqimining samaradorlik oraliqlariga mos keladi.



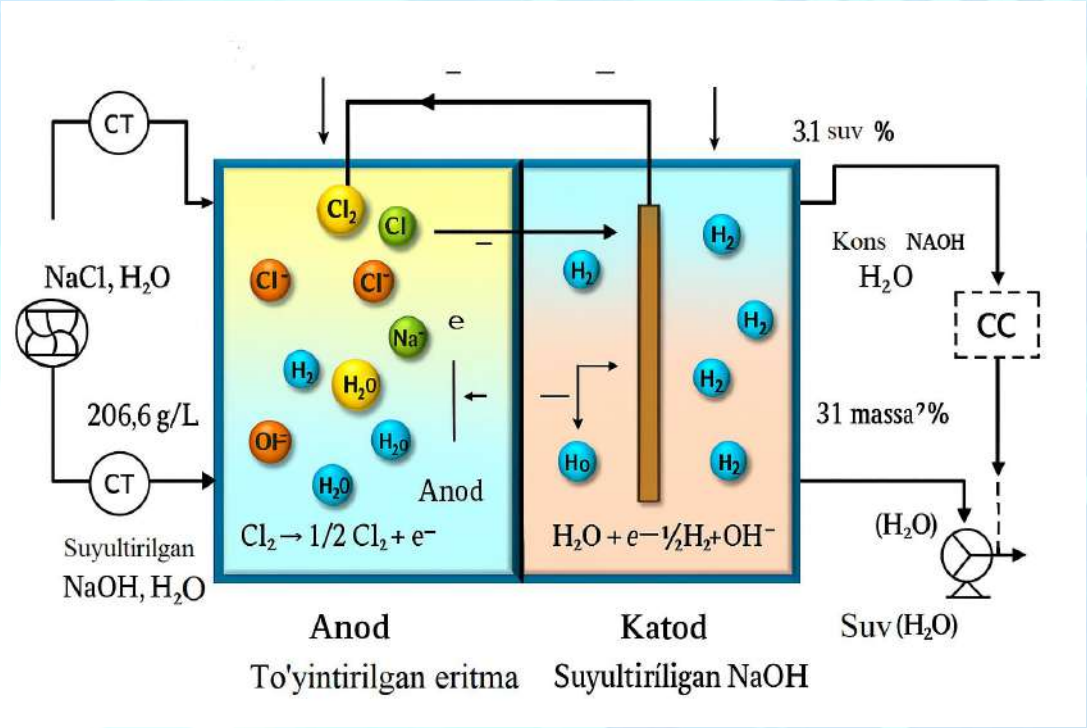

**2-rasm. Yuqoridagi grafikda diafragmali elektrolizatorlarda elektrod ishchi balandligining (H, sm) elektroenergiya sarfiga (ηэ, kVt·soat/t NaOH) ta’siri tasvirlangan. Tadqiqot natijalari ikki xil sho‘r eritma konsentratsiyasi: $C_{sh}$ = 115 g/l (egri chiziq 1) va $C_{sh}$ = 145 g/l (egri chiziq 2) uchun ko‘rsatilgan.**

Ushbu natijalarni quyidagicha izohlash mumkin. Birlashtirilgan seriyali elektrolizatorlar uchun joriy yukni saqlab qolgan holda, elektrodlar to'plamining balandligini oshirish oqim samaradorligining pasayishi va natriy xlorat hosil bo'lishi sababli amaliy emas. H ni 50-60 sm dan kamroq qisqartirish energiya sarfini keskin oshirishga olib keladi. H = 76 sm balandlik quvvat sarfi bo'yicha optimalga yaqin, ammo hosil bo'lgan ishqorning yuqori konsentratsiyasida intensiv $NaClO_3$ hosil bo'lish chegarasida. Yon jarayonlarni bostirish uchun H ni biroz qisqartirish tavsiya etiladi, masalan, 65 sm. Bu, shuningdek, Xukerning diafragma elektrolizatorlarini ishlab chiqish haqidagi ma'lumotlariga mos keladi. Boshqa parametrlarni, xususan, umumiy oqim yukini o'zgartirganda, dizaynni yanada to'liq optimallashtirish uchun qo'shimcha hisob-kitoblar talab qilinadi. Ion almashinadigan membranali elektrolizator. Ishlab chiqilayotgan 60 hujayrali membran elektrolizatorida oqim zichligining notekis taqsimlanishi membrananing



ISSN 3030-3907

xizmat qilish muddatiga ta'sir qilishi mumkin, bu esa uning yuqori yuk ostida ishlaydigan qismining tezroq eskirishiga olib keladi. Bu kichik elektrodlararo masofa bilan ishlab chiqilgan membrana elektrolizatorlarini umumiy texnik va iqtisodiy baholashda hisobga olinishi kerak.




**3-rasm. Bu rasm qattiq katodli xlor-alkali elektrolizorining asosiy ish prinsipi va ionlar harakatini ko‘rsatadi. U matematik model asosida elektrodlar oralig‘i, ion selektivligi va mahsulot chiqishini tahlil qilish uchun mos vizual asos bo‘lib xizmat qiladi.**

Dizaynning tub o'xshashligi tufayli (vertikal gaz ishlab chiqaruvchi elektrodlarning mavjudligi, elektrolitlar aylanishi) balandlik va kuchlanish balansi bo'yicha oqim zichligini taqsimlash bo'yicha diafragma elementining matematik modelini yaratish bo'yicha ish natijalari ba'zi o'zgarishlar bilan membrana elektrolizatoriga o'tkazilishi mumkin. Yig'ish noto'g'riligini taxminiy baholash uchun biz [11] da taklif qilingan vertikal holatga nisbatan anodning egilish (D) modelini o'rganamiz. Bunday holda, modelga ko'ra, anod o'zining o'rta o'qiga nisbatan bir butun bo'lib aylansa, elektrodlararo masofaning maksimal o'zgarishi hujayraning yuqori va pastki qismlarida kuzatiladi. Taxminlarga ko'ra, D > 0 elektrodning yuqori qismidagi masofaning oshishiga va pastki qismida bir xil pasayishiga to'g'ri keladi. Diafragmali elektrolizatorga o'xshab, bizda D = 0,5 Hth bor. Gaz-suyuqlik oqimlari va kuch chiziqlari bo'ylab kuchlanish muvozanatida "qattiq" anod modelining [12] o'zgartirilgan versiyasi qo'llaniladi, unga ko'ra bipolyar aloqa tufayli barcha katod yarim jag'lari mustaqil ravishda ishlaydi va bir xil oqim yukida bo'lishi mumkin. Ammo diafragma xujayrasidan farqli o'laroq, bu



ISSN 3030-3907

hisoblash varianti har doim katod panjarasi va o'tkazmaydigan orqa devor orasidagi elektrod bo'shlig'ini hisobga oladi, kengligi de`> 0. Yana bir farq shundaki, kichik elektrodlararo masofalarda membrana yuzasi bilan aloqa qilish joylarida lokalizatsiya qilingan xlorning statsionar gaz qatlamining qarshiligining roli oshadi. Uning qalinligi dr ≈ 1 mm deb baholangan. Elektroliz paytida shunga o'xshash tizimlar uchun adabiyot ma'lumotlariga ko'ra, katolitga nisbatan qatlam qarshiligi koeffitsienti 6 ga teng edi. Membran elektrolizator dastgohini o'rnatish ma'lumotlari asosida matematik modelni sozlashda xuddi shu qiymat ishlatilgan. Har bir hujayra uchun 0,2 dan 1,0 $m^3$ / s gacha aylanish jarayonida katolit iste'moli asosida hujayra kirishidagi aylanish tezligi $w_o$ = 0,66-0,33 mm / s deb baholandi. Gaz fazasi ko'tarilishining nisbiy tezligi [13] dagi ma'lumotlarga ko'ra, xlordagi kabi 4 sm/s ni tashkil qiladi. Bunday tezlik diametri ~0,4 mm bo'lgan pufakchalarning ko'tarilishi uchun xosdir va uni katod bo'shlig'ida chiqarilgan gazning birlashishi bilan izohlash mumkin. Flamion-811 membranasi uchun dizaynni hisoblashda uning qalinligi $d_m$ = 0,28 mm, katolitga qarshilik koeffitsienti $l_m$ = 45. Elektrolit ekvipotentsial deb hisoblangan. Boshqa parametrlar: T = 90 °C, elektrolizatordagi o'rtacha bosim 0,11 MPa, $e_o$ = 0, H = 115 sm, $d_s$ = 3,5 sm. Transvers yo'nalishda katolit ideal aralashgan deb hisoblangan. Voltaj pasayishining elektrokimyoviy komponentining chiziqli bog'liqligi quyidagicha ko'rsatilgan:

$E_x = 2.52 + (0.123 * (1 - \alpha_a^2) / (1 - \alpha_a) + 0.247 * (1 / (1 - \alpha_k)) * J)$

(bu erda kuchlanish V da ifodalangan, oqim zichligi J A/$sm^2$ da), bu ishning eksperimental ma'lumotlariga mos keladi [10]. Ushbu bog'liqlik va diafragma elektrolizatorini modellashtirishda qo'llaniladigan [14] o'rtasidagi farq eksperimental kuzatilgan elektrokimyoviy haddan tashqari kuchlanish diafragmaning katodidagi nasos qismidan anodga bosilgan membranaga o'tish paytida o'zgarib turadigan noma'lum ohmik va konsentratsiyali komponentlarni o'z ichiga olishi mumkinligi bilan izohlanadi, shuningdek elektrod yuzasi holati.

J 0,24 dan 0,40 A/$sm^2$ gacha bo'lgan oqim zichligi va elektrodlararo masofalar 1-6 mm oralig'ida amalga oshirilgan hisob-kitoblarga ko'ra, qabul qilingan taxminlar va boshqa parametrlar aniqlangan holda, hujayradagi U (B) kuchlanishini (yo'qotishlarni hisobga olmaganda) aniqlash uchun quyidagi regressiya tenglamasini taklif qilish mumkin:

$$U = 2,476 + 2,23\ J – 1,04\ (J^2 + 0,0051 + 0,054\ J + 0,208 / (J^2))\ d$$

Misol uchun, J = 0,3 A / $sm^2$ uchun kuchlanish barcha masofalarda 3,3 V dan oshmaydi, xorijiy o'rnatishlarning ishlash ko'rsatkichlari bo'yicha ma'lum ma'lumotlarga mos keladi. J < 0,25 da kuchlanish o'zgarishi raqamli usullarning aniqligi doirasida ~ 0,01 V ni tashkil qiladi. 2-rasmda elektrodlarni ishlab chiqarish



ISSN 3030-3907

va yig'ishda noaniqliklar mavjud bo'lganda, elektrolizator xujayrasining balandligi bo'ylab oqim zichligi taqsimotining notekislik darajasini tavsiflovchi ma'lumotlar keltirilgan. Oqim zichligining bir xil bo'lmasligining maksimal darajasi D > 0 da (elektrodlararo bo'shliq yuqoriga qarab kengayadi) erishiladi. Bunday holda, oqim zichligi maksimal qiymatdan pastga qarab hujayraning yuqori qismidagi minimal darajaga tushadi. Taxminan balandlikning o'rtasida o'rtacha zichlikka teng. D < 0 da (yuqoriga torayib) o'rta qismda katta maksimal va hujayraning chetlarida oqim zichligining pasayishi kuzatiladi. Elektrodlararo kichik masofalarda oqim zichligining bir oz bir xil bo'lmasligi yuqori qarshilikka ega bo'lgan membrana va gaz qatlamining tekislash ta'siriga bog'liq, shuningdek, yig'ishdagi noaniqliklarni istisno qilish kerak (d_r = 0 da D = 0). Masalan, elektrod yuzasining egilishi natijasida yuzaga kelgan murakkabroq konfiguratsiya bo'lsa, J og'ishlarning kattalik tartiblari bir xil bo'lib qoladi. Shunday qilib, kuchlanish va oqim zichligi taqsimotlarining ushbu dizayn uchun D qiymatiga bog'liqligini tahlil qilish kichik elektrodlararo masofaga ega bo'lgan hujayralarning texnologik afzalliklarini ko'rsatadi. Uning pastki chegarasi membrananing mexanik shikastlanishi yoki montaj paytida boshqa texnik qiyinchiliklar bilan aniqlanishi mumkin.

**Xulosa.**

Tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, elektrodlar to‘plamining balandligini oshirish amaliy jihatdan maqsadga muvofiq emas, chunki bu bilan energiya sarfi ortadi, ikkilamchi reaktsiyalar (ayniqsa, xlorat hosil bo‘lishi) kuchayadi. H = 76 sm balandlik esa elektr energiyasi sarfi bo‘yicha optimal nuqtaga yaqin, ya’ni bu sharoitda chiqim samaradorligi eng yuqori va elektrolitik jarayon eng barqaror bo‘ladi.

Biroq, aynan shu balandlikda NaOH konsentratsiyasi yuqori bo‘lgan sharoitda $NaClO_3$ (natriy xlorat) intensiv hosil bo‘lish xavfi tug‘iladi. Bu esa mahsulot sifatini pasaytiradi, katodli bo‘limdagi ionlar selektivligini buzadi va xlorning bevosita NaOH bilan reaksiyaga kirishishiga olib keladi.

Shu sababli, H = 76–90 sm oralig‘i tavsiya etiladi, bu:

energiya samaradorligini saqlab qoladi,

$NaClO_3$ hosil bo‘lish xavfini minimallashtiradi,

ishqor sifati va chiqimini muvozanatli holatda ushlab turadi.

Bundan tashqari, bu natijalar matematik modellashtirish asosida hisoblangan elektrokimyoviy tenglamalar bilan ham tasdiqlanadi, bu esa parametrlarning optimal diapazonini aniqlash imkonini beradi.



ISSN 3030-3907

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Shulaeva E. A., Kovalenko Y. F., Serebryakov E. A. Mathematical methods for modeling of the process of diaphragm electrolysis //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2022. – Т. 2467. – №. 1.
2. David M. R. Mathematical modelling and advanced control design applied to high-pressure electrolyzers for hydrogen production. – 2021.
3. Котлярова И. О. Метод моделирования в педагогических исследованиях: история развития и современное состояние //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. – 2019. – Т. 11. – №. 1. – С. 6-20.
4. Jaroszek H., Dydo P. Ion-exchange membranes in chemical synthesis–a review //Open Chemistry. – 2016. – Т. 14. – №. 1. – С. 1-19.
5. Muminov S. H. IQTISODIY-MATEMATIK MODELLAR VA USULLAR //Texnotasvir. Buxoro. – 2002.
6. Якимов И. С. Разработка методов и математического обеспечения рентгенодифракционного структурно-фазового анализа: дисс.… докт. физ.-мат. наук: 02.00. 04/Якимов Игорь Степанович //Новосибирск.–2013.–270 с. – 2013.
7. Трифонова Т. А., Селиванова Н. В. Охрана и рациональное использование водных ресурсов: учебное пособие. – 2010.
8. Ливенцова Н. В., Егорова О. В. Методика валидации имитационной модели для компьютерного тренажера //ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АТОМНОЙ НАУКИ, ЭНЕРГЕТИКИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ. – 2014. – С. 36.
9. Мигунов В. Н. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ТРЕЩИНАМИ Часть 1. Монография. – 2013.
10. Sheraliyevich A. S. et al. TARMOQ TEXNOLOGIYALARI.
11. Shayakubov S. K., Ayupov R. X. Interfaol ta’lim usullari //Toshkent.:“Tafakkur bo ‘stoni. – 2012.
12. Ayubova I. X., Musayev M. N., Jamgaryan I. A. Atrof-muhit sifat analizi va monitoringi //Toshkent-2011. – 2011.
13. TURDIYEV M. T. VA ELEKTRONIKA ASOSLARI.
14. Беляев В. Л. Многоамперные электрические аппараты и токоведущие системы постоянного тока. Разработка основ теории и проектирования : дис. – М. : [Моск. энергет. ин-т (техн. ун-т)], 2004.



ISSN 3030-3907