

где C_2 — большой порог решающего правила, $(r, N) \in \Omega$. Параметр ε_{rw}^j выбирается так, чтобы он находился в интервале $(p_w(a_{rw}, b_{rw}), p_w(a_{uw}, b_{uw}))$ например в середине этого интервала.

Пары, входящие в Ω определяются так, что $\Omega = \{(t, k)\}, 1 \leq t \leq m, 1 \leq k \leq m$

Пусть

$$\Omega = \{(t_1, k_1), \dots, (t_w, k_w)\}$$

Рассмотрим пару $(t_j, k_j) \in \Omega$ и определим близость $B(t_i, K_i, S)$ для S^u эталону S_{ii} по признаку K_i .

$$B(t_i, K_i, S^u) = \begin{cases} 1, & \text{если } p_{k_j}(a_{t_i}, k_i, b_{u_i}, k_i) \leq \varepsilon_{t_i k_i}^j \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Принимаем значение 0,1, поэтому нетрудно определить:

$$\bar{B} = \begin{cases} 1, & \alpha = 0 \\ 0, & \alpha = 1 \end{cases}$$

Для каждой пары (t_i, k_i) определим:

$$\Gamma_j(t_i, K_i, S^u) = P_{t_i k_i} B^{\sigma_{t_i k_i}}(t_i, K_i, S^u), S_{t_i} \in K_j$$

$$\bar{B}^\alpha = \begin{cases} B, & \alpha = 1 \\ B, & \alpha = 0 \end{cases}$$

Если все $B^{\sigma_{t_i k_i}}(t_i, K_i, S^u), S_{t_i} \in K_j, (\bar{B})^{\sigma_{t_i k_i}}(t_i, K_i, S^u) \in K_j$ равны 1:

$$B(\Omega, J, S^u) = 1$$

Если близость имеет место, то

$$\Gamma_j(S^u) = \sum_{i=k}^w P_{t_i k_i}$$

В противном случае, $\Gamma_j(S^u) = 0$

Выше мы можем видеть процесс построения операторов. В процессе построения операторов требуется несколько лемм и их доказательств.

Заключение. В работе проведено исследование алгоритмической модели $\{A\}$ типа модели вычисления оценок и доказаны теоремы существования в этой модели оптимального алгоритма A^* . Для задач с непересекающимися классами алгебраическими методами получен значительно более простой по описанию и существенно более эффективный вычислительный алгоритм. Алгоритм проводит классификацию основанную на анализе структуры данных, их важности для целей классификации, а результаты сравниваются с истинными.

Построены методы позволяющие более экономно кодировать оператор B , что позволит сократить необходимую память и более эффективно использовать построенные корректные алгоритмы для решения прикладных задач.

Литература

1. Журавлев Ю.И., Исаев И.В. Построение алгоритмов распознавания, корректных для заданной контрольной выборки. Вычисл.математ. и математ.физика. №3, 1979.
2. Кабулов В.К., Кабулов А.В., Норматов И.Х. Алгоритмизация в теории управляющих систем // – Монография: – Ташкент: «Наврўз», 2017. –С. 173.
3. Кабулов В.К., Кабулов А.В., Норматов И.Х. Алгоритмические и логические методы алгоритмизации в теории управляющих систем. Монография. –Ташкент: «Наврўз», 2020. –С. 230.
4. Кабулов А.В., Урунбаев Э., Каландаров И., Ашуров А.О. Методы синтеза оптимальных корректоров эвристических алгоритмов на основе функций значной логики. Монография. -Т.: «Наврўз», 2020. –С.276.
5. Кабулов А.В. Норматов И.Х., Урунбаев Э., Ашуров А.О. Алгоритмизация дискретных экстремальных задач в проектировании и управлении сложными системами. Монография. – Ташкент: «Наврўз», 2019. –С. 108.

РЕЗЮМЕ. Ушбу мақолада биз тахминларни ҳисоблаш учун алгоритмик моделни ўрганамиш ва ушбу моделда оптимал алгоритм мавжудлигини исботлаймиз. Ажратилган синфлар билан боғлиқ муаммолар учун тавсифлашда анча содда ва самаралироқ ҳисоблаш алгоритми тузилади. Бу операторини тежамкорроқ кодлаш имконини берувчи усуллар ишлаб чиқилмоқда, бу эса керакли хотирани қисқартиради ва амалий масалаларни ечиш учун тузилган тўғри алгоритмлардан самаралироқ фойдаланади.

РЕЗЮМЕ. В работе проводится исследование алгоритмической модели вычисления оценок и доказываемое существование в этой модели оптимального алгоритма. Для задач с непересекающимися классами строится значительно более простой по описанию и существенно более эффективный вычислительный алгоритм. Разрабатываются методы позволяющие более экономно кодировать оператор B , что позволит сократить необходимую память и более эффективно использовать построенные корректные алгоритмы для решения прикладных задач.

SUMMARY. In this paper, we study an algorithmic model for calculating estimates and prove the existence of an optimal algorithm in this model. For problems with disjoint classes is constructed a much simpler in description and much more efficient computational algorithm. Methods are being developed that make it possible to code operator B more economically, which will reduce the required memory and more efficiently use the constructed correct algorithms for solving applied problems.

УДК 665. 727.004.14:621.43

ТАБИЙ ГАЗНИ АДСОРБЦИЯ УСУЛИДА ҚУРИТИШ ТЕХНОЛОГИК СХЕМАСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ

М.Ж.Махмудов – кимё фанлари доктори, доцент

Бухоро муҳандислик-технология институти

Х.И.Нёзатов – ассистент ўқитувчи

Қариш муҳандислик-иқтисодиёт институти

Таянч сўзлар: табиий газ, адсорбция, силикагел, регенерация, десорбция, курук газ, сепаратор, компрессор.

Ключевые слова: природный газ, адсорбция, силикагель, регенерация, десорбция, сухой газ, сепаратор, компрессор.

Key words: natural gas, adsorption, silica gel, regeneration, desorption, dry gas, separator, compressor.

Кириш. Конларда казиб олинаётган табиий газ тоза маҳсулот ҳисобланмайди. Чунки унинг таркибида кўплаб аралашмаларни сақлайдики, улар ўз навбатида газни ташиш қурилмалари ва қувурларга салбий таъсир кўрсатиши мумкин.

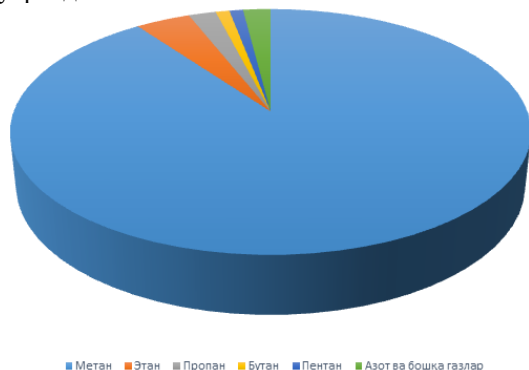
Аралашмалар турлича бўлиши мумкин. Агар табиий газ таркибидаги механик зарралар мисолида кўрадиған бўлсак, улар турли механизмларга тушиб (масалан, газни ташиш магистрал қувурларига хайдовчи газ хайдовчи агрегатлар, компрессорлар ва

х.к.), ушбу курилмаларни едирилиш даражасини оширади. Бу эса ўз навбатида харажатларни кескин ошириб, иқтисодий самарадорликни камайишига олиб келади.

Бирок, механик заррачалар технологик жараёнларга зарар етказувчи ягона аралашмалар эмас. Улардан кам бўлмаган зарарни сув ҳам етказиши мумкин. Шунинг учун, газларни қуриштиш муаммоси ҳам замонавий муҳандислик олдида турган долзарб муаммолардан бири ҳисобланади.

Асосий бўлим. Табиий газ деб, ер остида турли органик моддаларнинг парчаланиши натижасида ҳосил бўлувчи газлар аралашмасига айтилади. Табиий газ – саноат ва хўжаликда фаол қўлланилувчи асосий қазилмалардан бири саналади. Ер остида табиий газ (ёки саноат тилида айтадиган бўлсак, қатлам шароитида) газсимон ҳолатда ёки нефт ва газ қонида «газ қопқоғи» ҳолати, ёхуд газ қудуқларида нет ёки сув билан аралашма ҳолатида бўлиши мумкин. Гоҳида, маълум шароитларда табиий газлар газсимон ҳолатда эмас, балки кристалл шаклдаги қаттиқ ҳолатда ҳам учрайди.

Табиий газ таркибида 98% гача метан ташкил этади ва шу билан бирга унинг гомологлари этан, пропан, бутан ҳам кам миқдорда газ таркибини ташкил этади. Гоҳида газ таркибида ис гази, водород сулфи ва гелий ҳам учрайди.



1-расм. Табиий газнинг таркиби

Метан (CH_4) – бу рангсиз ва ҳидсиз, ҳаводан енгил газдир.

Этан (C_2H_6) – рангсиз ва ҳидсиз модда бўлиб, ҳаводан сал оғирроқ. Ёнувчи модда, аммо ёқилғи сифатида қўлланилмайди.

Пропан (C_3H_8) – рангсиз ва ҳидсиз заҳарли газдир. У жуда фойдали хусусиятга эга: пропан унча юқори бўлмаган босимда остида осон суюқ ҳолатга ўтади ва бу эса уни аралашмалардан осон тозалаш ва ташиш имконини яратади.

Бутан (C_4H_{10}) – хоссалари бўйича пропанга яқин, фақатгина зичлиги нисбатан юқори. Ҳаводан икки баравар оғирроқ.

Ис гази (CO_2) – рангсиз ва ҳидсиз газ. Табиий газнинг бошқа компонентларидан фарқли ўлароқ (гелийдан ташқари) ис гази ёнмайди. Ис гази – энг кам заҳарлилик даражасига эга газдир.

Гелий (He) – рангсиз, жуда енгил (энг енгил газлар орасида водороддан кейинги иккинчи ўринда туради) ва ҳидсиз газ. Инерт, нормал шароитда бирорта модда билан таъсирлашмайди. Ёнмайди. Зарарсиз, бирок юқори босимда бошқа инерт газлари каби беҳуш қилиш таъсирига эга.

Водород сульфид (H_2S) – рангсиз, ўткир ҳидга эга газ. Жуда заҳарли, жуда кам концентрацияларда ҳам асаб органларини ишдан чиқариши мумкин.

Этилен (C_2H_4) – рангсиз, ёқимли ҳидга эга газ. Хоссалари бўйича этанга яқин, аммо ундан кўра кам ёнувчан ва кичик зичликка эга.

Ацетилен (C_2H_2) – тез ёнувчан ва портлашга хавфли

газ. Юқори даражада сиқилганда портлаб кетиш хавфи мавжуд. У портловчанлик хоссасига эгаллиги сабабли хўжаликда қўлланилмайди. Фақатгина пайвандлаш ишларида фойдаланилади.

Табиий газни зичлиги газсимон ҳолатда 1 м^3 да 0,75 кг ни ташкил қилади. Кристалл ҳолатда эса унинг зичлиги 1 м^3 да 400 кг га етиши мумкин. Табиий газ 650°C ҳароратда ўз-ўзидан алангаланиши мумкин. Ҳаводаги 5-15% концентрацияларда портлаши мумкин. Шунингдек, табиий газни ёниш солиштирма иссиқлиги ҳам маълум бўлиб, у ўртача 35 МДж/м га тенг.

Ушбу мақолада табиий газни қуриштиш технологик схемаси ишлаб чиқилган бўлиб, ушбу технологик схемага асосан бир адсорберда табиий газни қуриштиш жараёни борса, бу вақтда бошқасида иссиқ газ ёрдамида регенерация ва қиздирилмаган газ ёрдамида совутиш жараёни компрессор ёрдамида циркуляция ҳосил қилиш орқали амалга оширилади (2-расм).

Ушбу усулда адсорбердаги силикагелни регенерациялаш ва совутиш учун газ қуритилган газ линиясидан олинади ва десорбция бўлса печ орқали, совутишда эса тўғридан-тўғри компрессор ёрдамида адсорберга юборилади. Адсорбердан чиққан газ совутгичда совутилади ва сепаратордан ўтказилиб, қуритилмаган газлар линиясига юборилади.

Ушбу усулнинг камчилиги қиздирилмаган газ ёрдамида силикагелни совутиш жараёни вақтида, ушбу газни циркуляцияси учун компрессорнинг қўлланилишидир. Адсорберда қизиган газ совутгичда совутилади. Компрессор ва совутгичнинг вентилляторини улаш сезиларли харажатларни талаб этади.

Бундан ташқари, адсорбентнинг вақт ўтиши билан эксплуатацион даври тугаб бориши сабабли газни қуриштиш жараёни сифати ҳам пасайиб борадики, адсорбентни тез-тез регенерациялаш ва совутишга тўғри келади. Силикагелни компрессор схемасида совутиш вақтини сезиларли камайитириш имкони мавжуд.

Газни бирламчи тайёрлашнинг асосий вазифаларидан бири бу кам энергетик харажатларни камайитиришдан иборат. Ушбу таклиф этилаётган технологик схемада, энергия сарфи силикагелни совутиш жараёнида амалга оширилади. Бундан ташқари, эксплуатация сўнгида совутиш вақтини қисқартириш орқали силикагел ишчи даврини ошириш вазифаси ҳам мавжуд.

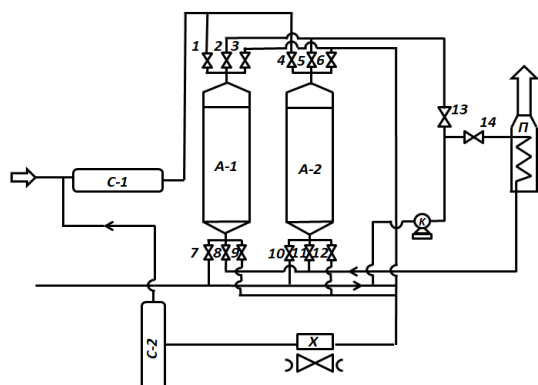
Ушбу юқорида келтирилган муаммолар қуйидагича ечилди: бир вақтнинг ўзида бир адсорберда табиий газни қуриштиш жараёни олиб борилса, иккинчисида қиздирилган газни компрессорлаш орқали регенерация жараёнини ўз ичига олган анъанавий усулдан фарқли ўлароқ, силикагелни регенерациясидан сўнг, иккинчи адсорбер биринчи адсорберга параллел уланади ва ушбу адсорберда кириш ва чиқишда босимнинг пасайиши ҳисобига хомашё газ ёрдамида силикагел совутилади.

Бундан ташқари, қуриштиш газининг 20% сарфини хомашё газ сарфи ташкил этади. Бу ҳолатда техник натижа салбий ҳодиса ҳисобига содир бўлади, яъни аниқроқ қилиб айтганда гидравлик қаршилик ҳисобига ҳосил бўлади. Гидравлик қаршилик қуритилувчи газ оқими адсорберларнинг биридаги силикагел қатламидан ўтаётганида босимларни йўқотилиши ҳисобига пайдо бўлади. Бошқача қилиб айтганда, кириш ва чиқишдаги босимнинг тушиши қиздирилмаган газни совутиш учун бошқа адсорбердан ўтказишда циркуляция ҳосил қилиш учун қўлланилади.

Ушбу усулни ўтказиш учун газни қуриштиш схемасида регенерация ва совутиш линияларида газ циркуляцияси учун етарли бўлган ортиқча босим керак. Қудуқни бошланғич эксплуатация даврида газ босими

етарли бўлади. Бирок, эксплуатация даврининг оралиқ ва сўнгги даврида кон қудукларидан чиқаётган газ босими пасайиб боради ва шу сабабли ушбу усулни қўллаб бўлмайди.

Конни оралиқ ва сўнгги ишлаш босқичларида табиий газни қудукдан компресслаш ва уни газни бирламчи тайёрлаш схемасидан ўтказишда газни йиғиш коллекторида сиқиш компрессор станциялари (СКС) қўлланилади. Бунда регенерация ва совутиш учун газ циркуляциясини компрессор вазифасини СКСнинг газни ҳайдаш агрегатлари бажаради.



2-расм. Силикагеллар ёрдамида табиий газни қуриштиришнинг технологик схемаси: 1-14 – қуриштириш ва чиқариш кранлари; C-1 ва C-2 – сепараторлар; A-1 ва A-2 – адсорберлар; X – ҳаволи совутгич; K – компрессор; П – печ

Ушбу усулни қўллаш силикагелни совутишда газни компрессорлаш хисобига иқтисодий харажатларни қўпайишига олиб келади. Бундан ташқари, ушбу усулни татбиқ қилишда адсорбердан кейин газни совутиш учун совутгич лозим.

2 – расмда газни қуриштириш технологик схемаси юқоридаги усул бўйича келтирилган. Ушбу усул мисолида газни икки адсорберли қуриштириш технологик схемасини қўриб чиқамиз.

Технологик схема ўз ичига A-1 ва A-2 адсорберни, табиий газ сепаратори C-1, компрессор K, газни қиздириш печи П, совутгич X, регенерациялаш газни сепаратори C-2, газни қуриштириш линияси, регенерациялаш линияси, совутиш ва бошқариш клапанларини ўз ичига олади.

Нам хомашё газ қурилмага юборилганда биринчи бўлиб филтр-сепаратор C-1 берилади ва 1 мкм ўлчамдан юқори бўлган суюқ углеводородлар, сув ва механик зарралардан тозаланади. Ушбу филтр-сепаратор мувозанат ростлагич билан жиҳозланган бўлиб, сақлаб қолинган барча суюқликлар дренаж тизимига юборилади. Шундан сўнг, табиий газ 1 ёки 4 очик бошқарув клапанлари ёрдамида A-1 ёки A-2 адсорберлардан бирига йўналтирилади. Адсорберларда газ оқими силикагел қатламидан ўтиб, буғсимон намликдан тозаланиб, 7 ёки 10 бошқарув клапанлари ёрдамида қуриштирилган газ линиясига юборилади.

Адабиётлар

1. Кузьменко Н.М., Афанасьев Ю.М., Черномырдина Н.А. Влияние степени зауглероживания на адсорбционную ёмкость синтетического цеолита. //Обз. инф. - Сер.: Подготовка и переработка газа и газового конденсата. - вып. 6. - М.: ВНИИГазпром, 1996.-С. 11-14.
2. Аджиев А.Ю. Разработка и совершенствование технологии подготовки высокосернистых газов к переработке. // Диссертация в виде научного доклада на соискание ученой степени доктора технических наук в форме научного доклада. -Уфа.: Уфимский нефтяной институт, 2012. -С. 48.
3. Николаев В.В., Афанасьев Ю.М., Кузьменко Н.М., Вшивцев А.Н. Пути повышения технико-экономических показателей процесса адсорбционной очистки природного газа от тиолов. // Химия, технология и экология переработки природного газа: Тез. докл. Всероссийской научно-технической конференции ГАНГ им. И.М. Губкина. -М.: 2006.-С. 51-52.
4. Филимонов С.Н., Столыпин В.И., Брюхов А.А., Мкртычан В.Р. Коксообразование на цеолитах типа NaX и NaY при десорбции гептана, пропантиола и этиленгликоля. //В научно-техническом сборнике «Газификация. Природный газ в качестве моторного топлива. Подготовка, переработка и использование газа».-М.:«ИРЦ Газпром», 2013.-№ 1.-С.7-15.
5. Шахов А.Д., Афанасьев Ю.М., Кузьменко Н.М., Вшивцев А.Н. Сравнительная эффективность отечественного и импортных цеолитов NaX при адсорбционной очистке природного газа от сернистых соединений//Наука и техника углеводородов. 2011. № 3. -С. 42-45.
6. Chi C.W. and Lee, H., Natural Gas Purification by 5A Molecular Sieves and Its Design Method, Gas Purification by Adsorption, AIChE Symposium Series, Vol.69, No. 134, pp. 95-101, 1993.

Адсорбер ва қуриштириш линиясида газнинг босими 5,0 дан 7,5 МПа гача, ҳарорат 10 дан 30°C гача, бир соатдаги газнинг сарфи эса 150 дан 300 минг. м³ на ташкил қилади. Газнинг адсорбердан қуриштиришдаги босими адсорбердан чиқишдаги босимидан 0,03 дан 1,0 МПа гача юқори бўлади.

Шу ўринда шуни алоҳида таъкидлаб ўтиш жоизки, адсорбентни иссиқ газ билан тозалаш махсулотларини совуқ газ оқими билан (одатда тозаланган ва қуриштирилган газ линиясидан олинади) тозалаш учун, кўпроқ газ сарфланади ва бу орқали тозаланган газ миқдори кейинги технологик жараён учун камаёди.

Қиздиришсиз десорбция режимида адсорбентларни тозалаш учун керакли газ миқдори қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$Y_{пр} = K * Y_o (P_{пр}/P_o)$$

Бу ерда: $Y_{пр}$, $P_{пр}$ – тозалаш газининг ҳажмий сарфи ва босими; Y_o , P_o – тозаланувчи газининг ҳажмий сарфи ва босими; K – ортикча газ коэффициент, тадқиқот натижалари асосида олинган кўрсаткичларга мувофиқ 1,1 – 1,2 га тенг.

Қиздирилган газ билан регенерациялаш учун газ қуриштирилган газ линиясидан компрессор K ёрдамида олинади ва 14 бошқарув клапани ёрдамида печга юборилади ва унда 180-200°C ҳароратгача қиздирилади. Сўнг 8 ёки 11 бошқарув клапанлари ёрдамида адсорберга юборилиб, силикагел қиздирилади ва адсорбердан чиқарилиб 3 ва 6 бошқарув клапанлари ёрдамида совутгичга юборилади. Совутгичда 50°C ҳароратгача совутилган газ C-2 сепараторидан ўтиб, C-1 сепараторли газни қуриштириш линиясига қўшилади.

Силикагелни совутиш учун 1, 4, 9 ёки 12 бошқарув клапанлари очилади. Агарда A-2 адсорбердаги силикагел совутилиши керак бўлса, унда 4,12,9 бошқарув клапанлари очилади. Бунда A-1 адсорбердаги кириш босими юқори бўлганлиги сабабли, газ 4 бошқарув клапани орқали A-2 адсорбердан ўтиб, 12,9,7 бошқарув клапанлари ёрдамида A-2 адсорбердаги силикагелни совутиб, қуриштирилган газ чиқиш линияларини циркуляцияланади. A-2 адсорбери совутилгандан сўнг 4,9,12 бошқарув клапанлари ёпилади. A-1 адсорбери совутилиши учун 1,9,12 бошқарув клапанлари очилади ва 3 дан 7 минг м³ гача қуриштирилган газ 3-4 соат мобайнида циркуляция қилинади. Бунда қуриштирилган газ сифатига таъсир кўрсатилмайди. Чунки қиздирилмаган газ совутиш вақтида регенерацияланган силикагел қатламидан ўтади ва чиқишигача қуриштирилган газ линиясига қўшилгунга қадар қуриштирилади.

Хулоса. Хулоса қилиб айтганда, ушбу таклиф этилган усул газларни қуриштириш жараёнида иқтисодий самарадорликни сезиларли даражада оширади. Шу билан бирга, ушбу усул жуда оддий ва ортикча қўшимча жиҳозларни талаб этмайди.

7. Лазарев В.И. Очистка газов от сернистых соединений твердыми сорбентами. В сборнике «Газохимия в XXI веке. Проблемы и перспективы». - М.: Нефть и газ, 2013. - С. 251-260.

РЕЗЮМЕ. Ушбу мақолада табиий газни қуритиш технологик схемаси ишлаб чиқилган бўлиб, ушбу технологик схемага асосан бир адсорберда табиий газни қуритиш жараёни борса, бу вақтда бошқасида иссиқ газ ёрдамида регенерация ва киздирилмаган газ ёрдамида совутиш жараёни компрессор ёрдамида циркуляция ҳосил қилиш орқали амалга оширилади.

РЕЗЮМЕ. В данной статье разработана технологическая схема осушки природного газа, согласно этой технологической схеме, если осуществляется процесс осушки природного газа в одном адсорбере, то в другом осуществляется процесс регенерации с использованием горячего газа, а в процессе осушки с помощью неотогретого газа осуществляется путем создания цикла с использованием компрессора.

SUMMARY. In this article, a technological scheme for drying natural gas has been developed, according to this technological scheme, if the process of drying natural gas is carried out in one adsorber, then the regeneration process using hot gas is carried out in the other, and in the drying process using unheated gas is carried out by creating a cycle using a compressor.

УДК 517.928

О ДВУСТОРОННИХ ПРИБЛИЖЕНИЯХ К ПЕРИОДИЧЕСКИМ РЕШЕНИЯМ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ТИПА ФРЕДГОЛЬМА

О.Д.Нуржанов – кандидат физико-математических наук, доцент

К.А.Айназаров – магистрант

Каракалпакский государственный университет имени Бердаха

Таянч сўзлар: Фредгольм типидagi интегро-дифференциал тенгламалари, даврий ечимлар, кетма-кет яқинлашишларнинг сонли-аналитик усули.

Ключевые слова: интегро-дифференциальные уравнения типа Фредгольма, периодические решения, численно-аналитический метод последовательных приближений.

Key words: integro-differential equations of the Fredholm type, periodic solutions, numerical-analytic method of successive approximations.

Одним из эффективных методов исследования периодических решений нелинейных систем обыкновенных дифференциальных уравнений является численно-аналитический метод последовательных периодических приближений А. М. Самойленко [1].

В данной работе мы применим к одной системе интегро-дифференциальных уравнений метод двусторонних приближений, который является некоторым обобщением схемы метода А. М. Самойленко [2].

Рассмотрим систему интегро-дифференциальных уравнений вида

$$\frac{dx}{dt} = g(t, x) + \int_0^{\omega} \psi(t, s, x(s)) ds, \quad (1)$$

где $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$; $g(t, x) = (g_1, g_2, \dots, g_n)$, $\psi(t, s, x) = (\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_n)$ - периодические по t с периодом T вектор-функции; ω - положительная постоянная, $0 < \omega \leq T$.

Введем обозначения

$$g(t, x) = f(t, x(t), x(t)), \\ \psi(t, s, x) = \varphi(t, s, x(s), x(s))$$

запишем систему (1) в виде

$$\frac{dx}{dt} = f(t, x(t), x(t)) + \int_0^{\omega} \varphi(t, s, x(s), x(s)) ds. \quad (2)$$

Предположим, что выполняются следующие условия:

1) вектор-функции $f(t, x, y)$ и $\varphi(t, s, x, y)$ определены и непрерывны в области

$$t \in R = (-\infty, \infty), \quad s \in R, \quad x, y \in [a, b], \quad (3)$$

$$a = (a_1, a_2, \dots, a_n) \in E_n, \quad b = (b_1, b_2, \dots, b_n) \in E_n,$$

периодичны по t с периодом T и удовлетворяют неравенствам

$$m \leq f(t, x, y) \leq M, \quad m \leq \varphi(t, s, x, y) \leq M, \quad (4)$$

$$m = (m_1, m_2, \dots, m_n) \in E_n, \quad M = (M_1, M_2, \dots, M_n) \in E_n;$$

$$f(t, x, y) \leq f(t, u, v), \quad \varphi(t, s, x, y) \leq \varphi(t, s, u, v), \quad (5)$$

$$x \leq u, \quad y \geq v \quad \text{при } x, y, u, v \in [a, b];$$

2) выполняются неравенства

$$\frac{T\omega_1}{2}(M - m) \leq b - a, \quad \omega_1 = 1 + \omega, \quad (6)$$

$$a + \frac{T\omega_1}{4}(M - m) \leq x_0 \leq b - \frac{T\omega_1}{4}(M - m). \quad (7)$$

3) выполняются неравенства

$$f(t, x', y') - f(t, x'', y'') \leq K_1(x' - x'') + K_2(y'' - y'), \quad (8)$$

$$\varphi(t, s, x', y') - \varphi(t, s, x'', y'') \leq K_3(x' - x'') + K_4(y'' - y')$$

для всех $x' \geq x'', y'' \geq y', x', x'', y', y'' \in [a, b]$, где $K_i, i = \overline{1, 4}$ - $(n \times n)$ -мерные матрицы с неотрицательными элементами;