

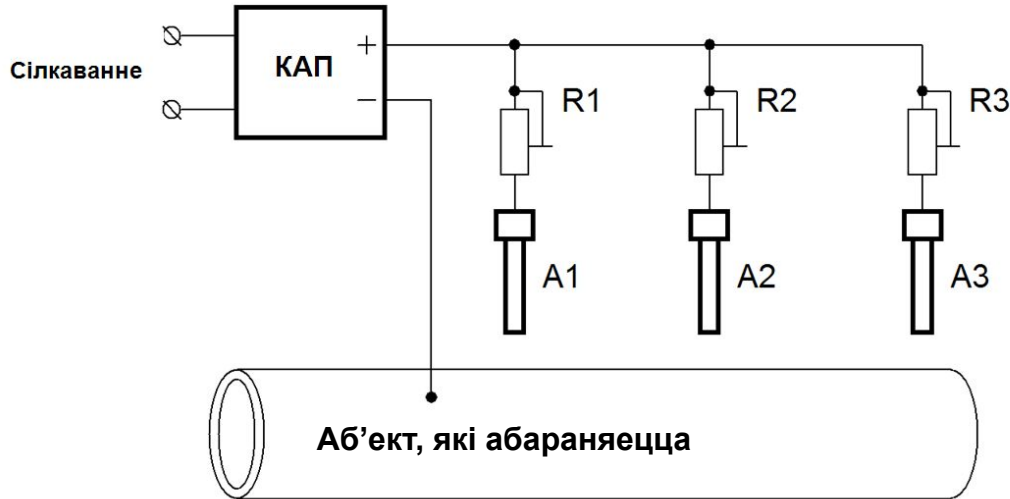
Аўтаматызацыя вымярэнняў і дыстанцыйнае кіраванне тэхналагічнымі аб'ектамі нафтаправоднага транспарту

Установа адукацыі «Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт імя П.В. Сухога», кафедра «Прамысловая электроніка», к.т.н., дацэнт Крышнёў Ю.В.

Republic of Belarus, educational establishment «Pavel Sukhoi State Technical University of Gomel»



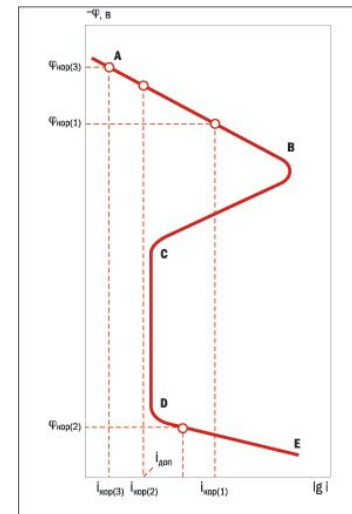
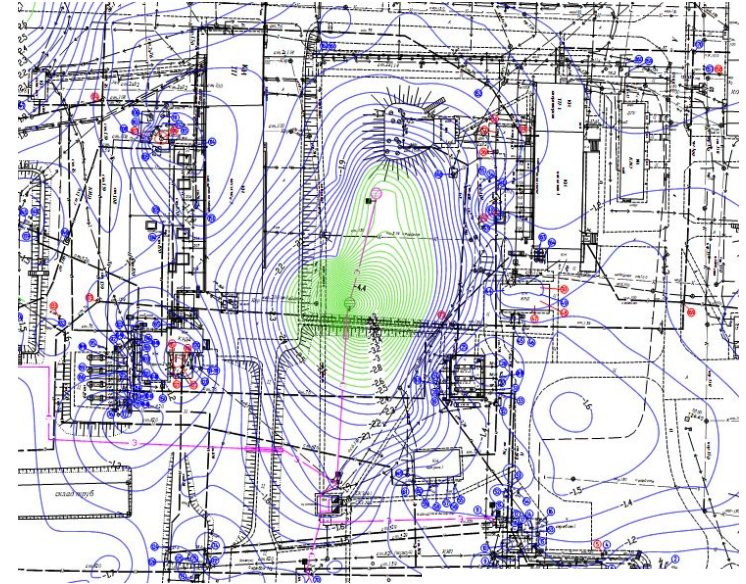
Аўтаматычная сістэма стабілізацыі аноднага току



Тэхналагічная схема электрахімабароны з размеркаванымі анодамі:

*КАП – катодная ахоўная прылада;
R1, R2, R3 – рэгулявальныя супраціўленні (БДР);
A1, A2, A3 – анодныя заямляльнікі.*

Прыклад размеркавання ахоўнага патэнцыялу



недаахова ахова пераахова

Карозія падземных нафтаправадаў з'яўляецца адной з асноўных прычын іх разгерметызаванні з прычыны ўтварэння каверн, расколін і парываў. Электрахімічная абарона падземных металічных нафтаправадаў можа быць ажыццёўлена метадам катоднай палярывацыі, г.зн. шляхам зрушэння патэнцыялу ад яго стацыянарнага значэння ў бок адмоўных значэнняў да велічыні ахоўнага патэнцыялу, пры якім хуткасць растварэння металу не перавышае некаторай зададзенай велічыні.



Аўтаматычная сістэма стабілізацыі аноднага току

Спосаб прадугледжвае падтрыманне ахоўных патэнцыялаў на неабходным узроўні ў сістэме з раўнамерна размеркаванымі паўздоўж трубаправода заземляльнікамі шляхам ітэратыўнага змянення аноднага току ў кожным канале

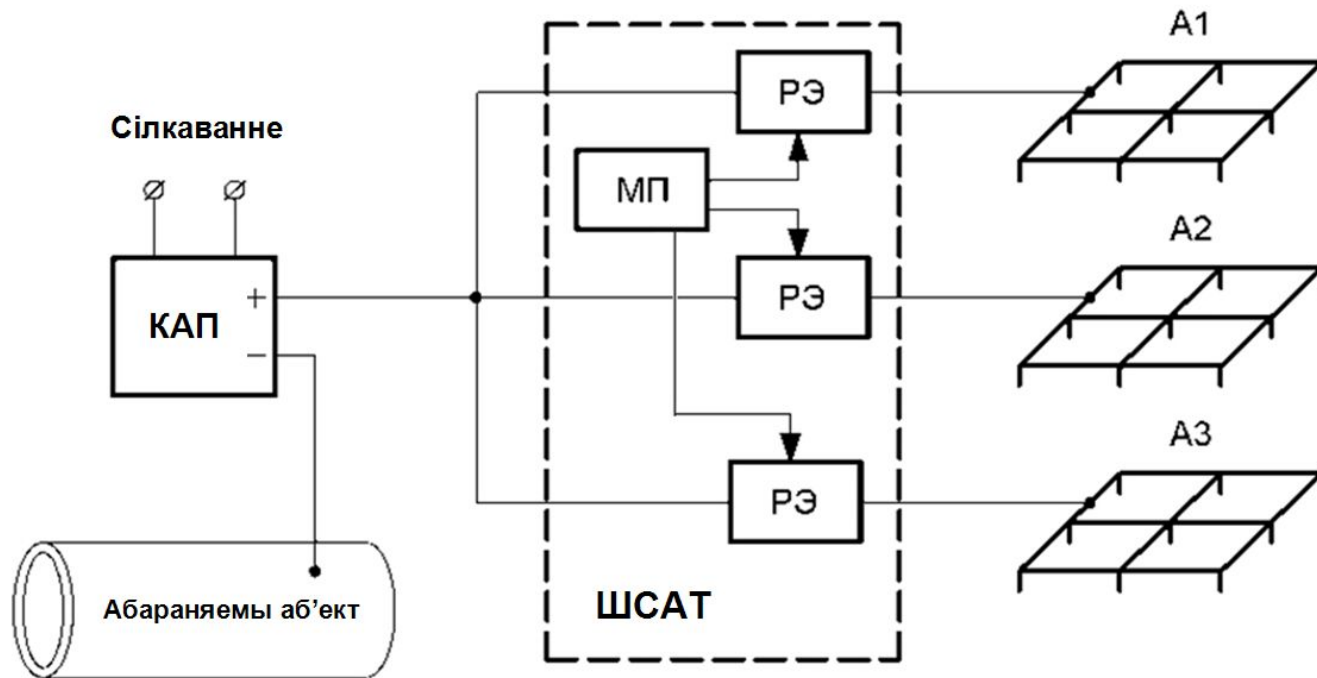
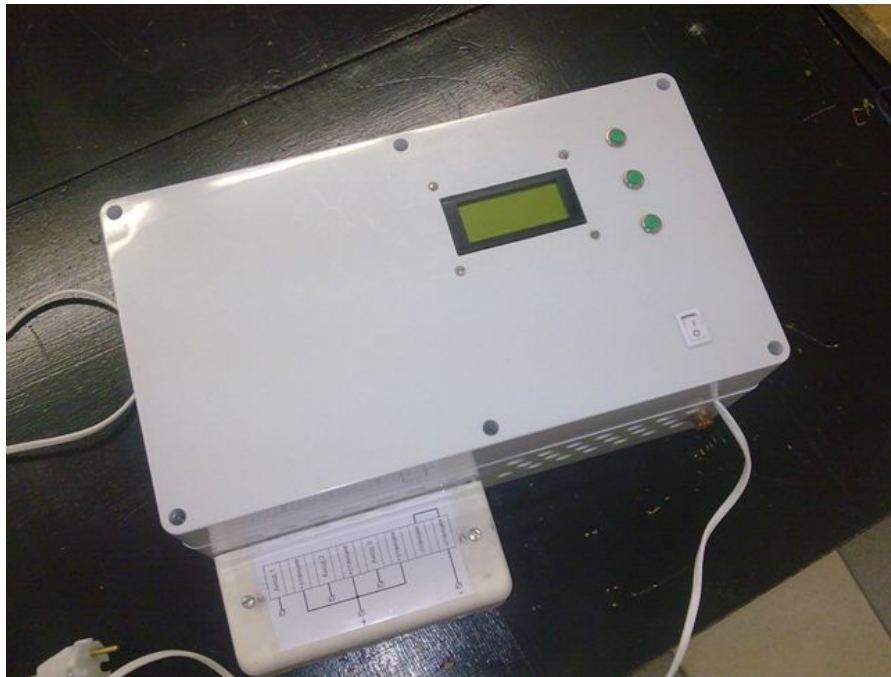


Схема падключэння шатканальнага стабілізатара аноднага току:

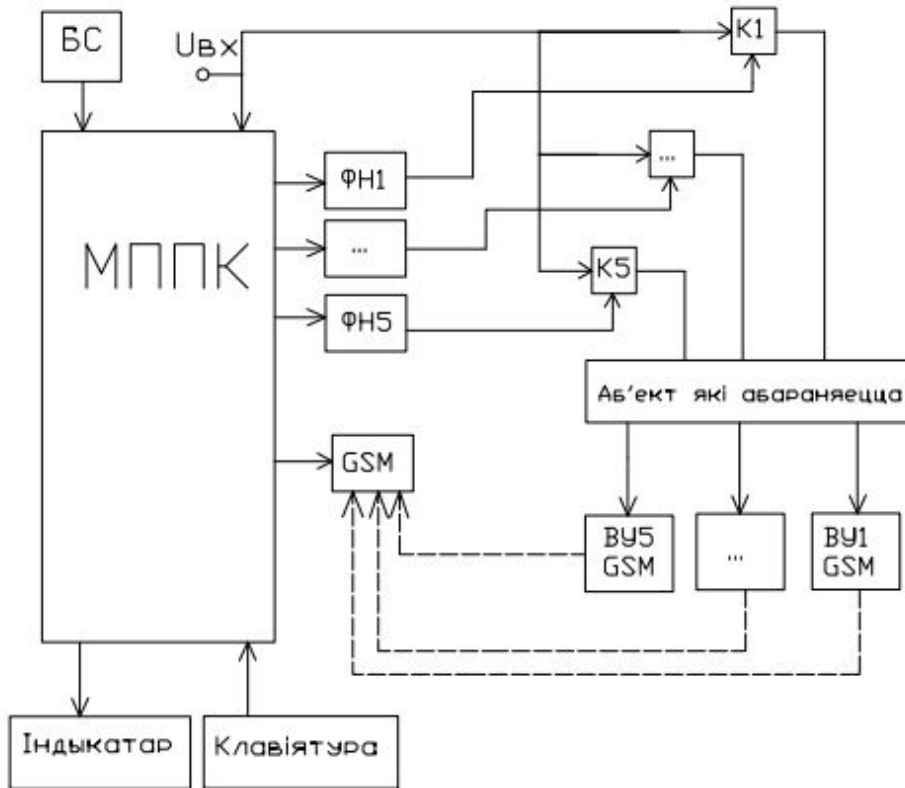
ШСАТ – шатканальны стабілізатар аноднага току; МП – мікрапрацэсарная прылада;
РЭ – рэгулюючы элемент; КАП – катодная ахоўная прылада; А1, А2, А3 – анодныя заземляльнікі.

Аўтаматычная сістэма стабілізацыі аноднага току

- эксперыментальна атрыманы высокія каэфіцыенты стабілізацыі аноднага току пры змяненні ўваходнай напругі і супраціўлення нагрузкі;
- эксперыментальна даследаваны дынамічныя характарыстыкі і ўстаноўлена незалежнасць токаў у каналах стабілізатара пры скачкападобным змяненні супраціўлення нагрузкі ў адным з каналаў і пры ўключэнні сілкавання;
- распрацаваны, выпрабаваны і ўкаранёны ў эксплуатацыю шматканальны стабілізатар-дзельнік аноднага току.



Аўтаматычная сістэма стабілізацыі аноднага току



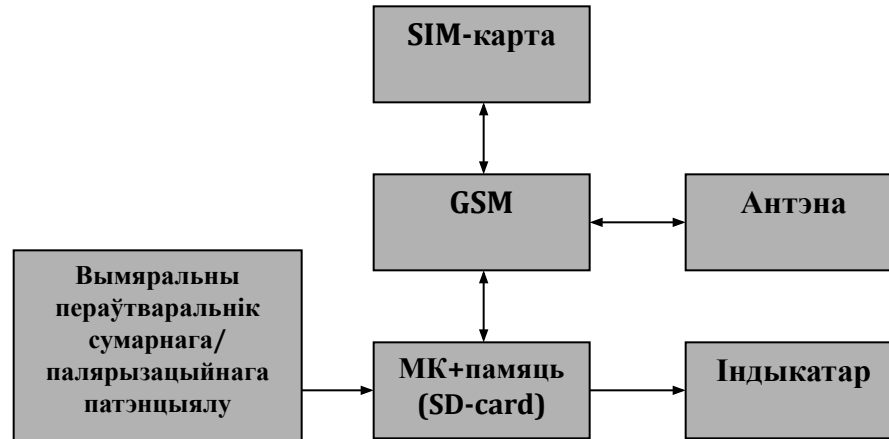
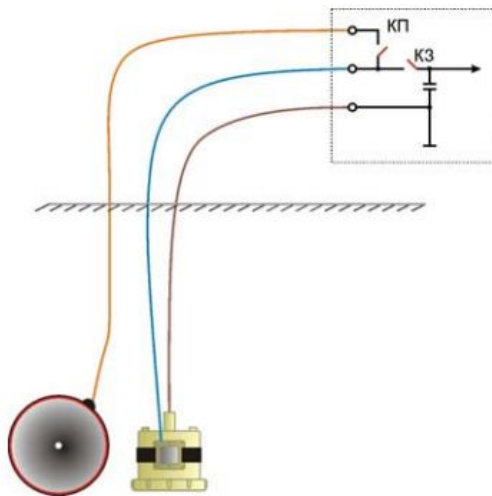
Функцыянальная схема станцыі катоднай абароны з 5-канальным стабілізатарам аноднага току:

*МППК – мікрапрацэсарная прылада кіравання;
К1 ... К5 – ключы стабілізатара-дзельніка току;
ВУ1 ... ВУ5 – вымяральныя ўзмацняльнікі;
BC – блок сілкавання;
ФН1 ... ФН5 – фарміроўнікі напружання;
GSM – тэлекамунацыйныя модулі фармату GSM.*

Кіраванне GSM-модулем адбываецца паводле пратакола UART, з дапамогай набору AT-каманд. Дадзены метады кантролю дазваляюць не толькі кантраляваць патэнцыял на трубе катоднай ахоўнай прылады, але і выдалена атрымліваць звесткі аб працы ўсёй сістэмы абароны.

У якасці кіруючага мікракантролера абраны ATxmega32A4-AU. Яго галоўнай асаблівасцю з'яўляецца наяўнасць пяці індыўідуальных наладжвальных генератараў лічбавых сігналаў, якія дазваляюць рэалізаваць каналы кіравання па прынцыпе ШІМ-мадуляцыі, г.зн. палепшыць раўнамернасць абароны. Акрамя таго, мікракантролер дазваляе падлучыць да 5-ці прылад з пратаколам UART, што дазваляе зручным чынам ажыццявіць спалучэнне з GSM-модулямі. Магчымая замена па функцыянальных уласцівасцях - PIC18F2520.

Аўтаматычная сістэма стабілізацыі аноднага току



Структурная схема вымяральнай прылады і прынцып вымярэння: КП – ключ палярызацыі, КЗ – ключ зарада; GSM – модуль SIM900; SIM-карта – стандартная карта для ініцыялізацыі прылады ў мабільнай сетцы; SD-card – знешняя энерганезалежная карта памяці для архівавання значэнняў ахоўнага патэнцыялу трубаправода.

Вымеранае з дапамогай прыбораў значэнне ахоўнага патэнцыялу складаецца з сумы патэнцыялаў (сумарны патэнцыял):

$$U_{\text{сум}} = U_{\text{нат}} + U_{\text{нал}} + U_{\text{ам}}$$

дзе: $U_{\text{нат}}$ – натуральны патэнцыял збудавання; $U_{\text{нал}}$ – палярызацыйны складнік (напружанне на палярызаваным пласце металічнай паверхні); $U_{\text{ам}}$ – амічны складнік – з'яўляецца непажаданай хібнасцю, якую пры вымярэннях варта выключыць або ўлічыць. Натуральны патэнцыял $U_{\text{нат}}$ – патэнцыял металічнага збудавання, вымераны адносна электрода параўнання пры адсутнасці блукаючых токаў палярызацыі ад знешніх крыніц току. Пры адсутнасці дадзеных $U_{\text{нат}}$ прымаюць роўным (адносна медна-сульфатнага электрода параўнання): мінус 0,7 В – для сталі і алюмінія; мінус 0,48 В – для свінца.

Амічны складнік зрушэння патэнцыялу $U_{\text{ам}}$ – гэта непазбежнае і шкоднае падзенне напружання, выкліканае токамі абароны на некаторым супраціўленні, куды ўваходзіць супраціўленне электраліта ў порах ізаляцыі і ўчастак грунту паміж нафтаправодамі і вымяральнымі электродам.

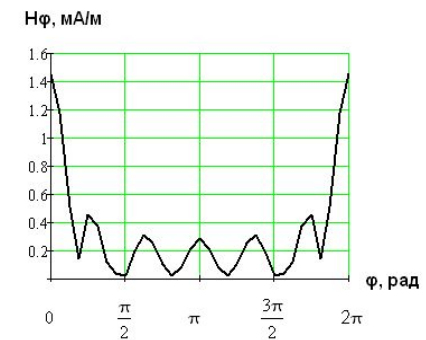
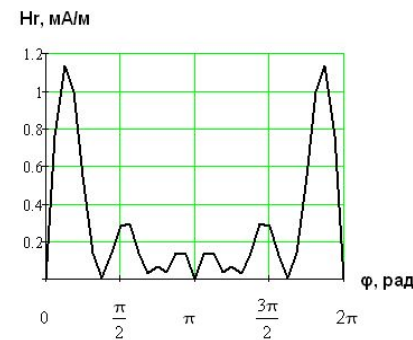
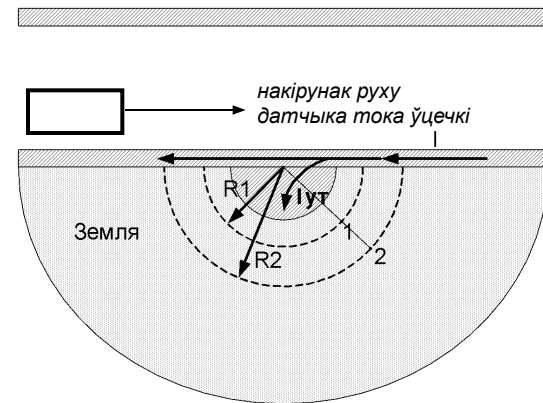
Палярызацыйны складнік $U_{\text{нал}}$ – карыснае падзенне напружання на палярызацыйным супраціўленні метал-электраліт.

Прылада ўнутрытрубнай дыягностыкі парушэнняў ізаляцыйнага пакрыцця нафтаправода

- распрацавана матэматычная мадэль для апісання фізічных працэсаў у сістэме "труба - ізаляцыйнае пакрыццё - грунт".

- распрацавана канструкцыя датчыка тока ўцечкі праз пашкоджанне ізаляцыйнага пакрыцця, а таксама датчыкаў унутранага рэльефу трубы і пераадоленай адлегласці.

- распрацавана схема электрычная прынцыповая і праграмнае забеспячэнне ўнутрытрубнай кантрольна-вымяральной дыягнастычнай прылады



Напружанасць магнітнага поля ў трубе паблізу сценкі: а – радыяльная, б – азімутальная

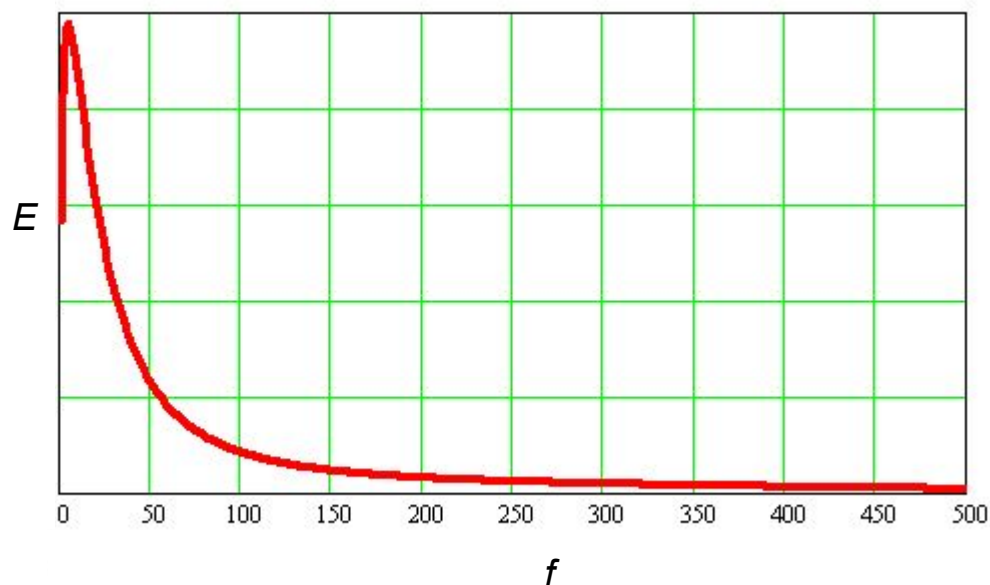
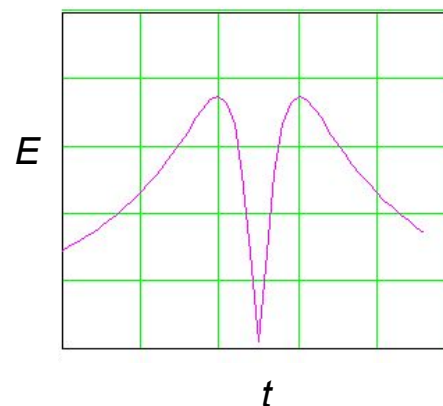
Прылада ўнутрытрубнай дыягностыкі парушэнняў ізаляцыйнага пакрыцця нафтаправода

Залежнасць сігнала датчыка тока ўцечкі ад часу пры рушэнні ўнутрытрубнай кантрольна-вымяральной дыягнастычнай прылады праз месца парушэння ізаляцыйнага пакрыцця

Выбар аптымальнай частаты генератара вымяральнага току з комплексным улікам характараў частотных залежнасцяў:

- каэфіцыента праходжання сігнала праз сценку трубы;
- велічыні магнітнай пранікальнасці канструкцыйнага матэрыялу (сталі);
- амплітуды сігнала на выхадзе індукцыйнага датчыка;
- пагоннага комплекснага супраціўлення трубаправода.

Сігнал на датчыку:



Прылада ўнутрытрубнай дыягностыкі парушэнняў ізаляцыйнага пакрыцця нафтаправода

Перспектыўныя распрацоўкі ў дадзеным накірунку будуць прадугледжваць распрацоўку метаду ўнутрытрубнай дыягностыкі стану ізаляцыйнага пакрыцця на аснове вымярэння падзення напружання ўздоўж трубаправода, стварэнне і эксперыментальную праверку адпаведных вымяральных сродкаў. Пры гэтым плануецца выкарыстоўваць корпус наяўнага кантрольна-вымяральнага дыягнастычнага снарада, з заменай датчыкаў і электронікі.

Кіраваны ўнутрытрубны герметызатар

Асноўныя перавагі кіраванага ўнутрытрубнага герметызатара:

- падвышаны радыус выяўлення (да 15 м);*
- запуск працэсу герметызацыі пасродкам тэлекіравання электрапрывадам клапана КУГ ад наземнай прылады, без папярэдняга ўздыму ціску ў трубаправодзе, неабходнага для парыву мембраны ў выпадку некіраванага ўпускнога клапана;*
- бесперапынны маніторынг становішча абшэвак герметызатара падчас герметызацыі;*
- магчымасць зачынення клапана КУГ шляхам рэверсу рухавіка электрапрывада для спрашчэння вымання КУГ з нафтаправода пасля завяршэння рамонтных работ*

Асноўныя вынікі распрацовак па аўтаматызацыі тэхналагічных аб'ектаў нафтаправоднага транспарту

Важнейшыя вынікі навуковых даследаванняў:

- атрымана матэматычная мадэль для апісання фізічных працэсаў пры фарміраванні патрабаванага ахоўнага патэнцыялу на кожнай з ліній працяглых участкаў нафтаправода, што дазволіла на яе аснове распрацаваць спосаб і сродкі стабілізацыі аноднага току для фарміравання патэнцыялаў электрахімічнай абароны падземных магістральных нафтаправодаў;***
- атрымана матэматычная мадэль для апісання фізічных працэсаў у сістэме "сценка трубы - ізаляцыйнае пакрыццё - грунт" пры парушэнні ізаляцыі, што дазволіла на яе аснове распрацаваць метады дэфектаваў унутрытрубнай дыягностыкі, які прадугледжвае вызначэнне месца пашкоджання ізаляцыі трубаправода шляхам вымярэння магнітнага поля токаў уцечкі, і стварыць адпаведныя інструментальныя сродкі.***

Асноўныя вынікі распрацовак па аўтаматызацыі тэхналагічных аб'ектаў нафтаправоднага транспарту

Па выніках даследаванняў апублікавана:

- 8 артыкулаў у рэцэнзаваных выданнях;*
- 42 тэзісы і матэрыялаў канферэнцый,*

Па выніках даследаванняў атрымана 7 патэнтаў на карысную мадэль і пададзена 9 заявак на вынаходства.

Колькасць асобных інавацыйных праектаў, сфарміраваных на базе вынікаў выканання задання - 3.

Колькасць дагавароў па выкананні работ і аказанні паслуг па стварэнні навукова-тэхнічнай прадукцыі і ўкараненні ў вытворчасць вынікаў даследаванняў - 6; агульны аб'ём пазабюджэтных сродкаў, атрыманых па дадзеных дагаворах - млн. руб.

Колькасць усталяваных новых заканамернасцяў - 6.

Колькасць усталяваных новых залежнасцяў - 7.

Колькасць створаных макетаў – 4 камплекты.

Колькасць эксперыментальных узораў - 7.

Асноўныя вынікі распрацовак па аўтаматызацыі тэхналагічных аб'ектаў нафтаправоднага транспарту

Новыя заканамернасці:

1. Спосаб фарміравання зададзеных стабільных анодных токаў, неабходных для забеспячэння патрабаваных патэнцыялаў электрахімічнай абароны ліній нафтаправода
2. Матэматычная мадэль перадачы інфармацыйнага сігнала праз асяроддзі "сценка трубы - ізаляцыйнае пакрыццё - грунт - паветра"
3. Спосаб і прылада кіравання працэсам герметызацыі
4. Спосаб і прылада вымярэння перамяшчэння штока кіраванага ўнутрытрубнага герметызатара
5. Спосаб бескантактавага пераводу герметызатара з чакальнага рэжыму ў рэжым выпраменьвання і зваротна
6. Спосаб аўтаматычнай мадуляцыі сігнала выпраменьвання з мэтай зніжэння электраспажывання ад акумулятарнай батарэі кіраванага ўнутрытрубнага герметызатара

Асноўныя вынікі распрацовак па аўтаматызацыі тэхналагічных аб'ектаў нафтаправоднага транспарту

Новыя залежнасці:

- 1. Залежнасць току, які спажываецца упускным клапанам, ад вонкавага ціску*
- 2. Залежнасць узроўню сігнала, што прымаецца наземнай прыладай, ад адлегласці да ўнутрытрубнай прылады КУГ*
- 3. Залежнасць велічыні току ўцечкі ад плошчы пашкоджання ізаляцыі ўчастку нафтаправода*
- 4. Залежнасць амплітуды напругі падаючай хвалі генератара пераменнага току, падлучанага да сценкі нафтаправода, ад адлегласці*
- 5. Залежнасць максімуму амплітуды сігнала датчыка магнітнага поля токаў уцечкі, ад частаты сігнала і даўжыні ўчастку нафтаправода*
- 6. Залежнасць каэфіцыента праходжання сігнала выпраменьвальніка праз сценку трубы нафтаправода ад магнітнай пранікальнасці матэрыялу сценкі*
- 7. Залежнасць каэфіцыента праходжання сігнала выпраменьвальніка праз сценку трубы нафтаправода ад частаты сігнала*



**Republic of Belarus,
educational establishment «Pavel Sukhol
State Technical University of Gomel»**