

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

თამარ მამაგულიშვილი

ციანმჟავას წარმოების ტექნოლოგიური პარამეტრების დაზუსტება და
ვარირება პროდუქტის გამოსავლიანობის გაზრდისა და საწარმოს
სტაბილური მუშაობის უზრუნველყოფის მიზნით

სადოქტორო პროგრამა - ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერია
შიფრი - 0410

დოქტორის აკადემური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი
დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი
2016 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტში. კვლევითი სამუშაოები ჩატარებულია შ.პ.ს. „რუსთავის აზოტის“ ციანმჟავას საამქროში და ამავე წარმოების ცენტრალურ ქიმიურ ლაბორატორიაში.

სამეცნიერო ხელმძღვანელები: პროფესორი ლერი გვასალია

აკადემიური დოქტორი ვალერი მაჭარაშვილი

რეცენზენტები: -----

დაცვა შედგება 2016 წლის “-----“-----, ----- საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე, კორპუსი II, აუდიტორია - კომპიუტერული ცენტრის სასემინარო დარბაზი

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი -----

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალურობა: წარმოდგენილი სადოქტორო ნაშრომი შეეხება ისეთ აქტუალურ საკითხებს, როგორცაა:

ციანმჟავას წარმოებაში პოლიმერიზაციის პროცესის აღმოფხვრა. დასაწყისშივე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ციანმჟავას წარმოების ექსპლუატაციის ათწლეულების გამოცდილებამ აჩვენა, რომ ციანმჟავას წარმოების გაშვებიდან ორი-სამი კვირის გასვლის შემდეგ აბსორბცია-რექტიფიკაციის კვანძზე ხდებოდა ციანმჟავას პოლიმერიზაცია. ციანმჟავას პოლიმერიზაცია ავტოკატალიზური პროცესია და წარმოება შეიძლება აფეთქებამდეც კი მიიყვანოს. ციანმჟავას პოლიმერიზაციის გამო საჭირო ხდებოდა წარმოების იძულებითი გაჩერება და სისტემის საგულდაგულო რეცხვა პოლიმერებისაგან. პლატინა-როდიუმის შენადნობის კატალიზატორის ბადის საგარანტიო განარბენი ~3000 სთ -ს შეადგენს, ამ დროის განმავლობაში წარმოების სტაბილური მუშაობის ნაცვლად იძულებითი გაჩერებების რაოდენობა $7 \div 8$ -ს შეადგენდა, რასაც მივყავდით ნედლეულის გადახარჯვამდე, კატალიზატორის ბადის დეზაქტივაციამდე, წარმადობის შემცირებამდე, ძვირფასი ლითონის ზენორმატიულ დანაკარგამდე, წარმოებული პროდუქტის თვითღირებულების გაზრდამდე და სხვ.

გარდა ზემოთაღნიშნულისა, ციანმჟავას წარმოება არ იყო უზრუნველყოფილი სინთეზის კვანძის სათანადო ანალიზური კონტროლით, რის გამოც წარმოების ტექნოლოგიურ რეჟიმებში ჩარევა საჭიროების შემთხვევაში დროულად ვერ ხორციელდებოდა. ციანმჟავას წარმოებაში სამმაგი ნარევისა და კონტაქტური აირების ანალიზები ყოველ 6 საათში ერთხელ კეთდებოდა, ანალიზები მოითხოვდა დიდ დროს და საშემსრულებლო ტექნიკის ფლობას. რაც მთავარია არ იყო წარმოდგენა ანალიზებს შორის სისტემის მდგომარეობაზე. იმ პირობებში, როდესაც რაიმე ფაქტორის გამო იცვლებოდა სამმაგი ნარევის ქიმიური შედგენილობა, იგი ნეგატიურად აისახებოდა ციანმჟავას გამოსავლიანობაზე, ხშირ შემთხვევებში კი მივყავდით პლატინა-როდიუმის შენადნობის კატალიზატორის ბადის „ნახშირბადოვან კოროზიამდე“ და ძვირფასი ლითონის ზენორმატიულ დანაკარგებამდე. კატალიზატორის ბადის აქტივობის დაკარგვა კი საგრძნობლად აუარესებდა წარმოების საერთო ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს.

კიდევ ერთი პრობლემა, რაც ციანმჟავას წარმოების არასტაბილურ მუშაობას განაპირობებდა, ეს იყო სამმაგი ნარევის შედგენილობაზე გარემოს დღე-ღამური და სეზონური ტემპერატურული ცვალებადობის გავლენა. ტექნოლოგიური რეჟიმების ცვალებადობა განსაკუთრებით შესამჩნევი ხდებოდა როდესაც დღისა და ღამის ტემპერატურები ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდებოდა. ასეთ პირობებში სამმაგი ნარევის შემადგენელი კომპონენტების ხარჯები თვითნებურად ცვალებადობდა. ზამთრის პერიოდში კი, როდესაც ყინვების სეზონი დგებოდა, ხშირად სამმაგი ნარევის კომპონენტთა შემცველობები რეგლამენტურ ზღვრებსაც კი სცდებოდა. ტექნოლოგიური

რეჟიმის მსვლელობისას, ავტომატური მართვის პირობებში, აღნიშნული ცვლილებების შემჩნევა შეუძლებელი იყო, რადგანაც ხარჯის მარეგულირებელი სარქველი ნაკადის ხარჯს ინარჩუნებდა დავალების ფარგლებში ტემპერატურის გათვალისწინების გარეშე.

დაბოლოს ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პრობლემა, რაც ციანმჟავას წარმოებაში გვხვდებოდა ეს იყო გამონაბოლქვ აირებში HCN -ის კონცენტრაციის გაზრდა, რომლის გამოც წარმოებაში ადგილი ჰქონდა პროდუქტის დანაკარგებს. თავის მხრივ გამონაბოლქვ აირებში HCN -ის კონცენტრაციის გაზრდის მიზეზი გახლდათ „ნულოვან“ და „მინუსოვან“ მარილხსნარებზე უარის თქმა, მათი მაღალი კოროზიულობის გამო.

სამუშაოს მიზანი და პრაქტიკული მნიშვნელობა: როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ ციანმჟავას წარმოებაში გვხვდებოდა მნიშვნელოვანი პრობლემები, რომელთა არსებობაც ხელს უშლიდა წარმოების ნორმალურ ტექნოლოგიურ რეჟიმში მართვას. სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა დეტალურად შეგვესწავლა არსებული პრობლემების მიზეზები და შეძლებისდაგვარად გადაგვეჭრა ისინი. კონკრეტულად ეს პრობლემები იყო:

- ციანმჟავას პოლიმერიზაცია წარმოების გაშვებიდან 2÷3 კვირაში;
- ციანმჟავას სინთეზის სტადიის სუსტი ანალიზური კონტროლით უზრუნველყოფა;
- ტექნოლოგიურ რეჟიმებზე გარემოს დღე-ღამური და სეზონური ტემპერატურული ცვალებადობის გავლენა;
- ციანმჟავას გამონაბოლქვ აირებში HCN -ის შემცველობის გაზრდა.

ციანმჟავას წარმოებაში პოლიმერიზაციის მოვლენას მივყავდით შემდეგ უარყოფით შედეგებამდე: წარმოების მოცდენა; გამომუშავებული პროდუქტის რაოდენობის შემცირება; გამომუშავებული პროდუქტის თვითღირებულების გაზრდა; წარმოების არასტაბილური მუშაობა; ცუდი სამუშაო პირობების არსებობა;

ციანმჟავას სინთეზის სტადიის სუსტი ანალიზური კონტროლით უზრუნველყოფა გამოიხატებოდა იმაში, რომ სამმაგი ნარევის და კონტაქტური აირების ანალიზები ყოველ 6 საათში ერთხელ სრულდებოდა, ანალიზი მოითხოვდა დიდ დროს და საშემსრულებლო ტექნიკის ფლობას. გარდა ამისა ანალიზსა და შემდეგ ანალიზს შორის სისტემის მდგომარეობაზე ინფორმაცია არ არსებობდა, ამიტომ ამა თუ იმ მიზეზით გამოწვეული სამმაგი ნარევის შედგენილობის შეცვლას მივყავდით კონტაქტურ აირებში HCN-ის შემცველობის კლებამდე და პლატინა-როდიუმის შენადნობის კატალიზატორის ბადის მოწამვლამდეც, რომელიც შეუქცევადი პროცესია და დაკავშირებულია პროდუქტის გამოსავლიანობის კლებასთან და ასევე ძვირფასი ლითონის ზენორმატიულ დანაკარგებთან. პირველი ინდიკატორი, რაშიც ვლინდება არასასურველი ცვლილებების შედეგი, ეს არის კონტაქტურ აირებში HCN -ის შემცველობის კლება, რაც თავის მხრივ სამმაგი ნარევის შედგენილობის და კომპონენტთა ურთიერთთანაფარდობის ცვლილებითაა გამოწვეული. სტატისტიკურად სამმაგი ნარევის ყველაზე ხშირ ცვლილებას ბუნებრივი აირის ქიმიური შედგენილობის ცვლილებები განაპირობებს, ამდენად სინთეზის სტადიის ეფექტური

კონტროლისათვის საჭირო იყო მუდმივმოქმედი ხელსაწყო დაყენება კონტაქტური აირების ხაზზე და ამავე დროს სამმაგი ნარევის და ბუნებრივი აირის ქიმიური შედგენილობის სწრაფი განსაზღვრისათვის საანალიზო ხელსაწყოების დანერგვა.

ჩვენი სადისერტაციო ნაშრომის ძირითად ვექტორს წარმოადგენდა ციანმჟავას წარმოების სტაბილური მუშაობის უზრუნველყოფა სხვადასხვა ტექნოლოგიური პარამეტრების ვარიაციების საფუძველზე. სისტემის არასტაბილური მუშაობის გამომწვევი ერთ-ერთი ფაქტორი იყო გარემოს სეზონური და დღე-ღამური ტემპერატურული ცვალებადობის გავლენა მატერიალური ნაკადების ხარჯებზე. ციანმჟავას წარმოება ავტომატურ რეჟიმში მართვისას მარეგულირებელი სარქველების მეშვეობით, ნაკადის ტემპერატურის გათვალისწინების გარეშე ავტომატურად ინარჩუნებდა ხარჯს დავალების ფარგლებში. გადათვლებით დადგენილი იქნა, რომ მატერიალური ნაკადის ტემპერატურის ყოველი 1 °C -ით ცვალებადობისას ამიაკის და ბუნებრივი აირის ხარჯები იცვლებოდა ~2,5 მ³/სთ -ით, ხოლო ჰაერისა ~ 17 მ³/სთ -ით. ზამთრის პერიოდში ბუნებრივი აირის ტემპერატურის მნიშვნელოვანი კლებისას სამმაგ ნარევი მეთანის შემცველობა ნორმის მაქსიმუმსაც კი აჭარბებდა, რასაც მივყავდით პლატინა-როდიუმის შენადნობის კატალიზატორის ბადის „ნახშირბადოვან“ კოროზიამდე და ძვირფასი ლითონის ზენორმატიულ დანაკარგებამდე.

ჩამოთვლილი პრობლემების არსებობა საგრძნობლად აუარესებდა წარმოების ტექნიკურ-ეკონომიკურ მდგომარეობას, ამიტომ მათ გადაჭრას წარმოებისათვის გააჩნდა დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა.

ნაშრომის ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე: ჩატარებული კვლევების შედეგად სისტემაზე აღმოფხვრილი იქნა პოლიმერიზაციის პრობლემა, შესწავლილი იქნა პოლიმერიზაციის გამომწვევი მიზეზები და პოლიმერიზაციის მექანიზმი. პოლიმერიზაციის აღმოფხვრის შემდეგ დადგა შემდეგი სასარგებლო შედეგები: დასტაბილურდა საწარმო პროცესი; გაიზარდა გამომუშავებული პროდუქციის რაოდენობა; შემცირდა პროდუქციის თვითღირებულება; გაუმჯობესდა სამუშაო პირობები;

ციანმჟავას სინთეზის კვანძზე კონტაქტური აირების საანალიზო ინფრაწითელი სპექტრომეტრის, სამმაგი ნარევის და ბუნებრივი აირის ქიმიური შედგენილობის საანალიზო ქრომატოგრაფების დანერგვამ შესაძლებლობა მოგვცა დროულად გამოგვესწორებინა ამა თუ იმ მიზეზით დარღვეული ტექნოლოგიური რეჟიმი. გარდა ამისა საანალიზო ხელსაწყოების საშუალებით მოხერხდა პლატინა-როდიუმის შენადნობისაგან დამზადებული კატალიზატორის ბადის „ნახშირბადოვანი“ კოროზიის თავიდან აცილება და ძვირფასი ლითონის ზენორმატიული დანაკარგების აღმოფხვრა.

აღმოჩენილი იქნა წარმოების სტაბილური მუშაობის ხელისშემშლელი ისეთი ძირითადი მიზეზი, როგორც იყო სამმაგი ნარევის შემადგენელი მატერიალური ნაკადების ხარჯებზე გარემოს დღე-ღამური და სეზონური ტემპერატურული ცვალებადობის გავლენა. გარემოს ცვალებადი ტემპერატურების შედეგად იცვლებოდა

სამმაგი ნარევის ქიმიური შედგენილობა და კომპონენტთა ურთიერთთანაფარდობა, რასაც მივყავდით ოპტიმალური რეჟიმის დარღვევამდე და ციანმჟავას გამომუშავების კლებამდე. ტექნოლოგიური რეჟიმების თვითნებური ცვალებადობის მიზეზების გარკვევის შემდეგ მატერიალურ ნაკადებზე დამონტაჟებული იქნა ავტომატური მართვის თბომცვლელები, რომელებიც მატერიალური ნაკადების ტემპერატურას ინარჩუნებდნენ დავალების ფარგლებში. გატარებული ღონისძიების შედეგად სისტემაზე გარემოს დღე-ღამური და სეზონური ტემპერატურული ცვალებადობის გავლენა მოიხსნა.

კვლევის დასკვნით ეტაპზე მოძიებული იქნა გამონაბოლქვ აირებში HCN -ის კონცენტრაციის შემცირების შესაძლებლობა წარმოების სასარგებლოდ. ამისათვის სკრუბერების კასკადს დაემატა კიდევ ერთი სკრუბერი, რომელშიაც შესაძლებელი გახდა აბსორბციული აირებიდან დამატებითი რაოდენობის ციანმჟავას გამოყოფა.

სამუშაოს აპრობაცია: სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენებული და განხილული იქნა: აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკულ კონფერენციაში: „თანამედროვე საინჟინრო ტექნოლოგიები და გარემოს დაცვა“

დისერტაციის სტრუქტურა და მოცულობა: - სადისერტაციო ნაშრომი გაფორმების ინსტრუქციის მიხედვით მოიცავს 131 ნაბეჭდ გვერდს, მათ შორის სატიტულოს, ხელმოწერის, რეზიუმეს ორ ენაზე (ქართული და ინგლისური), შინაარსს, შესავალს, ლიტერატურის მიმოხილვას, ექსპერიმენტულ ნაწილს, შედეგების განსჯას და დასკვნით თავს (სულ ხუთი თავი). ნაშრომი ასევე მოიცავს ცხრილების ნუსხას - 29, ნახაზების ნუსხას -11 და თან ერთვის გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა.

1. ლიტერატურის მიმოხილვა

მოცემულ თავში განხილულია ციანმჟავას წარმოების სხვადასხვა მეთოდები. პირობითად საწარმოო მიღების მეთოდები კლასიფიცირებულია ენდოთერმულ და ეგზოთერმულ პროცესებად. მოყვანილია მსოფლიოს წამყვანი ფირმების: „Du PONT“, „De gussa“ მიერ გამოყენებული მეთოდები დადეტალურადაა განხილული „რუსთავის აზოტში“ ციანმჟავას წარმოების ტექნოლოგიური პროცესი.

- 1.1. ციანმჟავას მიღების მეთოდები
 - 1.1.1. ციანმჟავას მიღება ენდოთერმული რეაქციებით
 - 1.1.1.1. ციანმჟავას მიღება კოქსის აირებიდან
 - 1.1.1.2. ციანმჟავას მიღება ნახშირწყალბადებისა და ამიაკისაგან
 - 1.1.1.3. ციანმჟავას სინთეზი ელექტრული განმუხტვით
 - 1.1.2. ციანმჟავას მიღება ეგზოთერმული რეაქციებით
 - 1.1.2.1. ამიაკისა და მეთანის ნარევის დაჟანგვა ჰაერის ჟანგბადით, მეთანის ჟანგვითი ამონოლიზი
 - 1.1.2.2. მეთანის ორსაფეხურებრივი ამონოლიზი
 - 1.1.2.3. ციანმჟავას მიღება პროპილენის ჟანგვითი ამონოლიზით
 - 1.1.2.4. ციანმჟავას მიღება ალის მეთოდით (მეთანისა და ამიაკის პიროლიზით კატალიზატორის გარეშე)
- 1.2. ციანმჟავას წარმოება „რუსთავის აზოტში“ მეთანის ჟანგვითი ამონოლიზით
 - 1.2.1. ციანმჟავას წარმოების სინთეზის სტადია
 - 1.2.1.1. ტექნოლოგიური ჰაერის მომზადება სინთეზისათვის
 - 1.2.1.2. ამიაკის მომზადება სინთეზისათვის
 - 1.2.1.3. ბუნებრივი აირის მომზადება სინთეზისათვის
 - 1.2.1.4. სამმაგი ნარევის ფორმირება
 - 1.2.1.5. ციანმჟავას სინთეზი და გამოყენებული კატალიზატორი
 - 1.2.1.6. ტექნოლოგიური ფაქტორების გავლენა ციანმჟავას გამოსავლიანობაზე
 - 1.2.2. კონტაქტური აირების გაცივება
 - 1.2.2.1. კონტაქტური აირების გაცივება ქვაბ-უტილიზატორში, - ორთქლის გამომუშავება
 - 1.2.2.2. კონტაქტური აირების გაცივება მაცივარში, მომზადება გოგირდმჟავა აბსორბციისათვის
 - 1.2.3. კონტაქტური აირებიდან ამიაკის აბსორბცია გოგირდმჟავით
 - 1.2.3.1. ამონიუმის სულფატის სკრუბერის მუშაობის ოპტიმალური რეჟიმი
 - 1.2.3.2. ამონიუმის სულფატის ხსნარში გახსნილი ციანმჟავას გამოქრევა მწვავე ორთქლით

1.2.4. აირადი ციანმჟავას აბსორბცია წყლით

1.2.4.1. აირადი ციანმჟავას აბსორბცია ფორსკრუბერში

1.2.4.2. აირადი ციანმჟავას აბსორბცია სკრუბერში

1.2.5. ციანმჟავას წყალხსნარის რექტიფიკაცია, პროდუქციული ციანმჟავას მიღება

ციანმჟავას წარმოების თითოეული სტადიის განხილვისას ყურადღება გამახვილებულია, როგორც წარმოების ძირითად რეგლამენტურ მაჩვენებლებზე, ასევე ამ მაჩვენებლებიდან გადახრის შემთხვევაში დამდგარ არასასურველ შედეგებზე. მოცემულია წარმოების ტექნოლოგიური სქემა და მატერიალური ბალანსი. აქვე დასმულია ის პრობლემატური საკითხები, რომლებიც განაპირობებდნენ ციანმჟავას წარმოების არასტაბილურ მუშაობას და დანაკარგებს:

- ციანმჟავას პოლიმერიზაცია;
- ციანმჟავას წარმოების სინთეზის სტადიის არასათანადო ანალიზური კონტროლი;
- კონტაქტირებაზე მიმავალი მატერიალური ნაკადების ხარჯების დამოკიდებულება გარემოს სეზონური და დღე-ღამური ტემპერატურის ცვალებადობაზე;
- ციანმჟავას წარმოების გამონაბოლქვ აირებში HCN -ის დანაკარგები;

მითითებულია აღნიშნული პრობლემების არსებობით გამოწვეული უარყოფითი შედეგები.

2. ექსპერიმენტალური ნაწილი

2.1. კვლევის ობიექტები

კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა შ.პ.ს. „რუსთავის აზოტის“ ციანმჟავას წარმოება და მისი ნედლეული:

ა) ციანმჟავა - უწყლო ციანმჟავა წარმოადგენს გამჭვირვალე, უფერო, ძლიერ მოძრავ სითხეს დამახასიათებელი სუნით, რომელიც მოგვაგონებს მწარე ნუშის სუნს. ციანმჟავას დუდილის ტემპერატურა 760 მმ.ვწ.სვ. წნევაზე შეადგენს 25,70 °C. 100 % -იანი ციანმჟავას გამყარების ტემპერატურა -13,3 °C -ია. ციანმჟავა ყველა თანაფარდობით იხსნება წყალში და ასევე ერევა ორგანულ გამხსნელთა უმეტესობას: სპირტებს (მეთილის, ეთილის, იზოპროპილის), ალიფატურ ნახშირწყალბადებს, ქლორწარმოებულებს (მეთილენქლორიდი, ქლოროფორმი, დიქლორეთანი, ოთხქლორიანი ნახშირბადი), არომატულ ნახშირწყალბადებს (ბენზოლი, ტოლუოლი, ქსილოლი), ასევე მარტივ და რთულ ეთერებს (დიეთილეთერში, მეთილ- და ეთილფორმიატი). ციანმჟავა წარმოადგენს წვად და ფეთქებადსაშიშ ნივთიერებას. ანთების ტემპერატურა -18 °C, ორთქლის თვითაალების ტემპერატურა 538 °C. ჰაერზე იწვის ნათელი იისფერი ალით. ჰაერიან ციანმჟავას ფეთქებადობის ზღვრებია 5,6 ÷ 40 მოც. %. თხევადი ციანმჟავა დეტონირებისას ფეთქდება ნიტროგლიცერინის მსგავსად.

ციანმჟავა ნიტრილების კლასის უმარტივესი წარმომადგენელია. ამ კლასის ნაერთების ქიმიური თვისებები ძირითადად განპირობებულია მათ მოლეკულაში არსებული ნიტრილური ჯგუფით - $C \equiv N$. აზოტი და ნახშირბადი ამ ჯგუფში ერთი ნ და ორი II ბმით უკავშირდება ერთმანეთს. ნახშირბადატომს გააჩნია sp-ჰიბრიდიზაცია, რითაც აიხსნება ციანმჟავას ხაზოვანი აღნაგობა. ციანმჟავას ახასიათებს ორი ტაუტომერული ფორმა: ნიტრილური ($H - C \equiv N$) და იზონიტრილური ($H - N = C:$). ციანმჟავას აღნაგობიდან გამომდინარე ახასიათებს სხვადასხვა ქიმიური რეაქციები: ჰიდროლიზი, აღდგენა, ამინებთან ურთიერთქმედება, პოლიმერიზაცია, უჯერი ნახშირწყალბადების მიერთება, რეაქცია ალდეჰიდებთან და კეტონებთან, ურთიერთქმედება ჰალოგენებთან, ურთიერთქმედება ჰალოგენ-წარმოებულებთან.

სუფთა სახით ციანმჟავა, ან სტაბილიზებული ძლიერი მჟავებით, მაგალითად H_2SO_4 -ით საკმაოდ მდგრადი ნივთიერებაა, მაგრამ მასში ფუძე ხასიათის ნივთიერებების მოხვედრა იწვევს მის პოლიმერიზაციას.

ბ) ამიაკი - ნორმალურ პირობებში წარმოადგენს უფერო, დამახასიათებელი მკვეთრი სუნის მქონე მხუთავ აირს. ამიაკის მოლეკულას გააჩნია სწორი სამკუთხედის ფორმა. ამიაკის მოლეკულაში შემავალ აზოტს გააჩნია გაწყვილებული ელექტრონული წყვილი, რომელიც განაპირობებს ამიაკის თვისებას წარმოქმნას დონორულ-აქცეპტორული და წყალბადური ბმა. მისი დუდილის ტემპერატურა -33,35 °C, ლღობის ტემპერატურა -77,7 °C, ხოლო თვითაალების ტემპერატურა 650 °C -ია. ამიაკი ჰაერთან წარმოქმნის 15 ÷ 28 % -ის, ხოლო ჟანგბადთან 13,5 ÷ 79 % -ის ზღვრებში ფეთქებადსაშიშ ნარევს. აირადი ამიაკის სიმკვრივეა 597 კგ/მ³. 20 °C -ზე 1 ლ წყალში იხსნება 700 ლ ამიაკი. ჟანგბადის არეში იწვის მწვანე ფერის ალით. ამიაკის დაჟანგვისას კატალიზატორის თანაობისას

წარმოიქმნება აზოტის ჟანგეულები და წყალი. ამიაკის დაშლა წყალბადად და აზოტად შესამჩნევი ხდება $1200 \div 1300$ °C -ზე მაღალ ტემპერატურაზე, კატალიზატორის თანაობისას 400 °C -ზე. ამიაკი ხასიათდება ძლიერი რეაქციისუნარიანობით, მისთვის დამახასიათებელია მიერთების რეაქციები, მჟავებთან ურთიერთქმედებისას, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ამონიუმის მარილები. ამიაკში არსებული წყალბადი შეიძლება ჩანაცვლებული იქნას ჰალოგენებით. ამიაკის კატალიზური დაჟანგვით იღებენ NO -ს, რომელიც წარმოადგენს აზოტმჟავას წარმოების შუალედურ პროდუქტს, ამიაკის კატალიზური დაჟანგვით მეთანის თანაობისას წარმოიქმნება HCN. ისეთი ძლიერ დამჟანგველებს როგორცაა H_2O_2 , $K_2Cr_2O_7$ და $KMnO_4$ ამიაკი გადაყავთ წყალხსნარებში. აირადი ამიაკი იჟანგება Br_2 და Cl_2 , რის შედეგადაც მიიღება N_2 .

გ) ტექნოლოგიური ჰაერი - წარმოადგენს აირების ბუნებრივ ნარევს, რომლის ძირითადი შემადგენელი კომპონენტებია აზოტი და ჟანგბადი ($98 \div 99$ %), ასევე შეიცავს არგონს, CO_2 , წყლის ორთქლს, ჰელიუმს, კრიპტონს, ქსენონს და სხვა. ნორმალურ პირობებში წყალში იხსნება $29,18$ მლ/ლ. გარდატეხის მაჩვენებელი შეესაბამება - $0,0003$.

დ) ბუნებრივი აირი - წარმოადგენს აირნარევს, რომელიც წარმოიქმნება ნიადაგში ორგანული ნივთიერებების დაშლისას. მისი ძირითადი შემადგენელი კომპონენტია მეთანი, ასევე შეიცავს ეთანს, პროპანს, ბუთანს, პენტანს, ჰექსანს, აზოტს, ნახშირორჟანგს, მცირე რაოდენობით წყალბადს, გოგირდწყალბადს და სხვა. სუფთა ბუნებრივი აირი უფერო და უსუნო აირია. შედგენილობის მიხედვით მისი სიმკვრივე ცვალებადობს $0,68 \div 0,85$ კგ/მ³ ზღვრებში. თვითაალების ტემპერატურა 650 °C -ია. ჰაერთან წარმოქმნის ფეთქებადსაშიშ ნარევს $5 \div 15$ % (მოც) ზღვრებში.

ე) გოგირდმჟავა - არის ძლიერი ორფუძიანი მჟავა, რომელშიც გოგირდის დაჟანგულობის ხარისხი $+6$ -ია. ჩვეულებრივ პირობებში კონცენტრირებული გოგირდმჟავა უფერო, უსუნო, მძიმე, ზეთისებური სითხეა. ერევა წყალს და SO_3 -ს ნებისმიერი თანაფარდობით. კონცენტრირებული გოგირდმჟავას სიმკვრივე $1,8356$ გ/სმ³ -ია, მისი დუდილის ტემპერატურაა $279,6$ °C. ცხელი კონცენტრირებული გოგირდმჟავა ძლიერი დამჟანგველია. ცივ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში რიგი ლითონები Fe, Al, Cr, Co, Ni, Ba განიცდიან პასივაციას და რეაქცია არ მიმდინარეობს.

ვ) ორთოფოსფორმჟავა - არაორგანული სამფუძიანი მჟავაა ქიმიური ფორმულით - H_3PO_4 . იგი წარმოადგენს უფერო, უსუნო სითხეს, კარგად იხსნება წყალში, ეთანოლში და სხვა გამხსნელებში. წყალში იხსნება 548 გ/100 მლ. მისი სიმკვრივეა $1,685$ გ/სმ³, ლღობის ტემპერატურა $+42,35$ °C, ხოლო დუდილის ტემპერატურა $+158$ °C -ია. ძლიერ მჟავებთან ურთიერთქმედებაში, მაგ: ქლორმჟავასთან $HClO_4$, ავლენს ამფოტერულ თვისებებს.

2.2. კვლევის მეთოდები:

კვლევის პროცესში გამოყენებული იქნა ქიმიური ანალიზის მეთოდები, როგორც აირად, ასევე თხევად ფაზაში. ქიმიური ანალიზები სრულდებოდა ციანმჟავას წარმოების ლაბორატორიაში და ქარხნის ცენტრალურ ქიმიურ ლაბორატორიაში:

- 1) **კუბური ხსნარი** - ა) ორთოფოსფორმჟავას კონცენტრაციის განსაზღვრა;
ბ) HCN -ის კონცენტრაციის განსაზღვრა;
გ) შუქგამტარებლობის განსაზღვრა;
- 2) **76÷82 °C -ზე მდულარე ფრაქცია** - ა) შუქგარდატეხის მაჩვენებლის განსაზღვრა;
- 3) **სამმაგი ნარევი**: - ა) ამიაკის კონცენტრაციის განსაზღვრა;
ბ) მეთანის კონცენტრაციის განსაზღვრა;
გ) ჟანგბადის კონცენტრაციის განსაზღვრა;
დ) სამმაგი ნარევის ქიმიური შედგენილობის ქრომატოგრაფიული განსაზღვრა;
- 4) **კონტაქტური აირი**: - ა) ციანმჟავას კონცენტრაციის განსაზღვრა;
ბ) ამიაკის კონცენტრაციის განსაზღვრა;
გ) HCN -ის და NH₃ -ის სპექტროსკოპიული განსაზღვრა;
- 5) **თხევადი ციანმჟავას მიღება ლაბორატორიული მეთოდით**;
- 6) **საკალიბრო აირნარევები**: - ა) HCN -ის კონცენტრაციის განსაზღვრა;
ბ) NH₃ -ის კონცენტრაციის განსაზღვრა;
- 7) **მატერიალური ბალანსის მეთოდი**: - ა) ფოსფორმჟავას განსაზღვრა;
- 8) **ბუნებრივი აირი**: - ა) ქიმიური შედგენილობის განსაზღვრა ქრომატოგრაფიული მეთოდით;

3. შედეგები და მათი განსჯა

ციანმჟავას წარმოების გარშემო არც თუ ისე მდიდარი ლიტერატურული მონაცემები არსებობს, რადგანაც ციანმჟავა ორმაგი დანიშნულების პროდუქტს წარმოადგენს. “რუსთავის აზოტში” წარმოებული ციანმჟავა მიღებისთანავე გადამუშავდება ნატრიუმის ციანიდად, რომელიც შემდგომში გამოიყენება ძვირფასი ლითონების ჰიდრომეტალურგიული მეთოდით მისაღებად.

ჩვენს მიერ წარმოდგენილი კვლევების ჩატარებამდე წარმოებამ მნიშვნელოვანი პროგრესი განიცადა, რაც გამოიხატება საცრისებური კატალიზატორის ბადის შეცვლით ფირმა “JONSON MATTEY” -ს სივრცული ტიპის კატალიზატორის ბადეებით. აღნიშნულმა ცვლილებამ კონტაქტურ აირებში ციანმჟავას შემცველობა გაზარდა $5,5 \div 6,0$ % -დან $6,5 \div 7,5$ % -მდე. აქვე აღსანიშნავია, რომ ციანმჟავას წარმოების ანდრუსოვის მეთოდი ციანმჟავას გამოსავლიანობას $60 \div 63$ % -ის ფარგლებში უზრუნველყოფს, რაც შეეხება კატალიზატორის ბადეების შეცვლას იგი უზრუნველყოფს ციანმჟავას გამოსავლიანობას $72 \div 75$ % -ის ზღვრებში. თუმცა უნდა აღინიშნოს ის გარემოებაც, რომ ციანმჟავას გამოსავლიანობის მითითებული მაჩვენებელი არის თუ არა შესაძლებლობის მაქსიმუმი უცნობია. ამის გარკვევა საჭიროებს ფუნდამენტალური ექსპერიმენტალური სამუშაოს ჩატარებას.

როგორც წინამდებარე სადისერტაციო სამუშაოს სათაური მიუთითებს საჭირო იყო გარკვეული ტექნოლოგიური პარამეტრების დაზუსტება და ვარირება წარმოების სტაბილური მუშაობისათვის, ასევე ციანმჟავას დანაკარგების შემცირების გზით პროდუქტის გამოსავლიანობის გაზრდა. ციანმჟავას წარმოება დაპროექტებულია საპროექტო ორგანიზაცია “ГИАП” -ის მიერ და რაღათქმა უნდა წარმოების ნორმალური ტექნოლოგიური რეჟიმის მიმდინარეობა სათანადოდ დეტალიზებულია. წარმოების არასტაბილურ მუშაობას განაპირობებდა ის ცვლილებები, რაც ობიექტური მიზეზების გამო იძულებით იქნა შეტანილი წარმოების ტექნოლოგიურ რეგლამენტში. ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი განსხვავება, რაც პროექტულ და ფაქტობრივ მდგომარეობას შორისაა ეს არის ბუნებრივი აირის ქიმიური შედგენილობის ცვალებადობა. ციანმჟავას წარმოების საპროექტო მონაცემების მიხედვით წარმოებაში შემომავალი ბუნებრივი აირი განიცდიდა როგორც გოგირდნაერთებისაგან გაწმენდას, ასევე საჭიროების შემთხვევაში მეთანის ჰომოლოგებისაგან გაწმენდასაც. აქედან გოგირდნაერთებისაგან გაწმენდა ხორციელდებოდა ორ საფეხურად: პირველ საფეხურზე გოგირდნაერთები განიცდიდნენ ჰიდრირებას ალუმო-კობალტ-მოლიბდენის კატალიზატორზე წყალბადის მეშვეობით, რის შედეგადაც ისინი გარდაიქმნებოდნენ გოგირდწყალბადში, ეს უკანასკნელი კი შთაინთქმებოდა თუთიის ოქსიდის მიერ. რაც შეეხება მეთანის ჰომოლოგებისა და ბინებრივი აირის გაწმენდას ამისათვის პროექტის მიხედვით არჩეული იყო დესტრუქციული ჰიდრირების მეთოდი, რომელიც მდგომარეობდა მეთანის ჰომოლოგების ჰიდრირებაში ნიკელის კატალიზატორის ზედაპირზე, რის შედეგადაც მეთანის ჰომოლოგები გარდაიქმნებოდნენ მეთანად. აღსანიშნავია, რომ

წარმოებას ათწლეულების განმავლობაში მიეწოდებოდა რუსეთის (სტავროპოლის) ბუნებრივი აირი, რომელშიც მეთანის შემცველობა 95÷96 % -ს შეადგენდა. ამდენად აღნიშნულ ბუნებრივ აირს მეთანის ჰომოლოგებისაგან გაწმენდა არ ესაჭიროებოდა, ხოლო დანადგარი გამოყენებული იქნა წარმოების სხვა საჭიროებებისათვის. დღეისათვის წარმოებას მოეწოდება აზერბაიჯანული “SOCAR” -ის ბუნებრივი აირი, რომელშიც მეთანისა და მისი ჰომოლოგების შემცველობა საკმაოდ დიდ დიაპაზონში მერყეობს. ჩვენს წარმოებაში მოისინჯა ბუნებრივი აირის გაწმენდა კრიოგენული მეთოდით ტურბოდეტანდერის გამოყენებით, თუმცა სასურველი შედეგები ვერ იქნა მიღებული. ამდენად ბუნებრივი აირის მეთანის ჰომოლოგებისაგან გაწმენდის საკითხი მწვავედ დგას წარმოებაში.

ბუნებრივი აირის ქიმიური შედგენილობის ზემოთ აღნიშნულმა ცვლილებებმა გამოიწვია სამმაგი ნარევის ქიმიური შედგენილობის თვითნებური ცვლილებები, რის შედეგადაც შემცირდა როგორც ციანმჟავას მოცულობითი წილი კონტაქტურ აირებში, ასევე რამოდენიმეჯერ ჰქონდა ადგილი პლატინა-როდიუმის კატალიზატორის ბადის “კარბიდიზაციას”. შექმნილი სიტუაციიდან გამოსავალი ცალსახად იყო სამმაგ ნარევიში ჟანგბადის კონცენტრაციის გაზრდა, ამიტომ დღეისათვის სამმაგ ნარევიში მიწოდებული ჰაერის მოცულობა ნაცვლად 4970 მ³/სთ -ისა დაახლოებით 5460 მ³/სთ -ს შეადგენს. მართალია აღნიშნული ჭლონისძიება შექმნილი მდგომარეობიდან დროებითი გამოსავალია, თუმცა ამან თავიდან აგვაცილა პლატინა-როდიუმის კატალიზატორის ბადის “ნახშირბადოვანი კოროზია”, რაც თავის მხრივ ძვირფასი ლითონის მნიშვნელოვან დანაკარგებთანაა დაკავშირებული. აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ ციანმჟავას წარმოების პროცესი იმდენად დინამიურია, რომ შესაბამისი ანალიზური კონტროლის უზრუნველყოფის გარეშე თვითნებური ცვლილებების მყისიერი აღმოჩენა და მასზე რეაგირება შეუძლებელი იყო, ხოლო ამ ცვლილებების აღმოჩენის დროს რეაგირება უკვე დაგვიანებული იყო, რადგანაც პლატინა-როდიუმის კატალიზატორის ბადე უკვე მოწამლული იყო. ბუნებრივი აირის ქიმიური შედგენილობის ცვლილებების ინდიკატორი არის ციანმჟავას მოცულობითი წილის კლება კონტაქტურ აირებში, ამიტომ გადაწყვეტილი იქნა პირველ რიგში შესყიდულიყო კონტაქტური აირების შედგენილობის მაკონტროლებელი მუდმივ მოქმედი ჩამწერი ხელსაწყო.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ ამისათვის შერჩეული იქნა ავტომატიზირებული ინფრაწითელი სპექტრომეტრი. კონტაქტურ აირებში ციანმჟავას შემცველობის კლება რაღა თქმა უნდა კავშირშია სამმაგი ნარევის შედგენილობის ცვალებადობასთან, ამიტომ სინთეზის კვანძის სრულყოფილი ანალიზური კონტროლისათვის შესყიდული იქნა ორი ქრომატოგრაფი: ერთი ბუნებრივი აირის ქიმიური შედგენილობის და მეორე სამმაგი ნარევის ქიმიური შედგენილობის კონტროლისათვის.

ციანმჟავას სინთეზის კვანძის ანალიზური კონტროლის აპარატურის დანერგვაში უშუალოდ ჩვენი თანამონაწილეობა მდგომარეობს მათ დაკალიბრებაში. აპარატებიდან ბუნებრივი აირის ქრომატოგრაფს გააჩნის საკალიბრო აირნარევი, რომლითაც

ქრომატოგრაფის მწარმოებელი მხარის სპეციალისტების მიერ იქნა იგი დაკალიბრებული, თუმცა სამ თვეში ერთხელ ჩვენს მიერ მოწმდება ქრომატოგრაფის ჩვენების სიზუსტე და საჭიროების შემთხვევაში იცვლება საკალიბრო ფენა. რაც შეეხება სამმაგი ნარევის ქრომატოგრაფს და შთანთქმის ინფრაწითელ სპექტროფოტომეტრს, მათი დაკალიბრება განხორციელდა ჩვენს მიერ, ინფრაწითელი სპექტრომეტრის დაკალიბრებისათვის საჭირო გახდა ლაბორატორიულ პირობებში მიგველო თხევადი ციანმჟავა. გარდა აპარატების დაკალიბრებისა ჩვენს მიერ რეგულარულად მოწმდება მათი მუშაობა. ასევე შედგენილი იქნა ანალიზების მეთოდის და ჩატარდა მომსახურე პერსონალის სწავლება. სინთეზის კვანძის ანალიზური კონტროლის აპარატების დანერგვამ გაზარდა ანალიზის სიზუსტე, შეამცირა ანალიზისათვის საჭირო დრო, გააუმჯობესა შრომის პირობები და რაც მთავარია მოგვცა შესაძლებლობა დროულად აღმოვაჩინოთ ამა თუ იმ მიზეზით გამოწვეული თვითნებური ცვალებადობის მიზეზი და ჩავერთოთ ტექნოლოგიური რეჟიმების მსვლელობაში და სასურველი მიმართულებით შევცვალოთ იგი. აქვე უნდა ვაღიაროთ, რომ ბუნებრივი აირის შედგენილობის ცვალებადობის ფონზე ამ ეტაპზე ჩვენ ვებრძვით ამ ცვალებადობისაგან გამოწვეულ შედეგებს და არა თვითონ ბუნებრივი აირის შედგენილობას, თუმცა უახლოეს მომავალში ამ მიმართულებით ფართო ფრონტის სამუშაოების შესრულებაა დაგეგმილი.

ციანმჟავას სინთეზის კვანძის ანალიზური კონტროლის გაძლიერებით მივაკვლიეთ კიდევ ერთ მნიშვნელოვან მიზეზს, რაც ასევე განაპირობებდა წარმოების არასტაბილურ მუშაობას. ეს მიზეზი იყო გარემოს დღე-ღამური და სეზონური ტემპერატურული ცვალებადობის გავლენა მატერიალურ ნაკადებზე. ბუნებრივი აირის მეტ-ნაკლებად სტაბილური შედგენილობის პირობებში სამმაგი ნარევის შედგენილობა მაინც გარკვეულ ზღვრებში ცვალებადობდა, ეს განსაკუთრებით შესამჩნევი ხდებოდა იმ დროს, როდესაც დღისა და ღამის ტემპერატურები ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდებოდა. როგორც ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა სამმაგი ნარევის ფორმირებისათვის საჭირო ჰაერისა და ბუნებრივი აირის ხარჯებზე გარემოს ტემპერატურული რეჟიმის ცვალებადობა დიდ გავლენას ახდენდა. რაც შეეხება ამიაკს, იგი სისტემაზე თბება 50 °C ტემპერატურამდე და ამ ტემპერატურით მიეწოდება შემრევს. სამმაგი ნარევის ქიმიური შედგენილობის თვითნებური ცვალებადობა განსაკუთრებით თვალში საცემი ხდებოდა ზამთრის სეზონზე, ყინვების პერიოდში, როდესაც ბუნებრივი აირის ტემპერატურა რედუცირებამდე -8÷-10 °C -საც კი აღწევდა. ასეთ პირობებში სამმაგ ნარევი მეთანის შემცველობა ნორმის ზედა ზღვარსაც აჭარბებდა. ცხადია ეს გამოწვეული იყო აირების მოცულობების მისსავე ტემპერატურებზე დამოკიდებულებით. ავტომატურ რეჟიმში სისტემის მართვის პირობებში ხარჯის მარეგულირებელი სარქველი ინარჩუნებდა ხარჯს დავალების ფარგლებში, მაგრამ არ ითვალისწინებდა ტემპერატურას, ამიტომ სინამდვილეში იგი ატარებდა გაცილებით მეტ აირს, ვიდრე ეს იყო რეგლამენტირებული.

მატერიალურ ნაკადებზე გარემოს ტემპერატურული ცვალებადობის გავლენას აქვს თავისი მიზეზები. ცხადია ციანმჟავას წარმოების პროექტი ასეთ ზეგავლენას გაითვალისწინებდა. საქმე იმაშია, რომ ბუნებრივი აირი პროექტის მიხედვით უნდა გადიოდეს გოგირდნაერთებისაგან გაწმენდის სტადიას, საიდანაც სინთეზის კვანძს უნდა მიეწოდებოდეს 50 °C ტემპერატურით (ისევე როგორც ამიაკის). აღნიშნული სტადიის გაუქმების შემდგომ ბუნებრივი აირის ტემპერატურა დღემდე სრულად იყო დამოკიდებული გარემოს ტემპერატურაზე. რაც შეეხება ჰაერს, მისი ტემპერატურა ასევე გარემოს ტემპერატურაზეა დამოკიდებული იმ განსხვავებით, რომ აირმბერის შემდეგ იგი განიცდის კომპრიმირებას და ტემპერატურა შესაბამისად იზრდება, მაგრამ წლის ცივ პერიოდში კომპრიმირების ხარჯზე მიღებული ტემპერატურის მატება აღარაა საკმარისი მის 50 °C ტემპერატურამდე შესათბობად. ციანმჟავას წარმოების პროექტის მიხედვით წლის ცივ პერიოდში ჰაერი უნდა თბებოდეს ფირფიტებიან კალორიფელში და ისე უნდა მიეწოდებოდეს აირმბერებს. დასახელებული პოზიცია სისტემაზე დღეისათვის აღარ ფუნქციონირებს, რის გამოც ჰაერის ტემპერატურა უკვე გარემოს ტემპერატურაზეა დამოკიდებული. შექმნილი მგომარეობიდან გამოსავლად მივიჩნიეთ ჰაერისა და ბუნებრივი აირის ხაზზე ავტომატური რეგულირების თბომცვლელების დაყენება, რომელიც ორთქლის მეშვეობით ავტომატურად ინარჩუნებს მათ ტემპერატურას დავალების მიხედვით. ავტომატური მართვის თბომცვლელების დაყენებით სისტემის მუშაობდა გახდა სტაბილური და მატერიალურ ნაკადებზე გარემოს ტემპერატურული ცვალებადობა მოიხსნა.

ციანმჟავას წარმოების ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი პრობლემა იყო აბსორბცია-რექტიფიკაციის სტადიაზე ციანმჟავას პოლიმერიზაციის პრობლემა. წარმოების გაშვებიდან ყოველ 2 ÷ 3 კვირაში ამ მიზეზის გამო საჭირო ხდებოდა წარმოების გაჩერება და სისტემის საგულდაგულო რეცხვა პოლიმერებისაგან. ციანმჟავას პოლიმერიზაცია ავტოკატალიზური პროცესია და თან ახლავს დიდი რაოდენობით სითბოს გამოყოფა, რის გამოც პროცესი საგრძნობლად ჩქარდება. ციანმჟავას პოლიმერიზაციამ შეიძლება აფეთქებამდე მიგვიყვანოს, ასეთ ფაქტებს ადგილი ჰქონდა მონათესავე წარმოებებში. პოლიმერიზაციის პროცესი მყისიერი არაა და იწყება აბსორბცია-რექტიფიკაციის კვანძზე ცირკულირებადი ხსნარების ფერის შევლით (ღია ჩალისფერიდან შავამდე). ასეთი ნიშნების გამოჩენისთანავე ტექნოლოგიურ პერსონალს უკიდურესად დამაბულ სიტუაციაში უწევთ მუშაობა, რადგანაც პოლიმერიზაციის პროცესის შემდგომი პროგნოზირება შეუძლებელია. ციანმჟავას წარმოებაში პოლიმერიზაციის მოვლენ იწვევდა შემდეგ უარყოფით შედეგებს:

- წარმოების მოცდენა
- ნედლეულის გადახარჯვა
- თვითღირებულების ზრდა
- კატალიზატორის ბადის დეაქტივაცია
- წარმადობის შემცირება

- ძვირფასი ლითონის ზენორმატიული დანაკარგი
- შრომის პირობების გაუარესება

ამას ემატებოდა სისტემის გაშვების ხარჯებიც, რაც ასევე აუარესებდა წარმოების ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს.

ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევითი სამუშაოების შედეგად აღმოჩენილი იქნა ციანჰავას პოლიმერიზაციის კონკრეტული მიზეზი, ეს იყო სარექტიფიკაციო კოლონაში მიწოდებული ორთოფოსფორმჟავას დეფიციტი, რაც ვერ უზრუნველყოფდა სულფატის სკრუბერის მიღმა “გაპარული” ამიაკის შებოჭვას ერთ ჩანაცვლებულ ფოსფატამდე. თავის მხრის ამის მიზეზი იყო კუბურ სითხეში ორთოფოსფორმჟავას განსაზღვრისას ტიტრის 0,0098 გამოყენება. აღნიშნული ტიტრის გამოყენების შემთხვევაში, ჩათვლილია რომ ორთოფოსფორმჟავას მოლეკულაში შემავალი სამივე წყალბად-ატომს აქვს უნარი წარმოქმნას ამიაკთან მდგრადი ნაერთები, სინამდვილეში კი ორთოფოსფორმჟავას მთლიანი რაოდენობის მხოლოდ მესამედს აქვს უნარი ამიაკთან წარმოქმნას მდგრადი ერთ ჩანაცვლებული ამონიუმის ფოსფატი. აბსორბციის ეტაპზე სკრუბერისა და ფორსკრუბერში შექმნილი პირობების გათვალისწინებით ამ პოზიციებში არის შესაძლებლობა წარმოქმნას ორჩანაცვლებული ამონიუმის ფოსფატი, რომელიც სარექტიფიკაციო კოლონაში არსებული ტემპერატურის გამო დაიშლება ერთ ჩანაცვლებულ ფოსფატამდე და სარექტიფიკაციო კოლონაში გამოტყორცნის ამიაკის მოლეკულებს, რომლებიც გვევლინებიან პოლიმერიზაციის ინიციატორებად. ამდენად ორთოფოსფორმჟავა სისტემაზე გვევლინება ერთ ფუძიან მჟავად, შესაბამისად კუბური სითხის ანალიზის დროს გამოყენებული უნდა იყოს ტიტრი 0,003266, ნაცვლა 0,0098 - ისა. ჩატარებული ლაბორატორიული, თუ საწარმოო კვლევები მიუთითებდა ამ ვერსიის სისწორეში. სისტემაზე ორთოფოსფორმჟავას გაზრდამ აღმოფხვრა პოლიმერიზაციის პრობლემა. პოლიმერიზაციის აღმოჩენამ კი მიგვიყვანა შემდეგ შედეგებამდე: დასტაბილურდა საწარმო პროცესი; გაიზარდა გამომუშავებული პროდუქციის რაოდენობა; შემცირდა პროდუქციის თვითღირებულება; გაუმჯობესდა სამუშაო პირობები და ბოლოს აღსანიშნავია, რომ ჩვენი სადისერტაციო თემის მასშტაბებში მოექცა ციანმჟავას წარმოების დანაკარგების შემცირება გამონაბოლქვ აირებში HCN -ის შემცირების გზით. გამონაბოლქვ აირებში HCN -ის პროექტულ ნორმასთან შედარებით გაზრდილი რაოდენობა სისტემაზე “ნულოვანი” და “მინუსოვანი” მარილხსნარის გამოყენებაზე უარის თქმაა, მათი მაღალი კოროზიულობის გამო. შექმნილი მდგომარეობიდან ჩვენს მიერ მოიძებნა ორი გამოსავალი, აქედან ერთი - მესამე სააბსორბციო სკრუბერის დადგმა იყო, რომელიც წარმატებით განხორციელდა, ხოლო მეორე კი სკრუბერსა და ფორსკრუბერში მორწყვის სიმკვრივის გაზრდა, რომელიც ამ ეტაპზე განხორციელების პროცესშია. მესამე სააბსორბციო სკრუბერის დადგამ წარმოებას მისცა საგრძნობი ეკონომია.

3.1. ციანმჟავას პოლიმერიზაცია და მისი აღმოფხვრა წარმოებაში

ციანმჟავას წარმოების ყოველი გაშვებიდან 2 ÷ 3 კვირის გასვლის შემდეგ სარექტიფიკაციო კოლონაში ირღვეოდა ფიზიკური (ტემპერატურა, წნევა) და ანალიზური მაჩვენებლები, ასევე შავდებოდა საცირკულაციო ხსნარები. ამის შემდეგ აუცილებელი ხდებოდა საამქროს გაჩერება, სარექტიფიკაციო კოლონის დაშლა და კომუნიკაციების, თბომცვლელების, საცავებისა და ტუმბოების საგულდაგულო რეცხვა პოლიმერებისაგან. ციანმჟავას პოლიმერიზაციის ნიშნების გაჩენისთანავე მომსახურე პერსონალს უკიდურესად დამაბულ ვითარებაში უწევდათ მუშაობა, რადგანაც ცნობილია, რომ ციანმჟავას პოლიმერიზაცია ავტოკატალიზური პროცესია და აეთქვამდე შეიძლება მიგვიყვანოს.

როგორც დაკვირვებამ აჩვენა პოლიმერიზაციის პროცესი მყისიერად არ ვითარდება და ფიზიკურად იგი აისახება კუბური ხსნარის შეფერილობის ცვალებადობაზე. ჩვენს მიერ შესრულებული იქნა კუბური ხსნარის შუქგამტარებლობის ანალიზი საამქროს გაშვებიდან მის იძულებით გაჩერებამდე. შესრულებული ანალიზის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 1, ხოლო კუბური ხსნარის შუქგამტარებლობის დროსთან დამოკიდებულების დიაგრამა მოცემულია ნახაზზე 1.

როგორც წარმოდგენილი ცხრილიდან და სურათიდან ჩანს, წარმოების გაშვებიდან უკვე მე-9-10 დღეს იწყებოდა პოლიმერიზაცია.

პირველ ეტაპზე კვლევა მიმდინარეობდა აკრილონიტრილის მიზეზის ვარაუდით, რომელიც ჩვენი აზრით წარმოიქმნებოდა ციანმჟავას სინთეზის სტადიაზე პროპანის ჟანგვითი ამონოლიზით:



ცხრილი 1. კუბური ხსნარის ანალიზის შედეგები შუქგამტარებლობის მაჩვენებლებზე

| დღეების რაოდენობა | შუქგამტარებლობა, % | დღეების რაოდენობა | შუქგამტარებლობა, % | დღეების რაოდენობა | შუქგამტარებლობა, % |
|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | 95 | 9 | 91 | 17 | 40 |
| 2 | 95 | 10 | 85 | 18 | 32 |
| 3 | 94 | 11 | 80 | 19 | 25 |
| 4 | 94 | 12 | 75 | 20 | 15 |
| 5 | 94 | 13 | 70 | 21 | 8 |
| 6 | 94 | 14 | 65 | 22 | 3 |
| 7 | 93 | 15 | 55 | | |
| 8 | 93 | 16 | 48 | | |

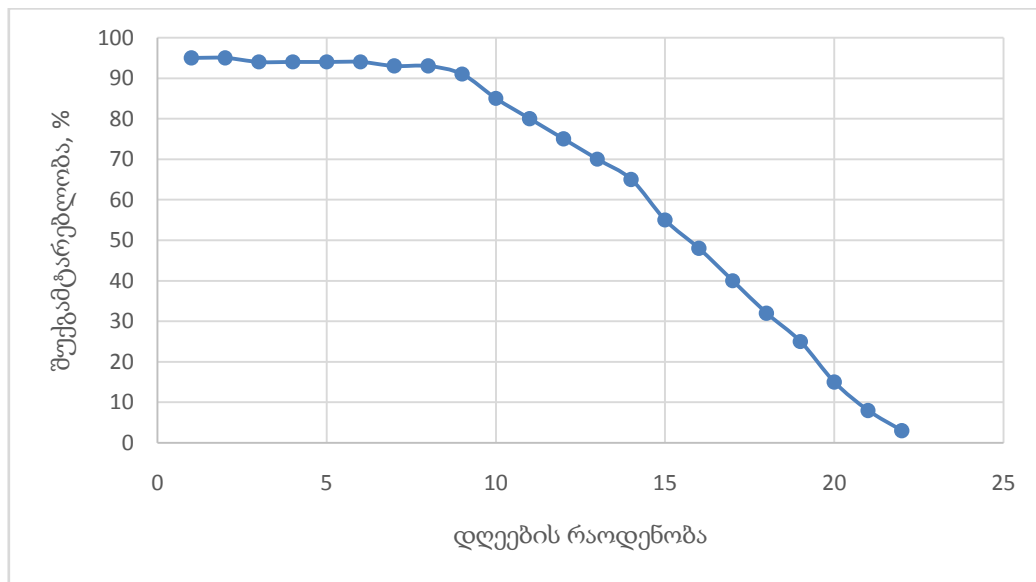
ამიტომ კუბური სითხიდან გამოვყავით 76 ÷ 82 °C ტემპერატურაზე მდულარე ფრაქცია, რომელიც არ განიცდიდა დროში პოლიმერიზაციას. აღნიშნული ფრაქციის

მიღება და დისტილატის ზოგიერთი ფიზიკური მახასიათებელი წარმოდგენილია ცხრილში 2.

როგორც კვლევამ აჩვენა აღნიშნული ნივთიერება იყო აცეტონიტრილი, რომელიც არ განიცდის პოლიმერიზაციას, ამიტომ კვლევა ამ მიმართულებით აღარ გაგრძელებულა.

ცხრილი 2. ფორსკრუბერის სითხიდან 76÷82 °C ტემპერატურაზე მდულარე ფრაქციის ანალიზის შედეგები შუქგარდატეხის მაჩვენებელზე

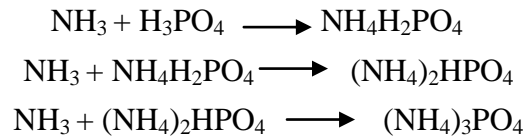
| № | ფორსკრუბერის სითხის მოცულობა, მლ | გამოხდის ტემპერატურა, °C | მიღებული დისტილატის მოცულობა, მლ | შუქგარდატეხის მაჩვენებელი |
|---|----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| 1 | 1000 | 76÷81 | 1,2 | 1,3458 |
| 2 | 1000 | 77÷82 | 1,4 | 1,3463 |
| 3 | 1500 | 76÷82 | 1,8 | 1,3464 |
| 4 | 1500 | 78÷82 | 2,0 | 1,3458 |
| 5 | 1500 | 76÷80 | 1,8 | 1,3461 |
| 6 | 1500 | 77÷80 | 2,1 | 1,3459 |



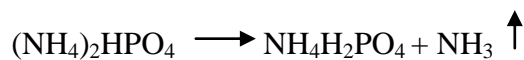
ნახ. 1 . კუბური ხსნარის შუქგამტარებლობის დამოკიდებულება დროსთან

ციანმჟავას პოლიმერიზაციის მექანიზმის შესახებ ლიტერატურული მონაცემების ანალიზმა დაგვანახა, რომ ციანმჟავას პოლიმერიზაციის ინიციატორები არიან ფუძე ხასიათის ნივთიერებები: ტუტე და ტუტემიწათა ლითონების ჰიდროქსიდები, კარბონატები, ჰიდროკარბონატები, ციანიდები, ასევე ამიაკი და ორგანული ფუძეები. ჩამოთვლილი ნივთიერებებიდან ციანმჟავას წარმოების აბსორბციისა და რექტიფიკაციის სტადიებზე მოხვედრა გარდა ამიაკის გამორიცხულია. რაც შეეხება

ამიაკს, - კონტაქტური აირების გოგირდმჟავური გაწმენდის შემდეგ კონტაქტურ აირებში ამიაკის ნარჩენი შემცველობა არაუმეტეს 0,03 % -ია. ამის შემდეგ დავინტერესდით სარექტიფიკაციო კოლონაში მიწოდებული ორთოფოსფორმჟავას რაოდენობა იყო თუ არა საკმარისი იმ რაოდენობის ამიაკის შესაბოჭად, რომელიც გაიტყორცნებოდა სულფატის სკრუბერის მიღმა. ამის გასარკვევად შევადგინეთ ზუსტი მატერიალური ბალანსი, რომელმაც აჩვენა სულფატის სკრუბერის მიღმა „განასხლტომი“ ამიაკის შესაბოჭად 9,6 კგ/სთ 100 % -იანი ორთოფოსფორმჟავაა საჭირო, ხოლო ფაქტობრივი მაჩვენებელი 7÷8 კგ/სთ -ს შეადგენდა. აღნიშნულის მიზეზი იყო ის, რომ კუბურ სითხეში ორთოფოსფორმჟავას განსაზღვრისას გამოყენებული იყო ტიტრი 0,0098, რაც ნიშნავს იმას, რომ ორთოფოსფორმჟავას მოლეკულაში შემავალი სამივე წყალბად-ატომი იღებს მონაწილეობას რეაქციაში. სინამდვილეში კი ორთოფოსფორმჟავას მთლიანი რაოდენობის მხოლოდ მესამედს აქვს უნარი წარმოქმნას ამიაკთან მდგრადი, ერთხანაცვლებული ფოსფატი, რომელიც სარექტიფიკაციო კოლონაში არ დაიშლება ამიაკამდე. სინამდვილეში კი ორთოფოსფორმჟავა, როგორც სამფუძიანი მჟავა ამიაკთან რეაქციაში შედის საფეხურებრივად:



ჩამოთვლილი რეაქციებიდან პირველი რეაქციის შედეგად მიღებული პროდუქტი - $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ მდგრადი ნივთიერებაა და მისი დაშლის ტემპერატურა 190 °C -ის ზევითაა. ორთოფოსფორმჟავას ნეიტრალიზაციის მეორე საფეხურზე მიიღება ორხანაცვლებული ფოსფატი - $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, რომელიც 70÷80 °C ტემპერატურაზე იშლება ერთხანაცვლებული ფოსფატისა და ამიაკის წარმოქმნით:



სარექტიფიკაციო კოლონაში დამყარებული ტემპერატურული რეჟიმის შედეგად ეს უკანასკნელი რეაქცია გარდაუვალი იყო, ხოლო რეაქციის პროდუქტი, - ამიაკი წარმოადგენდა სწორედ პოლიმერიზაციის ინიციატორს. აქედან გამომდინარე ორთოფოსფორმჟავა გვევლინება არა სამფუძიან, არამედ ერთფუძიან მჟავად, ამიტომ კუბურ ხსნარში მისი განსაზღვრისას გამოყენებული უნდა იყოს ტიტრი არა 0,0098, არამედ მისი მესამედი - 0,003266. ზემოთქმული აღმოჩენის შედეგად ჩვენს მიერ შეცვლილი იქნა კუბურ სითხეში ორთოფოსფორმჟავას განსაზღვრის საანგარიშო ფორმულა:

ჩვენს მიერ რეკომენდირებული ფორმულა:

$$\% \text{H}_3\text{PO}_4 = \frac{a * k * 0,003266 * 100}{5 * d}$$

წარმოების მიერ გამოყენებული ფორმულა:

$$\% \text{H}_3\text{PO}_4 = \frac{a * k * 0,0098 * 100}{5 * d}$$

ამის შემდეგ საჭირო იყო შედეგების მიღება საწარმოო მასშტაბში, რისთვისაც შედგა პროგრამა და ჩატარდა საწარმოო ექსპერიმენტი ჩვენს მიერ შემუშავებული საანგარიშო ფორმულის გამოყენებით, გაზრდილი ორთოფოსფორმჟავას მიწოდების პირობებში. ჩატარებულმა საწარმოო ექსპერიმენტმა დაადასტურა ჩვენი მოსაზრების ჭეშმარიტება. წარმოებაში პოლიმერიზაციის აღმოფხვრამ მიგვიყვანა შემდეგ პოზიტიურ შედეგებამდე:

- გაიზარდა გამომუშავებული პროდუქციის რაოდენობა;
- წარმოება მუშაობდა სტაბილურად კატალიზატორის ბადის სრული საგარანტიო გარბენის განმავლობაში;
- შემცირდა პროდუქციის თვითღირებულება და გაუმჯობესდა შრომის პირობები;

3.2. ციანმჟავას წარმოების სინთეზის სტადიის ანალიზური კონტროლის ოპტიმიზაცია

ციანმჟავას წარმოებაში პროდუქტის მაღალი გამოსავლიანობით მიღებისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს სამმაგი ნარევის ქიმიურ შედგენილობას და კომპონენტთა ურთიერთთანაფარდობას. თავის მხრივ სამმაგი ნარევის ქიმიურ შედგენილობაზე მოქმედებენ ფაქტორები, რომლებიც დროის სხვადასხვა შუალედში პროგნოზირების გარეშე დიდ დიაპაზონში ცვალებადობენ და გავლენას ახდენენ სამმაგი ნარევის ქიმიურ შედგენილობაზე და კომპონენტთა ურთიერთთანაფარდობაზე. პირველი ინდიკატორი, რაც ავლენს სამმაგი ნარევის რაიმე ცვლილებებს, ეს არის კონტაქტურ აირებში HCN –ის შემცველობის მკვეთრი კლება და NH₃ -ის კონცენტრაციის ზრდა. ამავ დროს აღსანიშნავია, რომ ანალიზური კონტროლის გრაფიკის მიხედვით კონტაქტური აირების და სამმაგი ნარევის შემადგენლობის ანალიზი ყოველ ექვს საათში ერთხელ სრულდებოდა. ანალიზი მოითხოვდა დიდ დროს და საშემსრულებლო ტექნიკის ფლობას. დიდი იყო ანალიზის ცდომილებაც. ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი რაც ცვლის სამმაგი ნარევის ქიმიურ შედგენილობას, ეს არის ბუნებრივი აირის ქიმიური შედგენილობის ცვალებადობა. თავის მხრივ ბუნებრივი აირის შემადგენელი კომპონენტებიც საკმაოდ დიდ დიაპაზონში ცვალებადობს.

ყოველივე ზემოთ თქმულიდან ჩანს, რომ საჭირო იყო ციანმჟავას სინთეზის სტადიის ეფექტური ანალიზური კონტროლით უზრუნველყოფა. ამისათვის შესყიდული იქნა უკრაინული ფირმა „NEOCHROM“ -ის მუდმივმოქმედი ჩამწერი ინფრაწითელი სპექტრომეტრი და ორი ქრომატოგრაფი. ერთი სამმაგი ნარევის და მეორე ბუნებრივი აირის ქიმიური შედგენილობის ანალიზისათვის. ინფრაწითელი

სპექტრომეტრის მეშვეობით ყოველ 10 წმ -ში ერთხელ ავტომატურ რეჟიმში ხორციელდება სინჯის აღება საანალიზო კიუვეტაში, სპექტრის გადაღება, აირში HCN – ის და NH₃ -ის კონცენტრაციების გამოთვლა და ანალიზის შედეგების მონიტორზე გამოტანა.

ციანმჟავას სინთეზის კვანძის ანალიზური კონტროლის აპარატების დანერგვაში უშუალოდ ჩვენი თანამონაწილეობა მდგომარეობს მათ დაკალიბრებაში. აპარატებიდან ბუნებრივი აირის ქრომატოგრაფს გააჩნდა საკალიბრო აირნარევი, რომლის ქიმიური შედგენილობა წარმოდგენილია ცხრილში 3, რაც შეეხება სამმაგი ნარევის საანალიზო ქრომატოგრაფს და შთანთქმის ინფრაწითელ სპექტრომეტრს, მათი დაკალიბრება განხორციელდა ჩვენს მიერ.

ცხრილი 3. ბუნებრივი აირის საკალიბრო აირნარევის ქიმიური შედგენილობა საპასპორტო მონაცემების მიხედვით

| № | დასახელება | სტანდარტული ბუნებრივი აირის საპასპორტო მონაცემები, % |
|----|------------------------------------|--|
| 1 | O ₂ | 0,015 |
| 2 | N ₂ | 1,418 |
| 3 | CO ₂ | 0,296 |
| 4 | C ₂ H ₆ | 2,055 |
| 5 | C ₃ H ₈ | 0,475 |
| 6 | n-C ₄ H ₁₀ | 0,100 |
| 7 | i- C ₄ H ₁₀ | 0,048 |
| 8 | n-C ₅ H ₁₂ | 0,019 |
| 9 | i- C ₅ H ₁₂ | 0,019 |
| 10 | neo-C ₅ H ₁₂ | 0,001 |
| 11 | C ₆ H ₁₄ | 0,014 |
| 12 | CH ₄ | 95,54 |

ინფრაწითელი სპექტრომეტრის დაკალიბრებისათვის საჭირო გახდა ლაბორატორიულ პირობებში მიგველო თხევადი ციანმჟავა. აპარატურის დაკალიბრება შესრულდა წარმატებით. სამმაგი ნარევის ქიმიური და ქრომატოგრაფიული ანალიზების ურთიერთშედარება მოცემულია ცხრილში 4, ხოლო ცხრილში 5 წარმოდგენილია კონტაქტური აირების ქიმიური ანალიზით და ინფრაწითელი სპექტრომეტრის მიერ მიღებული შედეგების ურთიერთშედარება. სამმაგი ნარევის და ბუნებრივი აირის ქრომატოგრამები წარმოდგენილია ნახაზებზე 2 ა,ბ და 3 ა,ბ. ინფრაწითელი სპექტრომეტრით შესრულებული ციანმჟავასა და ამიაკის სპექტრები მოცემულია ნახაზზე 4, ხოლო კონტაქტური აირების შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრი წარმოდგენილია ნახაზზე 5.

ციანმჟავას სინთეზის კვანძის ანალიზური კონტროლის ოპტიმიზაციით გაიზარდა ანალიზის სიზუსტე, შეამცირა ანალიზისათვის საჭირო დრო, გააუმჯობესა შრომის პირობები და რაც მთავარია მოგვცა შესაძლებლობა დროულად აღმოვაჩინოთ ამა თუ იმ მიზეზით გამოწვეული თვითნებური ცვალებადობის შედეგი, ჩავერიოთ ტექნოლოგიური რეჟიმის მსვლელობაში და სასურველი მიმართულებით შევცვალოთ იგი. ანალიზის აპარატების დანერგვამ თავიდან აგვაცილა კატალიზატორის ბადის „ნახშირბადოვანი“ კოროზია და ძვირფასი ლითონის ზენორმატიული დანაკარგები.

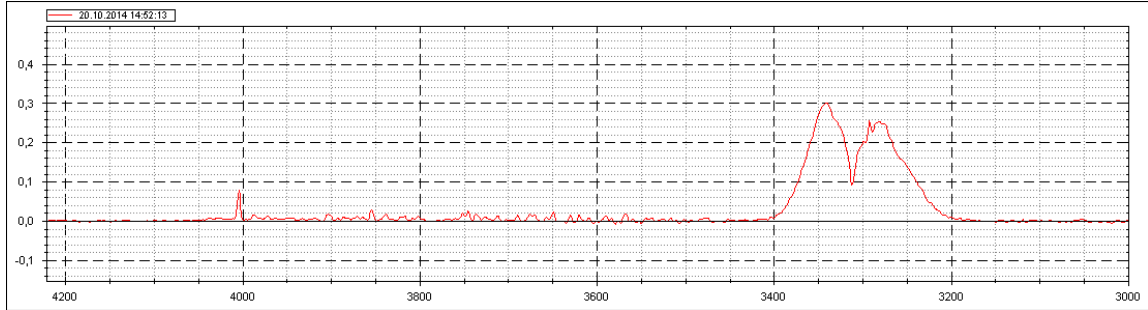
ცხრილი 4. სამმაგი ნარევის ქიმიური და ქრომატოგრაფიული ანალიზების ურთიერთშედარება

| № | ქიმიური ანალიზი, % (მოც) | | | ქრომატოგრაფიული ანალიზი, % (მოც) | | | შენიშვნა |
|----|--------------------------|-----------------|----------------|----------------------------------|-----------------|----------------|----------|
| | NH ₃ | CH ₄ | O ₂ | NH ₃ | CH ₄ | O ₂ | |
| 1 | 10,48 | 11,20 | 15,97 | 10,41 | 10,90 | 16,00 | |
| 2 | 10,40 | 11,33 | 15,98 | 10,34 | 11,54 | 15,96 | |
| 3 | 10,63 | 11,27 | 16,00 | 10,71 | 11,17 | 16,13 | |
| 4 | 10,31 | 11,44 | 15,96 | 10,25 | 11,27 | 16,04 | |
| 5 | 10,42 | 11,24 | 15,98 | 10,51 | 11,47 | 15,99 | |
| 6 | 10,61 | 11,17 | 16,04 | 10,76 | 11,21 | 16,17 | |
| 7 | 10,35 | 11,28 | 16,11 | 10,25 | 11,42 | 16,08 | |
| 8 | 10,54 | 11,22 | 16,09 | 10,72 | 11,14 | 16,02 | |
| 9 | 10,72 | 11,32 | 16,02 | 10,61 | 11,44 | 16,17 | |
| 10 | 10,47 | 11,48 | 15,97 | 10,65 | 11,61 | 15,96 | |

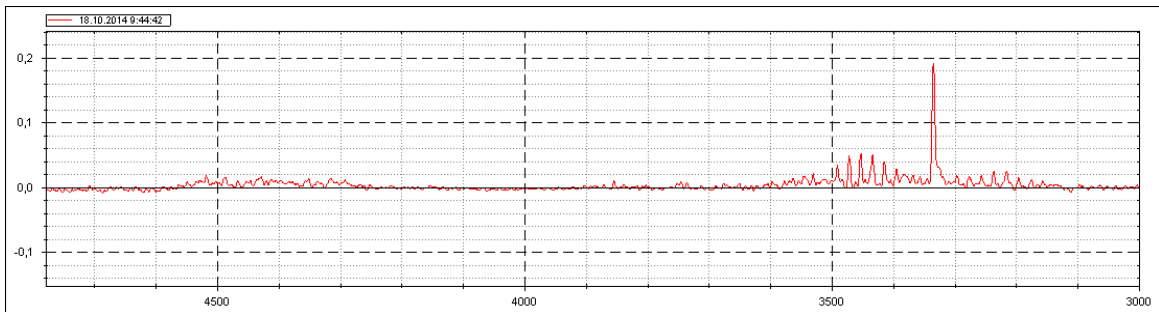
ცხრილი 5. ქიმიური და ინფრაწითელი სპექტრომეტრის ანალიზების შედეგების ურთიერთშედარება

| № | ქიმიური ანალიზი, % (მოც) | | სპექტრომეტრის ანალიზი, % (მოც) | |
|---|--------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|
| | HCN | NH ₃ | HCN | NH ₃ |
| 1 | 6,72 | 2,31 | 6,79 | 2,27 |
| 2 | 6,81 | 2,10 | 6,69 | 2,19 |
| 3 | 6,63 | 2,10 | 6,75 | 2,12 |
| 4 | 6,70 | 2,31 | 6,78 | 2,24 |
| 5 | 6,72 | 2,10 | 6,68 | 2,15 |
| 6 | 6,83 | 2,31 | 6,79 | 2,25 |
| 7 | 6,85 | 2,10 | 6,81 | 2,13 |

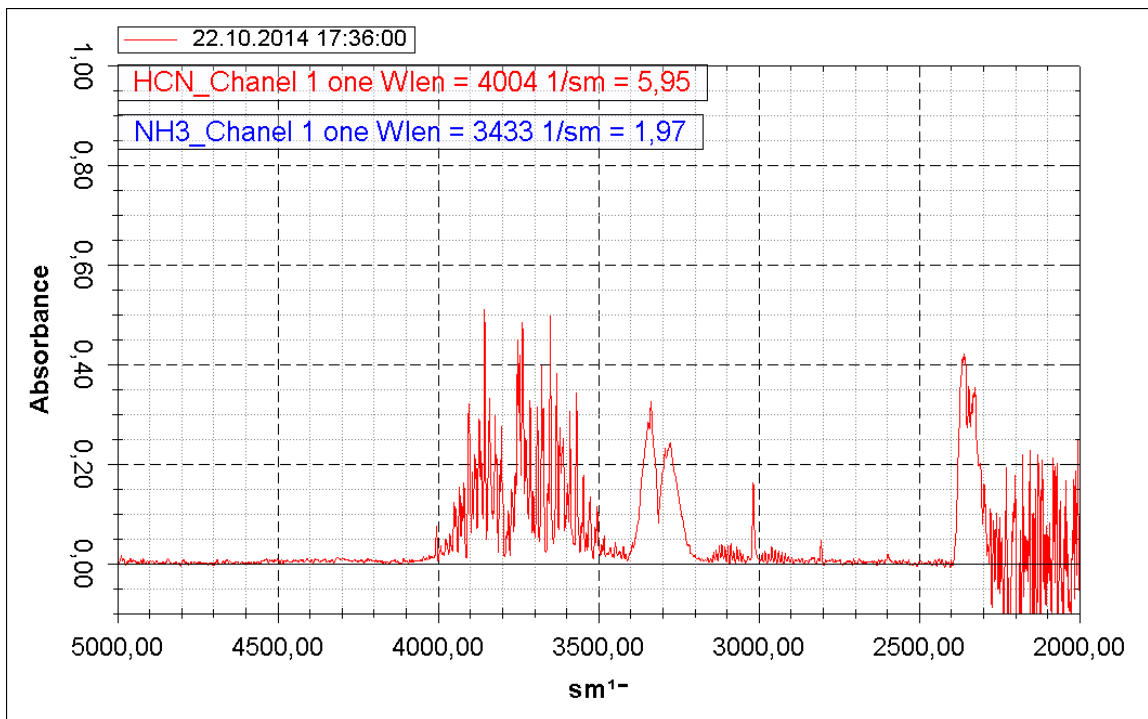
HCN -ის სპექტრი



NH₃ -ის სპექტრი



ნახ. 4 . HCN -ის და NH₃ -ის შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრი



ნახ.5 . კონტაქტური აირების შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრი

3.3. კონტაქტირებაზე მიმავალი მატერიალური ნაკადების ხარჯების დამოკიდებულება გარემოს სეზონური და დღე-ღამური ტემპერატურის ცვალებადობაზე.

ციანმჟავას სინთეზის კვანძის ანალიზური კონტროლის გაძლიერებით მივაკვლიეთ კიდევ ერთ მიზეზს, რაც ასევე განაპირობებდა წარმოების არასტაბილურ მუშაობას. ეს მიზეზი იყო გარემოს დღე-ღამური და სეზონური ტემპერატურული ცვალებადობის გავლენა მატერიალურ ნაკადებზე. იმ პირობებშიც კი როდესაც ბუნებრივი აირის ქიმიური შედგენილობა მეტ-ნაკლებად სტაბილური იყო, სამმაგი ნარევის შედგენილობა მაინც გარკვეულ ზღვრებში ცვალებადობდა. ეს განსაკუთრებით შესამჩნევი ხდებოდა იმ დროს, როდესაც დღისა და ღამის ტემპერატურები ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდებოდა. სამმაგი ნარევის ქიმიური შედგენილობის თვითნებური ცვალებადობა განსაკუთრებით თვალშისაცემი ხდებოდა ზამთრის პერიოდში, როდესაც ბუნებრივი აირის ტემპერატურა $-8 \div -10$ °C -მდე ეცემოდა. ასეთ პირობებში სამმაგ ნარევი მეთანის შემცველობა ნორმის ზედა ზღვარსაც კი სცდებოდა.

ზემოთქმული არასტაბილურობის მიზეზის გამოსაკვლევად წლის სხვადასხვა პერიოდში ჩატარდა დაკვირვება წარმოების ნორმალური ტექნოლოგიური რეჟიმების მიმდინარეობაზე. როგორც დაკვირვებამ აჩვენა, სამმაგი ნარევის შემადგენელი კომპონენტების ხარჯები თვითნებურად ცვალებადობდა გარემოს ტემპერატურული ცვალებადობის უკუპროპორციულად. კერძოდ, გადათვლებით დადგენილი იქნა, რომ ბუნებრივი აირისა და ამიაკის ყოველი 1 °C -ით ცვალებადობა იწვევდა ხარჯების 2,5 მ³/სთ -ით ცვალებადობას, ხოლო ჰაერის შემთხვევაში ეს ცვალებადობა ~ 17 მ³/სთ -ს უტოლდებოდა. ცხადია ასეთ პირობებში ადგილი ჰქონდა სამმაგი ნარევის შედგენილობის თვითნებურ ცვალებადობას და ზოგადად წარმოების არასტაბილურ მუშაობას. შექმნილი მდგომარეობიდან გამოსასვლელად მივიჩნიეთ ავტომატური მართვის თბომცვლელების დაყენება მატერიალურ ნაკადებზე, რომლებიც ორთქლის მეშვეობით ავტომატურად ინარჩუნებს მატერიალური ნაკადების ტემპერატურებს დავალების ფარგლებში. თბომცვლელების დაყენების შემდეგ სისტემის მუშაობა გახდა სტაბილური და მატერიალურ ნაკადებზე გარემოს ტემპერატურული ცვალებადობის გავლენა მოიხსნა.

3.4. ციანმჟავას წარმოების გამონაბოლქვ აირებში HCN -ის დანაკარგების შემცირება

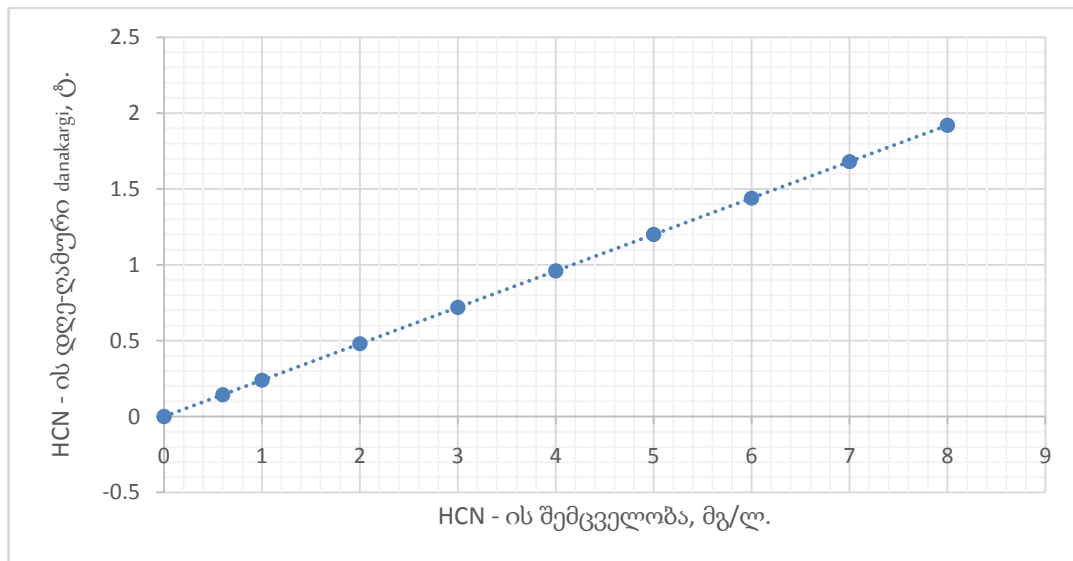
ციანმჟავას წარმოების გამონაბოლქვ აირებში HCN -ის კონცენტრაციის პროექტულ ნორმასთან შედარებით გაზრდა დაკავშირებულია სისტემაზე „ნულოვანი“ და მინუსოვანი“ მარილხსნარის გამოყენებაზე უარის თქმაზე, მათი მაღალი კოროზიულობის გამო. ამის გამო აბსორბციულ აირებში ციანმჟავას შემცველობა $7 \div 8$ მგ/ლ -მდე იყო გაზრდილი. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ორივე სისტემის მუშაობის

პირობებში გამონაბოლქვი აირების რაოდენობა 10000 მ³/სთ -ია, მაშინ გამონაბოლქვ აირებში HCN -ის თითოეული მილიგრამით გაზრდა სოლიდურ დანაკარგებთანაა დაკავშირებული. ცხრილში 6 წარმოდგენილია გამონა-ბოლქვ აირებში HCN -ის ზრდადი კონცენტრაციის დამოკიდებულება დანაკარგების რაოდენობაზე, ხოლო აღნიშნული დამოკიდებულება დიაგრამის სახით წარმოდგენილია ნახაზზე 6.

შექმნილი მდგომარეობიდან გამომდინარე ჩვენს მიერ მოიძებნა ორი გამოსავალი, აქედან ერთი იყო მესამე სააბსორბციო სკრუბერის დადგმა კონტაქტური აირების ხაზზე, ხოლო მეორე კი მორწყვის სიმკვრივის გაზრდა ფორსკრუბერსა და სკრუბერში. აქედან პირველი წარმატებით განხორციელდა, რის შედეგადაც აბსორბციულ აირებში HCN -ის კონცენტრაცია 1÷2 მგ/ლ -მდე შემცირდა. ამან წარმოებას მისცა საგრძნობი ეკონომია.

ცხრილი 6. გამონაბოლქვ აირებში HCN-ის ზრდადი შემცველობის დამოკიდებულება დანაკარგების რაოდენობის მიხედვით

| # | HCN –ის შემცველობა mg/l | HCN –ის დანაკარგები, kg | | | დანაკარგები NaCN –ზე გადაქცევა, kg | | |
|---|-------------------------|-------------------------|----------|---------|------------------------------------|----------|---------|
| | | 1 სT-Si | 24 სT-Si | 1 TveSi | 1 სT-Si | 24 სT-Si | 1 TveSi |
| 1 | 0,6 | 6 | 144 | 4320 | 10,60 | 254,4 | 7632 |
| 2 | 1,0 | 10 | 240 | 7200 | 17,65 | 423,7 | 12710 |
| 3 | 2,0 | 20 | 480 | 14400 | 35,30 | 847,3 | 25419 |
| 4 | 3,0 | 30 | 720 | 21600 | 52,96 | 1271,0 | 38129 |
| 5 | 4,0 | 40 | 960 | 28800 | 70,61 | 1694,6 | 50838 |
| 6 | 5,0 | 50 | 1200 | 36000 | 88,26 | 2118,3 | 63548 |
| 7 | 6,0 | 60 | 1440 | 43200 | 105,91 | 2541,9 | 76258 |
| 8 | 7,0 | 70 | 1680 | 50400 | 123,57 | 2965,6 | 88967 |
| 9 | 8,0 | 80 | 1920 | 57600 | 141,22 | 3389,2 | 101677 |



ნახ. 6. გამონაბოლქვ აირებში HCN -ის შემცველობის დამოკიდებულება დანაკარგების რაოდენობის მიხედვით

სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილი საკითხების კვლევისა და ანალიზის შედეგები იძლევა საშუალებას ჩამოვაყალიბოთ შემდეგი ძირითადი დასკვნები:

1. შესწავლილი იქნა ციანმჟავას წარმოებაში პოლიმერიზაციის გამომწვევი მიზეზები, დადგენილი იქნა, რომ აღნიშნული პრობლემა გამოწვეული იყო ამონიუმის სულფატის სკრუბერის მიღმა “განასხლტომი” ამიაკით;
2. ციანმჟავას წარმოებაში სისტემაზე ამონიუმის სულფატის მიღმა “გაპარული” ამიაკის შესაბოჭად ტექნოლოგიურ პროცესში გათვალისწინებულია ორთოფოსფორმჟავას დამატება, კვლევის შედეგად დადგენილი იქნა, რომ სარექტიფიკაციო კოლონაში ორთოფოსფორმჟავა არასაკმარისი რაოდენობით იყო მიწოდებული;
3. შესწავლილი იქნა ორთოფოსფორმჟავას დეფიციტის მიზეზი, დადგენილი იქნა, რომ აღნიშნული პრობლემა განპირობებული იქნა კუბურ სითხეში მისი განსაზღვრის მეთოდით, საანგარიშო ფორმულაში გამოყენებული იყო ტიტრი 0,0098, რაც ორთოფოსფორმჟავას მთლიან რაოდენობას შეესაბამება, სინამდვილეში კი ორთოფოსფორმჟავას მთლიანი რაოდენობის მხოლოდ მესამედს აქვს უნარი წარმოქმნას ამიაკთან მდგრადი, ერთხანაცვლებული ფოსფატი, რომელიც სარექტიფიკაციო კოლონაში არ დაიშლება;
4. კუბურ სითხეში ორთოფოსფორმჟავას განსაზღვრის მეთოდის საანგარიშო ფორმულაში ტიტრის 0,0098 -ის ნაცვლად შეტანილი იქნა 0,003266 და ჩატარდა საწარმო ექსპერიმენტი, რომელმაც დაადასტურა ჩვენი ვარაუდის მართებულობა;
5. ჩვენს მიერ გაკეთებული მიკვლევის შემდეგ სისტემაზე აღმოიფხვრა პოლიმერიზაცია და მოგვცა შემდეგი შედეგები:
 - დასტაბილურდა საწარმო პროცესი;
 - გაიზარდა გამომუშავებული პროდუქციის რაოდენობა;
 - შემცირდა პროდუქციის თვითღირებულება;
 - გაუმჯობესდა სამუშაო პირობები;
6. შესწავლილი იქნა ბუნებრივი აირის ქიმიური შედგენილობის ცვალებადობის გავლენა სამმაგი ნარევის ქიმიური შედგენილობაზე და კომპონენტთა ურთიერთთანაფარდობაზე, დადგენილი იქნა რომ აღნიშნულ პრობლემას მივყავართ ციანმჟავას გამოსავლიანობის კლებამდე;
7. ციანმჟავას სინთეზის კვანძის ეფექტური ანალიზური კონტროლის უზრუნველსაყოფად დანერგილი იქნა კონტაქტური აირების საანალიზო მულტიპლექსი ჩამწერი ინფრაწითელი სპექტრომეტრი, სამმაგი ნარევის და ბუნებრივი აირის ქიმიური შედგენილობის საანალიზო ქრომატოგრაფები;
8. საანალიზო ხელსაწყოების დანერგვაში ჩვენი მონაწილეობა აისახა ინფრაწითელი სპექტრომეტრის და სამმაგი ნარევის ქრომატოგრაფის დაკალიბრებაში, რომლისთვისაც

საწირო გახდა სხვადასხვა მანიპულაციები, მათ შორის თხევადი ციანმჟავას მიღება ლაბორატორიულ პირობებში;

9. ციანმჟავას სინთეზის კვანძის ანალიზური კონტროლის უზრუნველყოფის შემდეგ მიკვლევული და შესწავლილი იქნა წარმოების სტაბილური მუშაობის ხელისშემშლელი კიდევ ერთი ფაქტორი, - გარემოს სეზონური და დღე-ღამური ტემპერატურული ცვალებადობის გავლენა სამმაგი ნარევის შედგენილობაზე. მატერიალურ ნაკადებზე დამონტაჟებული იქნა ავტომატური მართვის თბომცვლელები, რომლებიც ორთქლის მეშვეობით ინარჩუნებს ტემპერატურებს დავალების ფარგლებში. თბომცვლელების დაყენების შემდეგ გარემოს დღე-ღამური და სეზონური ტემპერატურული ცვალებადობის გავლენა მოიხსნა;
10. აბსორბციული აირების ხაზზე დამონტაჟებული იქნა დამატებითი სკრუბერი, რომელშიც ფორმირებული ციანმჟავას წყალხსნარი ხვდება რექტიფიკაციის კვანძში. ღონისძიების შედეგად საგრძნობლად შემცირდა დანაკარგები აბსორბციულ აირებში და წარმოებამ მიიღო მნიშვნელოვანი ეკონომია;

დისერტაციის შედეგები გამოქვეყნებულია შემდეგ შრომებში:

1. ლ.გვასალია; თ.მამაგულიშვილი; ვ.მაჭარაშვილი; ბიზნეს-ინჟინერინგი, № 2. 2015 წ. “ციანმჟავას საამქროს სტაბილური მუშაობის უზრუნველყოფა რექტიფიკაციის სტადიაზე ციანმჟავას პოლიმერიზაციის აღმოფხვრის გზით”. გვ. 122-124
2. ლ.გვასალია; თ.მამაგულიშვილი; ვ.მაჭარაშვილი; ბიზნეს-ინჟინერინგი, № 2. 2015 წ. “ციანმჟავას საამქროს სტაბილური მუშაობისათვის საჭირო პირობების შექმნა და პლატინის დანაკარგების შემცირება სინთეზის სტადიაზე”. გვ. 125-127
3. თ.მამაგულიშვილი; ლ.გვასალია; ვ.მაჭარაშვილი; ინტელექტუალი, № 31. 2016 წ. “ციანმჟავას წარმოების დანაკარგების შემცირება პროდუქტის გამოსავლიანობის გაზრდის მიზნით”. გვ.168-172

For over decades a polymerization of Hydrocyanic acid occurred on the rectification stage has been the interfering factor to keep its production on a stable state. Hydrocyanic acid autocatalytic mechanism of polymerization may cause a system explosion. Furthermore every 2-3 weeks due to polymerization it was necessary to stop a system for flushing. As a result such forced production shutdown led to sharp technical-and-economic slowdown, equipment and communications waiting time and created poor working conditions.

On the basis of material balance analysis and experimental research, it has been found that the reason of hydrocyanic acid polymerization was the shortage of orthophosphate acid, which could not provide residual ammonia binding from the contacting gases and its transfer into sustainable compounds. As it turned out, the reason of the shortage of orthophosphate acid was the existing titer 0,0098 in the calculation formula during the analysis of orthophosphate acid, which was changed by us with other new titer 0,003266, as the result, during the neutralization of the orthophosphate acid, it was guaranteed to get single substitute phosphate, thus the problem of polymerization was eliminated. After the correcting the calculation formula, increased the quantity of the produced product, decreased the self-value and improved labor conditions.

By study the acting technological mode of hydrocyanic acid production it was found two important preventing factors for the enterprise stable working: due to variable chemical content of natural gas, destruction of ratio of triple mixture components on contacting – which also causes overrate losses for expensive platinum and secondly – daily environmental and seasonal temperature variety influence material flows (air, natural gas) on contact.

It was introduced a new method by use of two chromatographs for gas mixture analysis in Hydrocyanic acid production. One out of defines natural gas chemical content and the second one systematically controls the triple mixture content on contacting. Introduction of this innovation gave us opportunity to make operative correction of the technological mode, which significantly reduced expensive platinum losses.

infrared spectrometer is designed to control an amount of Hydrocyanic acid and ammonia concentration in contacting gases. Up to date devices make possible to regulate a real time processing mode and decrease platinum catalyst losses. Researches for natural gas purifying from methane homologs are in progress, and impact of different factors on processing mode will be removed by integration of the automatic regulation of material flows to heat exchangers.

In hydrocyanic acid production the quantity of gas emissions compose 10000 m³/h and HCN content in it must be no more than 0,6 mg/l. “Zero” or “subzero” salt solutions were cold carriers as per the design, using of which were stopped for the excessive corrosiveness of the solution. Stopping the salt solutions use on a water absorption stage developed cold shortage which in its turn increased hydrocyanic acid content in gas emissions up to 5÷8 mg/l. To reduce hydrocyanic acid content in gas emissions an additional scrubber with free circulation unit and overflow hole to the cubic part of scrubber was installed. Upon the start-up of the additional scrubber, the content of hydrocyanic acid in gas emissions reduced as low as 1÷2 mg/l, increased the amount of production output and it became possible to adjust absorption unit, i.e. starting from the discharging line of scrubber and forscrubber circulation pumps a certain quantity of solution was directed to watering of contact gases, instead of delivering to pump suction side.