

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

სადოქტორო პროგრამა „ქიმია“

დოქტორანტურის მე-2 სემესტრის სტუდენტი

ლია კარადურმუშ

დოქტორანტის სემინარი 1

თემაზე:

„კატალიზური კონვერტორები დიზელსა და ბენზინზე მომუშავე
მანქანებისთვის“

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ასოც.პროფ.დრ. გიორგი ჯიბუტი
დრ. დიტერ კლემპი

თბილისი
ივლისი, 2019

ანოტაცია

ავტომობილების რიცხი და მათი როლი ადამიანის ყოფაცხოვრებაში დღითიდღე მატულობს. იგი ძალიან სასარგებლო პროდუქტია ადამიანისთვის, რადგან უზრუნველყოფს სწრაფ და კომფორტულ გადაადგილებას ერთი წერტილიდან მეორეში, მაგრამ ყველაფერს აქვს თავისი მეორე მხარე, უარყოფითი მხარე. ავტომობილი გადასაადგილებლად იყენებს საწვავს, შედეგად კი გარემოში გამოყოფს მავნე და ტოქსიკურ აირებს. გამონაბოლქვ აირში არსებული კომპონენტები მავნეა არა მარტო ცოცხალი ორგანიზმის ჯანმრთელობისთვის, არამედ მთლიანად ბუნებისთვის, გარემომცველი გარემოსთვის. შესაბამისად მანქანების ემისიების უკონტროლოდ დატოვება დაუშვებელია. უმრავლეს ქვეყანაში ამ პროცესს მკაცრად აკონტროლებს ქვეყნის მმართველი ორგანოები. წესდება ლიმიტები ყველა იმ კომპონენტისთვის, რომელიც არსებობს ავტომობილის გამონაბოლქვ აირში. გადაჭარბების შემთხვევაში, შესაბამის ტრანსპორტს ეკრძალება გადაადგილება.

მანქანების გამონაბოლქვში მავნე და ტოქსიკური ნივთიერებების კონცენტრაციების შემცირების მიზნით, მონტაჟდება ე.წ კატალიზური კონვერტორები, რომელთა ფუნქციაც არის არასასურველი კომპონენტების ქიმიური გარდაქმნა ნეიტრალურ ან/და ნაკლებად მავნე ნივთიერებებში. დღესდღეისობით, არსებობს ბევრი სხვადასხვა ტიპის კატალიზური კონვერტორები. იმის და მიხედვით თუ 1) რა ტიპისაა ტრანსპორტი, 2) რომელ საწვავზე მუშაობს იგი, 3) რა არის მისგან მოსალოდნელი ემისიები, 4) რომელი კომპონენტები ჭარბობს გამონაბოლქვში, 5) რამდენად დიდია მათი კონცენტრაციები და სხვა ბევრი კრიტერიუმის გათვალისწინებით არჩევენ შესაბამის, ყველაზე ოპტიმალურ კატალიზატორის ვარიანტს. მოცემული მცირე ნაშრომი ეძღვნება სხვადასხვა ტიპის კატალიზატორების აღწერას.

Anotation

Number of Cars and their role in human life is increasing day to day. It's a very useful product, because it provides quick and comfortable movement from one point to another, but everything has its other side, a negative side. The car uses fuel to move, and as a result the harmful and toxic gases are emitted to the environment. Components in exhaust gas are harmful not only for the health of the live organisms, but for the whole nature, for the surrounding environment. Consequently, emissions of car must be controlled. In most countries this process is strongly controlled by the governing bodies. They are fixing limits for all components that car exhaust gas exist. In case of overcrowding, the movement with appropriate transport is prohibited.

In order to reduce concentrations of harmful and toxic substances in car emissions, there are used so-called catalytic converters, which transfer undesirable components in neutral and less harmful substances. Nowadays there are many different types of catalysts. To choose most optimal version of catalyst there should be considered 1) what type of car is... 2) which fuel it uses for a work, 3) what are the expected emissions 4) which components are dominant in exhaust 5) how much is their concentrations and etc. This small work is dedicated to describe different types of catalysts.

სარჩევი

შესავალი.....	4
1. მანქანის გამონაბოლქვის კომპონენტები.....	5
2. კატალიზატორის შექმნის ისტორია.....	7
3. კატალიზატორის კონსტრუქცია	10
4. ბენზინზე მომუშავე მანქანებისთვის გამოყენებული სხვადასხვა ტიპის კატალიზური კონვერტორები.....	14
5. დიზელზე მომუშავე მანქანებისთვის გამოყენებული სხვადასხვა ტიპის კატალიზური კონვერტორები.....	15
5.1 “DOC” კატალიზატორი	15
5.2 სელექტიური აღდგენის კატალიზატორი (SCR)	16
6. გამოყენებული ლიტერატურა	23

შესავალი

დღევანდელი ცხოვრება წარმოუდგენელია თანამედროვე ტრანსპორტის გარეშე. მისმა შექმნამ და შემდგომმა განვითარებამ ბევრად გაამარტივა ყოფა, გადაადგილება ერთი წერტილიდან მეორეში გახდა უფრო სწრაფი და კომფორტული, რაც ძალიან მნიშვნელოვანია. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, ბევრი დადებითის გარდა ავტომობილებს თავისი უარყოფითი მხარეებიც აქვს. დღევანდელი ამოცანა ამ უარყოფითი მხარეების შემცირებაა.

ავტომობილი, იმისათვის რომ გადაადგილდეს, მოიხმარს სხვადასხვა ტიპის ენერჯის წყაროს. ასეთი წყაროები საკმაოდ ბევრია, გარდა ამისა, მათი სია დღითიდღე იზრდება. ტრადიციული, ყველასთვის ცნობილი და ჯერ კიდევ ყველაზე პოპულარული არის ორგანული წარმოშობის საწვავი, მაგალითად როგორცაა დიზელი და ბენზინი. მათ ფართომასშტაბიან გამოყენებას განაპირობებს მათი ეფექტურობა და ხელმისაწვდომობა, მაგრამ გასათვალისწინებელია ისიც, თუ რა გავლენას ახდენს გარემოს სისუფთავეზე ამ ტიპის საწვავების გამოყენება ავტომობილების ენერჯის წყაროდ.

ბენზინზე მომუშავე ძრავა მუშაობის პრინციპით განსხვავდება დიზელზე მომუშავე ძრავისგან, თუმცაღა ორივე შემთხვევაში მთავარი იდეა ერთია, უნდა მოხდეს ორგანული საწვავის დაწვა. წვისას გამომუშავებული ენერჯია საშუალებას აძლევს მანქანას, რომ გადაადგილდეს. შიდაწვის ძრავის არასასურველი მაგრამ მუდამ თანმდევი პროცესია გამონახოლქვი, რომლის ძირითადი კომპონენტებიც ტოქსიკური და გარემოს დამაბინძურებელი ნივთიერებებია. გარდა ამისა, მათი კონცენტრაცია იმდენად მაღალია, რომ უგულებელყოფა დაუშვებელია, მითუმეტეს, იმის გათვალისწინებით, რომ ავტომობილების რიცხვი დღითიდღე იზრდება. ქვემოთ ცხრილში მოცემულია ინფორმაცია დიზელსა და ბენზინზე მომუშავე შიდაწვის ძრავებისთვის დამახასიათებელი გამონახოლქვის ძირითადი კომპონენტები. (ცხრილი 1)

ცხრილი 1.

CO ₂	დიზელიც და ბენზინიც ორგანული ნივთიერებების ნარევი, შესაბამისად ნახშირბადის დიოქსიდი და წყალი მათი წვის შედეგად წარმოიქმნილი ძირითადი პროდუქტია.
H ₂ O	
CO	ნახშირბადის მონოქსიდი - არასრული წვის პროდუქტია.
VOCs	ამ აღნიშვნაში მოიაზრება აქროლადი ორგანული ნივთიერებები (Volatile Organic Compounds). მანქანის გამონახოლქვში იდენტიფიცირდება 200-ზე მეტი ორგანული ნივთიერება. მათ ყოფენ ორ ძირითად კლასად, მსუბუქი კომპონენტებია C ₂ -დან C ₁₁ -მდე, ხოლო მძიმე კომპონენტებად ითვლება ყველა დანარჩენი, რომელიც 11-ზე მეტ ნახშირბად ატომს შეიცავს.
HCHO	ფორმალდეჰიდი
NO _x	ამ აღნიშვნაში მოიაზრება აზოტის მონოქსიდისა (NO) და აზოტის დიოქსიდის(NO ₂) ჯამი.
N ₂ O	აზოტის (I) ოქსიდი, ცნობილია როგორც „მალხენი (მამხიარულებელი) აირი“

	იგი მიეკუთვნება სათბურის ეფექტის აირების სიას.
O ₂	ჟანგბადი. შეიძლება ითქვას გამონახობლქვი აირებიდან ერთადერთი უვნებელი კომპონენტია.

ზემოთ ჩამოთვლილი ყველა კომპონენტი, ჟანგბადის გარდა, მავნებელია ადამიანის ჯანმრთელობისთვის და ზოგადად გარემოსთვის. ჩამოთვლილი კომპონენტები აბინძურებენ გარემოს და დაბინძურების ხარისხი დღითიდღე მატულობს. 2014 წელს მსოფლიოს ჯანდაცვის ორგანიზაციის კიბოს კვლევის საერთაშორისო სააგენტომ (IARC) გამოაქვეყნა სტატია იმის შესახებ, რომ ჰაერის დაბინძურება (სხვადასხვა აირები და ნაწილაკები) იწვევს კიბოს. ასევე ბევრი შეიძლება ვისაუბროთ სხვა უამრავ დაავადებაზე რომელსაც იწვევს ჰაერის დაბინძურება. ეკოლოგიური თვალსაზრისით, ყველაზე მარტივი და პოპულარული მაგალითია სმოგი და გლობალური დათბობა, რომელიც ისევ და ისევ ზემოთ ჩამოთვლილი ნივთიერებების გაზრდილი კონცენტრაციებითაა გამოწვეული.

ბუნებრივია, აუცილებელია გაკონტროლდეს გარემოს დამაბინძურებელი ნივთიერებების კონცენტრაციები. მათი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი რესურსია ავტოტრანსპორტი, შიდაწვის ძრავები. გამონახობლქვი აირში მავნე კომპონენტების კონცენტრაციების შემცირება ხდება სხვადასხვა ტიპის კატალიზური კონვერტორების გამოყენების გზით. მათი ფუნქციაა მავნე, ტოქსიკური აირების დესტრუქცია ან გარდაქმნა ნაკლებად მავნე ნივთიერებებში, შესაბამისი ქიმიური რეაქციების გზით. მანქანათმშენებლობის განვითარება თავისთავად მოიაზრებს კატალიზური კონვერტორების გაუმჯობესებას, მათ დახვეწას, მაგრამ დღევანდელი შედეგები სრულყოფილებისგან ჯერ კიდევ შორსაა.

ამ ნაშრომში საუბარი იქნება რამდენიმე ტიპის კატალიზატორზე, დიზელზე და ბენზინზე მომუშავე ავტომობილებისთვის.

1. მანქანის გამონახობლქვის კომპონენტები

შიდაწვის ძრავებისთვის დამახასიაღებელი გამონახობლქვი აირების ძირითადი კომპონენტების სია მოცემულია ცხრილ 1-ში. განვმარტოთ თითოეული მათგანის წარმოშობის მიზეზები, მათი უარყოფითი ეფექტები გარემოსა და ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

დავიწყოთ გამონახობლქვის მთავარი კომპონენტით, ნახშირბადის დიოქსიდით (CO₂). როგორც იქვე, ცხრილში უკვე აღინიშნა, CO₂ და წყალი (H₂O) არის ორგანული

ნივთიერებების წვის პროდუქტები. ვინაიდან დიზელიც და ბენზინიც ორგანული ნივთიერებების ბენებრივი ნარევაა, შიდაწვის ძრავაში მათი წვის შედეგად ნახშირბადის დიოქსიდისა და წყლის წარმოშობა და შესაბამისად მათი შემდგომი იდენტიფიცირება გამონაბოლქვ აირში აფსოლუტურად ლოგიკური და მოსალოდნელია. ტრანსპორტის გარდა ამ ნივთიერებას გამოყოფს ადამიანიც (ასევე ცხოველებიც) სუნთქვის შედეგად. მას ტოქსიკურ ან მომწამლავ აირს ვერ ვუწოდებთ, სამაგიეროდ ის ე.წ სათბურის ეფექტის აირების სიაში ერთ-ერთი მოწინავეა. სათბურის ეფექტის აირები იჭერენ თბურ (ინფრაწითელ) გამოსხივებას რის შედეგადაც იწვევენ დედამიწის ზედაპირის გათბობას. ეს სახელწოდება მოდის არასწორი ანალოგიიდან სათბურთან, რომლის შიგნით ჰაერი თბილია გარეთ კი ცივი. სინამდვილეში სათბურის ეფექტს სათბურთან ცოტა აქვს საერთო. დედამიწა უწყვეტად იღებს ენერგიას მზის გამოსხივების სახით. ამ ენერგიის 30%-ს დედამიწა ირეკლავს 70%-ს კი შთანთქავს, რაც ხმელეთის, ატმოსფეროს და ოკეანის გათბობას იწვევს. თავის მხრივ ცხელი სხეულები ასხივებს თბურ ენერგიას. დედამიწის ტემპერატურის სტაბილურობა მის მიერ მზის გამოსხივების შთანთქმასა და თბური ენერგიის გამოსხივებას შორის დამყარებული ბალანსით აიხსნება.

H_2O -ც სათბური ეფექტის აირების სიას მიეკუთვნება. გარკვეული კონცენტრაციების ფარგლებში, CO_2 -იცა და H_2O -ც უნდა არსებობდეს, მაგრამ მათი გადაჭარბებული კონცენტრაციები იწვევს გლობალურ დათბობას, დედამიწის კლიმატის ცვლილებას, ამიტომაც აუცილებელი მათი ემისიის კონტროლი.

ნახშირბადის მონოქსიდი (CO), იგი ცნობილია როგორც მხუთავი აირი, მისი მაღალი კონცენტრაციების შესუნთქვა ან თუნდაც მცირე კონცენტრაციების შესუნთქვა ხანგრძლივად და უწყვეტად, იწვევს ლეტალურ შედეგს. საქმე ისაა, რომ ნახშირბადის მონოქსიდი უერთდება სისხლში ჰემოგლობინს, ამით იგი კონკურენციას უწევს ჟანგბადს. საბოლოო ჯამში ჟანგბადის დეფიციტი ბუნებრივია ორგანიზმს აკარგვინებს სიცოცხლის უნარიანობას.

აქროლადი ორგანული ნივთიერებების ($VOCs$) არსებობა ავტომობილების გამონაბოლქვში აიხსნება ისევ და ისევ დიზელისა და ბენზინის ორგანული წარმოშობიდან. როგორც უკვე აღვნიშნეთ ზემოთ, $VOCs$ სია საკმაოდ დიდი და მრავალფეროვანია. შეგვიძლია გამოვყოთ მთავარი კლასები: ალკანები, ალკენები, ალკინები, არენები, სხვადასხვა ციკლური ნაერთები, აზოტის ორგანული ნაერთები, სხვადასხვა ჰალოგენნაერთები და ა.შ. მათი სრული უმრავლესობა მავნეა ჯანმრთელობისთვის, განსაკუთრებით ზოგიერთი მათგანი, რომლებიც ტოქსიკურია. მაგალითად ბენზოლი, აცეტალდეჰიდი, ქლოროფორმი, 1,3-ბუტადიენი, დიქლორმეთანი, ვინილ-ქლორიდი და სხვა. მომწამლავი და ტოქსიკური ბუნების გარდა $VOCs$ მეორე უარყოფითი მხარეა ჰიდროქსილ რადიკალებთან ურთიერთქმედებისას ოზონის წარმოქმნა. თუ სტრატოსფეროში ოზონის არსებობა აუცილებელია (იგი იცავს დედამიწას უ.ი გამოსხივებისგან), ტროპოსფეროში იგი აფსოლუტურად არასასურველი (მომწამლელი) კომპონენტია. ზემოთქმულიდან გამომდინარე აუცილებელია მანქანის გამონაბოლქვში $VOCs$ -ს კონტროლიც.

მიუხედავად იმისა, რომ ფორმალდეჰიდი ($HCHO$) აქროლადი ორგანული ნივთიერებაა, მას ცალკე გამოყოფენ. ის და მეთანი (CH_4) გამოირჩევა მაღალი რეაქტივობით

ჰიდროქსილ რადიკალთან ურთიერთმედების თვალსაზრისით ვიდრე სხვა დანარჩენი ორგანული ნივთიერებები, შესაბამისად მათი როლი ოზონის წარმოქმნაში მეტად მაღალია.

მომდევნო მთავარი კომპონენტებია **NO** და **NO₂**. მათ ხშირად გაერთიანებული სახელწოდებით მოიხსენიებენ - **NO_x**. პირველი კითხვა, რომელიც ალბათ ჩნდება არის, საიდან გვაქვს აზოტის ოქსიდები შიდაწვის ძრავის გამონაბოლქვში? როგორც დასაწყისში უკვე აღვნიშნეთ, ამ ტიპის ძრავაში იწვის ორგანული წარმოშობის საწვავი. წვის პროცესის განხორციელებისთვის ხდება ჰაერის შეწოვა, სხვაგვარად წვა არ მოხდება. გავიხსენოთ, რომ ჰაერის შემადგენელი ძირითადი 2 კომპონენტია აზოტი (**N₂**) და ჟანგბადი (**O₂**). წვის პროცესის გამო ბუნებრივია გვაქვს საკმაოდ მაღალი ტემპერატურა, რომელიც იწვევს აზოტისა და ჟანგბადის ურთიერთქმედებას. ატმოსფერულ პირობებში ეს რეაქცია არ მიდის მაგრამ ის ტემპერატურა რომელიც არის ძრავაში, საკმარისია ამ პროცესის მსვლელობისთვის. სწორედ ეს პროცესი არის მიზეზი იმისა, რომ გამონაბოლქვში გვაქვს აზოტის ოქსიდები. ბუნებრივია, დომენანტი არის **NO**, რადგან **NO₂** არის უკვე **NO**-სა და **O₂**-ის ურთიერთქმედების შედეგი.

N₂O, ე.წ „მალხენი“ აირი, რომელიც ასევე წამოადგენს მანქანის გამონაბოლქვის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან კომპონენტს. მასზე ყურადღების გამახვილება ხდება, რადგან იგი მიეკუთვნება სათბურის ეფექტის აირების სიას. თანამედროვე კვლევების შედეგებით, მისი კონცენტრაციები წლიდან წლამდე იზრდება. რაც არ უნდა გასაკვირი იყოს, ამის ერთ-ერთ მთავარ მიზეზად ასახელებენ სელექტიური შემცირების კატალიზატორებს ე.წ **SCR** - კატალიზატორი (**Selective Catalytic Reduction**), რომელიც ახალია ამ სფეროში. საბოლოო ჯამში **N₂O** არის არასასურველი აირი, ვინაიდან იგი ხელს უწყობს გლობალურ დათბობას, და შესაბამისად საერთო კლიმატის ცვლილებას.

ჟანგბადი (**O₂**) ერთადერთი უვნებელი კომპონენტია გამონაბოლქვის სხვა ნივთიერებებისგან განსხვავებით. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ იდეალურ სიტუაციაში ბენზინზე მომუშავე მანქანის გამონაბოლქვში ჟანგბადი საერთოდ არ უნდა იყოს. გამომდინარე იქიდან, რომ ბენზინისა და ჰაერის თანაფარდობა არის სტექიომეტრიული ანუ 1:14.6. ეს იმას ნიშნავს, რომ საწვავის სრული დაწვისთვის ხდება ჟანგბადის მთლიანად გამოყენება. საწვავისა და ჟანგბადის თანაფარდობას სხვაგვარად ე.წ ლამბდა კოეფიციენტით ახასიათებენ. ბენზინისთვის $\lambda=1$. რაც შეეხება დიზელზე მომუშავე მანქანებს, მათ გამონაბოლქვში ჟანგბადი დიდი რაოდენობითაა, ეს გამოწვეულია იმით, რომ დასაწყისშივე მეტი ჰაერი ინიცირდება სისტემაში (თანაფარდობა დიზელი:ჰაერი ზოგჯერ 1:60-ია) ბენზინისგან განსხვავებით აქ $\lambda \geq 3$, ანუ ჰაერი შეიწოვება საკმაოდ ჭარბად, შესაბამისად გამონაბოლქვშიც დიდი რაოდენობით გვაქვს **O₂**.

2. კატალიზატორის შექმნის ისტორია

კატალიზური კონვერტორი (ან უბრალოდ კატალიზატორი) არის მოწყობილობა, რომელიც გარდაქმნის გამონაბოლქვში არსებულ ტოქსიკურ, ადამიანის ჯანმრთელობისთვის მავნე და გარემოსთვის არასასურველ აირად კომპონენტებს შედარებით უვნებელ ნივთიერებებში, ჟანგვა-აღდგენის რეაქციების კატალიზის გზით. კატალიზატორები ძირითადად გამოიყენება შიდაწვის ძრავებისთვის, რომლებიც იყენებენ ორგანული წარმოშობის საწვავს (მაგ. დიზელს ან ბენზინს). წესით, მათი წვის ძირითადი პროდუქტი ნახშირბადის დიოქსიდი და წყლის ორთქლი უნდა იყოს, მაგრამ დამატებით, გამოიყოფა სხვა ბევრი თანდევნი პროდუქტები, რომელთა შესახებაც უკვე გვქონდა საუბარი წინა ქვეთავში. როგორც უკვე აღინიშნა გამონაბოლქვში არსებული კომპონენტების თითქმის სრული უმრავლესობა არასასურველია, მავნეა, ტოქსიკურია, მომწამლავია, რაც აუცილებელს ხდის გაკონტროლდეს მათი ემისიები, მოხდეს მათი კონცენტრაციების ეფექტური შემცირება,

სანამ გადავალთ კატალიზატორების მოქმედების პრინციპის ახსნასა და მათ ტიპებზე, უნდა აღვნიშნოთ თუ რა განსხვავებაა დიზელსა და ბენზინზე მომუშავე ავტომობილების ემისიის ხასიათს შორის. საკითხში უკეთესად გარკვევაში დაგვეხმარება *სურათი 1*.

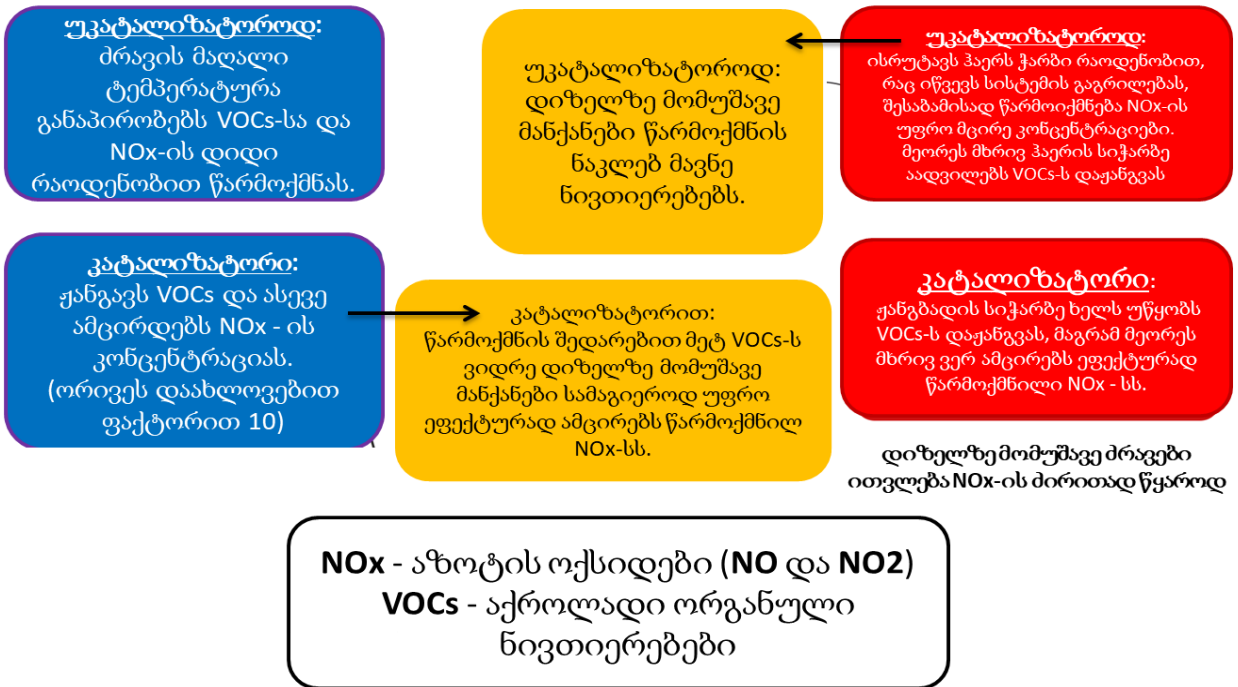
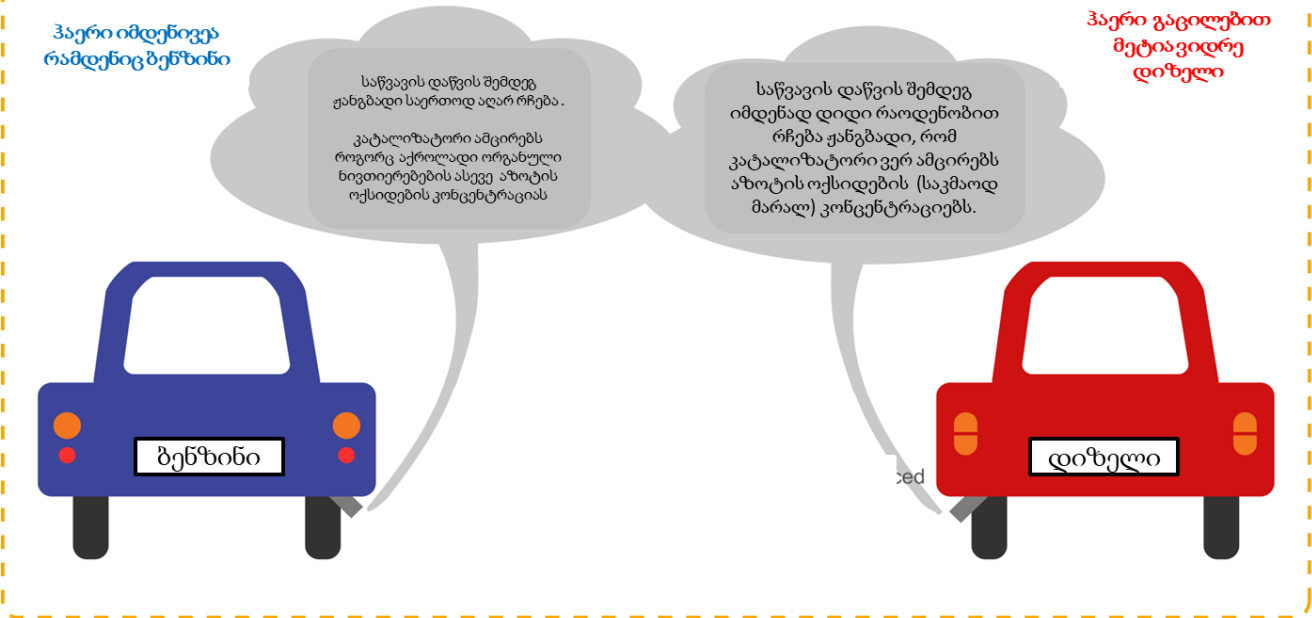
როგორც ადრე უკვე აღვნიშნეთ, დიზელის ძრავა უფრო მეტ ჰაერს შეისრუტავს წვის პროცესისთვის ($\lambda > 1$) ვიდრე ბენზინის ($\lambda = 1$). თავის მხრივ არსებული ჰაერის სიჭარბე ხელს უწყობს სისტემის გაგრილებას, შესაბამისად დიზელის ძრავა შედარებით გრილია. ტემპერატურის შემცირება აზოტის ოქსიდების წარმოქმნის ინტენსივობას ამცირებს. მეორეს მხრივ ჟანგბადის სიჭარბე ხელს უშლის კატალიზატორს წარმოქმნილი აზოტის ოქსიდების კონცენტრაციების შემცირებაში, სამაგიეროდ ადვილდება აქროლადი ორგანული კომპონენტების დაჟანგვა.

პირველი კატალიზური კონვერტორების პროტოტიპები შეიქმნა საფრანგეთში, XIX საუკუნის ბოლოს, ჯერ კიდევ მაშინ, როდესაც ჯამში მხოლოდ რამდენიმე ათასი მანქანა იყო გამოყენებაში. სულ პირველი კატალიზატორები წარმოადგენდა ორმაგი მეტალის ცილინდრში მოთავსებულ ინერტულ მასალაზე დაფენილ პლატინას, ირიდიუმს ან პალადიუმს. რამდენიმე ათეული წლის შემდეგ ფრანგი მექანიკოს-ინჟინერის, იოვენ ჰოუდრის მიერ მოხდა კატალიზური კონვერტორის დაპატენტება. 1930 წლიდან ის გადავიდა აშშ-ში და იქ გააგრძელა მოღვაწეობა. 1950 წელს კი დაიწყო მუშაობა ბენზინზე მომუშავე ავტომობილებისთვის კატალიზატორების შექმნაზე. კატალიზური კონვერტორების შექმნაში მის გარდა დიდი წვლილი მიუძღვის ასევე კარლ ქეისს, ჯონ მუნის, ანტონიო ელეაზარს და ფილიპ მესინას.

პირველი კატალიზური კონვერტორები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენებოდა ბენზინზე მომუშავე შიდაწვის ძრავების შემთხვევაში და ზოგჯერ დიზელზე მომუშავე ძრავის შემთხვევაშიც იყო ე.წ. "ორი გზის" („Two-Way” Catalytic Converter) და ე.წ. „სამი გზის“ („Three-Way” Catalytic converter) კატალიზური კონვერტორები. „ორი გზის“ კატალიზური კონვერტორი აკატალიზებს ნახშირბადის მონოქსიდისა (CO) და დაუწვავი

განსხვავება დიზელსა და ბენზინზე მომუშავე ავტომობილებს შორის

უმთავრესი განსხვავებაა: **ჰაერისა და საწვავის თანაფარდობა** რომელიც იწვევს ქვემოთ ჩამოთვლილ განსხვავებებს:



სურათი 1.

ნახშირწყალბადების (HC - HydroCarbons) დაჟანგვას, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ნახშირორჟანგი (CO_2) და წყალი (H_2O). იგი გამოიყენებოდა როგორც ბენზინზე ასევე დიზელზე მომუშავე შიდაწვის ძრავებისათვის. „ორი გზის“ კატალიზატორი საკმაოდ ფართოდ გამოიყენებოდა 1981 წლამდე. ამის შემდეგ თითქმის მთლიანად ამოღებულ იქნა გამოყენებიდან და ჩანაცვლდა მისი გაუმჯობესებული ვერსიით, ე.წ. „სამი გზის“ კატალიზური კონვერტორით, რომელიც დამატებით აკატალიზებდა აზოტის ოქსიდების აღდგენის რეაქციას, რის შედეგადაც წარმოიქმნებოდა აზოტი და ჟანგბადი.

მაშასადამე, კატალიზატორი არის მანქანის გამონაბოლქვი აირების სისტემის მთავარი შემადგენელი ნაწილი. კატალიზატორებით აღჭურვილია ყველა სახის საგზაო ტრანსპორტი, მსუბუქი მანქანები, სათვიროთო მანქანებისთვის, ავტობუსები, ტრაქტორები, მოტოციკლები და ა.შ.

3. კატალიზატორის კონსტრუქცია

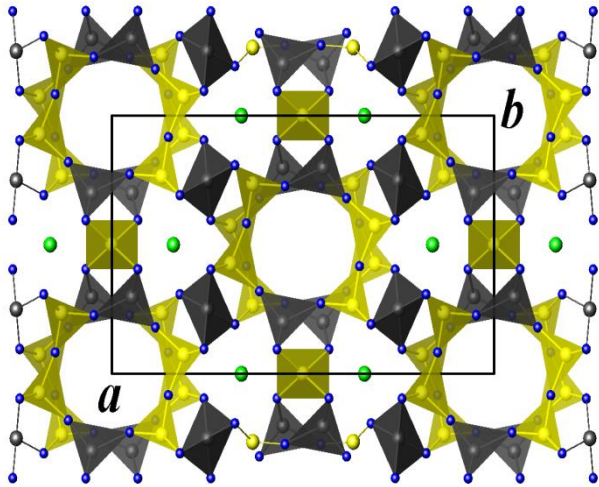
მანქანის გამონაბოლქვი აირის გაწმენდაზე პასუხისმგებელი სისტემა საკმაოდ კომპლექსურია. როდესაც ვახსენებთ ტერმინს „კატალიზატორი“ ვგულისხმობთ მთლიანად სისტემას, რომელშიც სინამდვილეში ბევრი სხვა დამატებითი ელემენტია. გამონაბოლქვი აირების გამწმენდი სისტემის ოთხი ძირითადი კომპონენტია:

- 1) ე.წ. სუბსტრატი;
- 2) სუბსტრატის ზედაპირზე კატალიზატორი ნივთიერების(ების) **გამანაწილებელი** მასალა (Washcoat);
- 3) კატალიზატორი ნივთიერება. ჟანგვა-აღდგენის რეაქციის დაჩქარების (კატალიზის) უნარის მქონე ნივთიერება (კეთილშობილი ლითონი).
- 4) სპეციალური თვისებების მიმნიჭებელი დანამატი, ხშირად ეს არის ცერიუმის (IV) ოქსიდი (CeO_2) ან ცერიუმის ოქსიდისა და ცირკონიუმის ოქსიდის (ZrO_2) ნარევი;

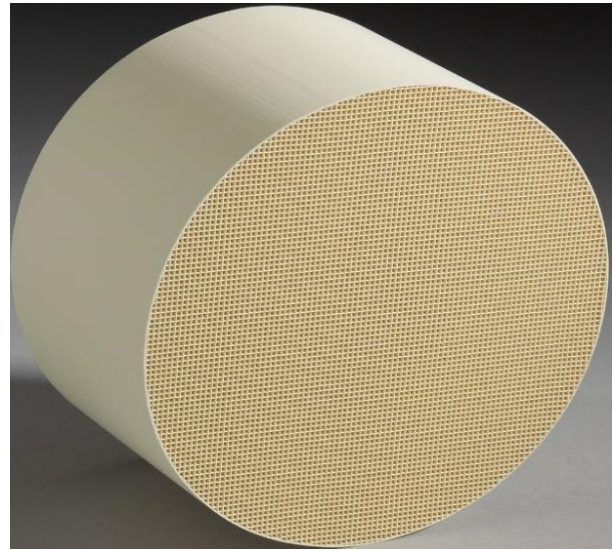
განვმარტოთ თითოეული მათგანი:

1) **სუბსტრატი** - ეს არის მატერიალი, რომელზეც მოთავსებულია (დაფენილია, შეკავებულია) მთავარი კატალიზატორი - ნივთიერება. ფაქტიურად, ის შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც ერთგვარი დამჭერი ზედაპირი. სხვაგვარად მას მონოლითურ სუბსტრატსაც უწოდებენ, ვინაიდან ავტომობილების ემისიის კონტროლის სისტემისთვის, როგორც წესი კერამიკული მონოლითი გამოიყენება. ეს კერამიკული მატერიალი, ძირითად შემთხვევაში წარმოადგენს მინერალს - კორდიერიტი. კორდიერიტი მაგნიუმის, რკინისა და ალუმინის

ციკლოსილიკატია, მოლეკულური ფორმულით : $(Mg,Fe)_2Al_4Si_5O_{18}$ (სურათი 2.a). საბოლოოდ მონოლითური სუბსტრატს აძლევენ სტრუქტურას რომელიც ჰგავს ფიჭას, ასეთი აგებულების წყალობით ცდილობენ შექმნან რაც შეიძლება დიდი ზედაპირის ფართობი, ეს აუცილებელია კატალიზის პროცესის ეფექტურობის გაზრდისთვის. გარდა ამისა კერამიკული მონოლითის გამოყენება რეკომენდირებულია მაღალი ტემპერატურებისადმი მდგრადობის თვალსაზრისითაც. კერამიკული სუბსტრატი მოცემულია სურათი 2.b-ზე



სურათი 2.a
მინერალი - კორდიერტი



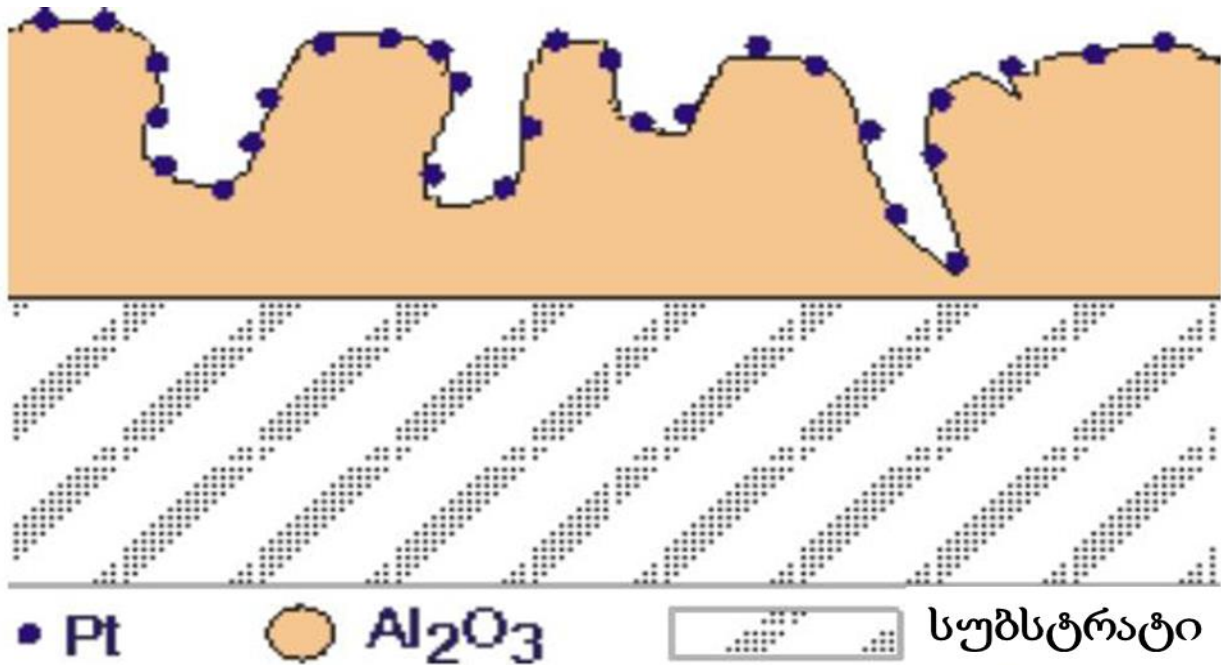
სურათი 2.b
მონოლითური სუბსტრატი

2) კატალიზატორის გამანაწილებელი (მატარებელი) მასალა - ფიჭისმაგვარი სტრუქტურის მონოლითურ სუბსტრატზე კატალიზური ბუნების ნივთიერების განაწილება და შეკავება არც თუ ისე ადვილია. მასზე პირდაპირ ვერ მოვათავსებთ კატალიზატორს. ამისათვის გამოიყენება სპეციალური მასალა. ხშირ შემთხვევაში ეს მატერიალი არის ალუმინის ოქსიდი (Al_2O_3), სილიკონის დიოქსიდი (SiO_2), ტიტანიუმის დიოქსიდი (TiO_2) ან ალუმინის ოქსიდისა და სილიკონის დიოქსიდის ნარევი.

ავტომობილის ემისიის სისტემის ამ კომპონენტს ორი ძირითადი ფუნქცია აქვს, პირველი - დამატებით გაზარდოს ზედაპირის ფართობი რაც მიიღწევა მისი უთანასწორო (ხორკლიანი, არაგლუვი) აგებულებით. მეორე - ამ მასალის ფორიანი სტრუქტურა ხელს უწყობს კატალიზატორი ნივთიერების შეკავებას მასზე. (სურ. 3)

3) კატალიზატორი - ეს არის ნივთიერება, რომელსაც აქვს რეაქციის დაჩქარების უნარი. მანქანის ემისიის გამწმენდ სისტემაში კატალიზატორად გამოიყენება კეთილშობილი მეტალები. ყველაზე ხშირად გვხვდება: პლატინა (Pt), პალადიუმი (Pd) და როდიუმი (Rh). **პლატინა** ითვლება უნივერსალურ კატალიზატორად, რადგან იგი აკატალიზებს ერთდროულად ორივეს, ჟანგვის რეაქციებსაც და ალდგენის რეაქციებსაც. სამივე მათგანი ძვირფასი ლითონია და შესაბამისად საკმაოდ ძვირადღირებულია. **პალადიუმი** აკატალიზებს ჟანგვის რეაქციებს, ხოლო **როდიუმი** - ალდგენის რეაქციებს. მიუხედავად თავისი ეფექტურობისა და უნივერსალობისა პლატინა არ არის რეკომენდირებული ყველა შემთხვევისთვის, რადგან ის დამატებით შესაძლოა აკატალიზებდეს არასასურველ რეაქციებს. გარდა ამისა ის ძალიან ძვირია.

ზემოთჩამოთვლილი მეტალების გარდა კატალიზატორად ასევე გამოიყენება ცერიუმი (Ce), რკინა (Fe), მანგანუმი (Mn), ნიკელი (Ni), სპილენძი (Cu). აქედან, ნიკელის გამოყენება კატალიზატორად, არ არის დაშვებული ევროპის ქვეყნებში, ვინაიდან ნიკელი ურთიერთქმედებს ნახშირბადის მონოქსიდთან და წარმოქმნის ტოქსიკურ ნივთიერებას - ნიკელის ტეტრაკარბონილს $Ni(CO)_4$. რაც შეეხება სპილენძს, მისი გამოყენება აკრძალულია იაპონიაში.

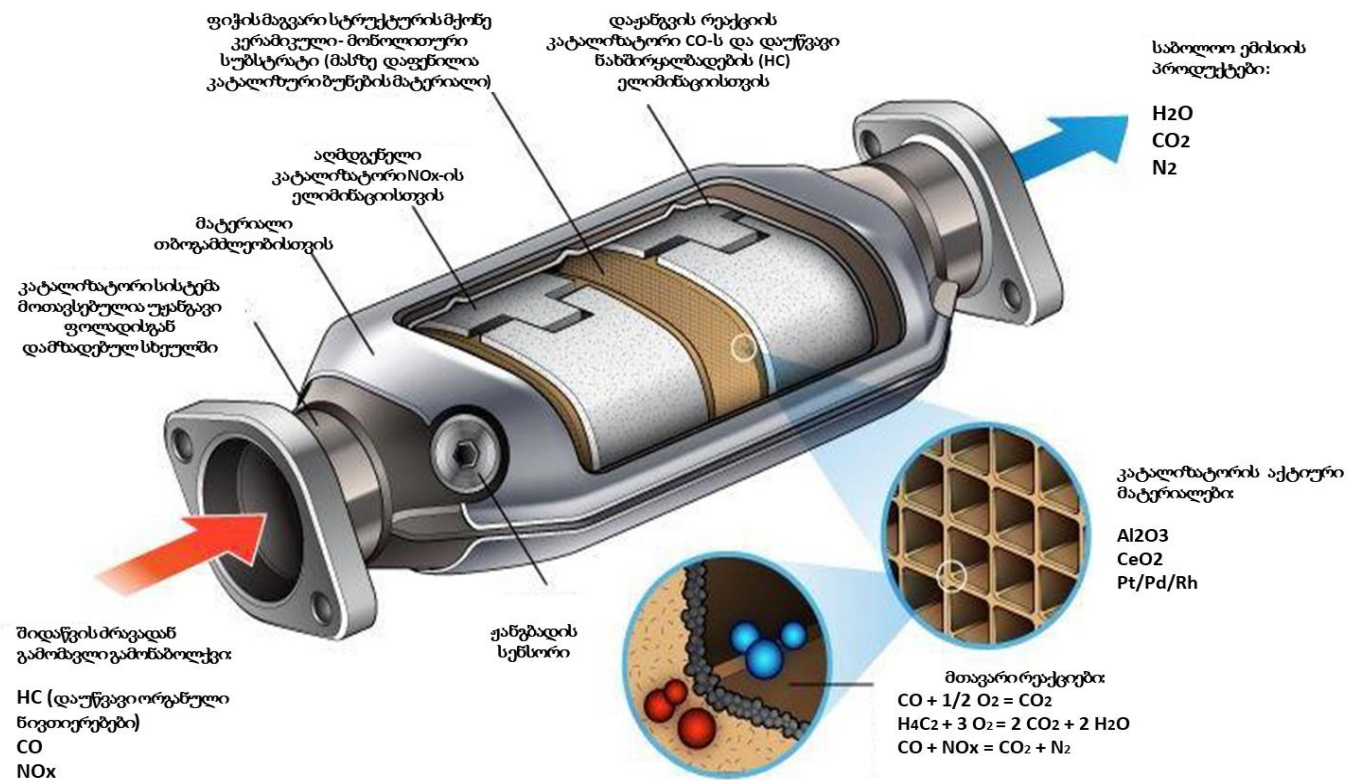


სურათი 3. კატალიზატორის სტრუქტურა

4) ცერიუმის (IV) ოქსიდი (CeO_2) ან ცერიუმის ოქსიდისა და ცირკონიუმის ოქსიდის (ZrO_2) ნარევი ხშირად გამოიყენება დამატებით სურ.3-ზე მოცემულ სტრუქტურაში. დაჟანგვის რეაქცია მოითხოვს ჟანგბადის არსებობას საკმაო რაოდენობით. ამისათვის, ხშირად იყენებენ

დასახელებულ ნივთიერებებს ან რაიმე სხვა დანამატს, რომლებიც ჩაშენებულია სუბსტრატზე დაფენილ ფოროვან მასალაში და ასრულებს ჟანგბადის მარაგის როლს.

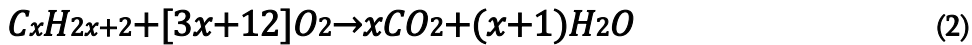
ავტომობილის გამონაბოლქვი აირების გამწმენდი სისტემა - კატალიზატორი, მოთავსებულია შიდაწვის ძრავისა და მისგან გამომავალი გამონაბოლქვი აირების კოლექტორის შემდეგ. ლოგიკურია მისი ეს პოზიცია შერჩეულია გამიზნულად რათა მავნე აირები ძრავადას პირველ რიგში მოხვდეს აქ და უკვე გარდაქმნილი და შედარებით უვნებელი ნივთიერებების სახით - გარემოში. მთლიანობაში ის ანსამბლეა, რომელზეც ვისაუბრეთ ზემოთ, უქანგავი ფოლადის სხეულშია მოთავსებული. კატალიზატორის სრული სტრუქტურა მოცემულია სურ. 4-ზე.



სურათი 4. ავტომობილის კატალიზატორის კონსტრუქცია.

4. ბენზინზე მომუშავე მანქანებისთვის გამოყენებული სხვადასხვა ტიპის კატალიზური კონვერტორები

ზემოთ მცირე მომიხილივა უკვე გაკეთდა იმაზე, თუ რა ტიპის კატალიზატორები გამოიყენებოდა ადრე და რომლებია პოპულარული დღესდღეისობით ბენზინზე მომუშავე მანქანებისთვის. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, პირველი ასეთი იყო ე.წ „ორი გზის“ კატალიზური კონვერტორი. მისი სახელწოდება გამომდინარეობს იქიდან, რომ იგი აკატალიზებს ორ რეაქციას:



ეს კატალიზატორი გამოიყენებოდა როგორც ბენზინზე ასევე დიზელზე მომუშავე მანქანებისთვის. 1981 წლიდან იგი ამოღებულ იქნა გამოყენებიდან და ჩანაცვლდა ე.წ „სამი გზის“ (Three way catalyst - TWC) კატალიზატორით, რომელიც მისგან განსხვავებით დამატებით აკატალიზებდა კიდევ ერთ, ძალიან მნიშვნელოვან რეაქციას:



მაშასადამე, „სამი-გზის“ კატალიზური კონვერტერი, სხვაგვარად მას ზოგჯერ მოიხსენიებენ როგორც **G-Kat** (Geregelter Katalysator, გერმანული სახელწოდებიდან), აკატალიზებს აზოტის ოქსიდების აღდგენის რეაქციას და გარდაქმნის თავისუფალ ჟანგბადსა და აზოტში. ერთდროულად დაჟანგვისა და აღდგენის რეაქციების წარმართვა ეფექტურად რომ მოხდეს, ამისათვის აუცილებელი წინაპირობაა სტექიომეტრიული წვა $\lambda=1$ დონეზე. ზემოთ უკვე გვქონდა იმაზე საუბარი რომ ბენზინის შემთხვევაში λ კოეფიციენტი 1-ის ტოლია ხოლო დიზელის შემთხვევაში იგი მეტია 1-ზე. შესაბამისად, ლოგიკურია რომ სამი-გზის კატალიზატორი გამოიყენება მხოლოდ ბენზინზე მომუშავე ძრავებისთვის, რადგან მხოლოდ ბენზინის ძრავის შემთხვევაში გვაქვს სრული სტექიომეტრიული წვა. მაშინ როდესაც ამ ტიპის კატალიზური კონვერტორი სათანადოდ გაცხელდება, იგი ამცირებს VOCs-ს ემისიას დაახლოებით 100-ჯერ ხოლო NO_x-სას დაახლოებით ფაქტორით 10.

მცირე კომენტარი - ძრავის ამუშავების მომენტიდან, დაახლოებით 500-600 წამის განმავლობაში კატალიზური კონვერტორი ცივია და შესაბამისად არ ასრულებს თავის ფუნქციას, ამ დროს გამოწვეულია აირების სახით გამოიყოფა ბევრი ტოქსიკური, გარემოსთვის და ადამიანის ჯანმრთელობისთვის მავნე ნივთიერებები. ძრავის ამუშავებიდან

დაახლოვებით პირველი 5 წუთი ეთმობა სისტემის გათბობას, ეს დრო თავისმ მხრივ დამოკიდებულია გარემო ტემპერატურაზე (სეზონზე). ზამთარში, როდესაც გარეთ ცივა, სისტემის გათბობას ცოტა მეტი დრო სჭირდება ვიდრე მაგალითად ზაფხულში.

„სამი გზის“ კატალიზატორის ეფექტურობა NO_x-ის აღდგენის რეაქციის თვალსაზრისით, ნაკლებადაა დამოკიდებული ტემპერატურაზე ვიდრე CO და VOCs –ის შემთხვევაში, მათი დაჟანგვის რეაქციის კატალიზისთვის ტემპერატურა მნიშვნელოვანია, კატალიზატორი უნდა გაცხელდეს სათანადოდ რომ მათი დაჟანგვა მოხდეს. არის კიდევ ერთი პატარა ასპექტი, კატალიზატორის გაცხელებამდე გამოყოფილი CO და NO ურთიერთქმედებს ერთმანეთთან, რადგანაც კატალიზატორი დასაწყისში ცივია გვაქვს ნახშირბადის მონოქსიდის მაღალი კონცენტრაციები, რაც ხელს უწყობს ამ რეაქციის წარმართვას. რეაქციის პროდუქტებია ნახშირბადის დიოქსიდი და თავისუფალი აზოტი. ამ რეაქციით მეტნაკლებად, მცირდება CO და NO-ს რაოდენობები.

მოსალოდნელია ზოგიერთი არასასურველი რეაქციის წარმართვაც, 3-გზის კატალიზატორის გამოყენების დროს. ამ რეაქციის პროდუქტები ხშირად არასასიამოვნო სუნის მქონე გოგირდწყალბადი და ამიაკია. მათი წარმოქმნის რეგულირება შესაძლოა კატალიზატორი - მეტალის ჩანაცვლებით ან იმ მასალის მოდიფიკაციით, რომელიც გამოიყენება მეტალის სუბსტრატზე დასაფენად. ასე მაგალითად, ამ მატერიალში მანგანუმის ან ნიკელის დამატებით, იბლოკება გოგირდის აბსორბცია. ამ ტიპის თანაპროდუქტების სრული ელიმინირება საკმაოდ რთულია, სამაგიეროდ საწვავი პროდუქტის გაწმენდა გოგირდის შემცველი კომპონენტებისგან საგრძნობლად ამცირებს გოგირდწყალბადის კონცენტრაციას გამონაბოლქვში.

5. დიზელზე მომუშავე მანქანებისთვის გამოყენებული სხვადასხვა ტიპის კატალიზური კონვერტორები

5.1 “DOC” კატალიზატორი

დიზელზე მომუშავე შიდაწვის ძრავებისთვის, “სამი-გზის” კატალიზატორის გამოყენება არ არის კარგი იდეა, გამომდინარე დიზელის მაღალი λ კოეფიციენტიდან, რომელიც დაახლოვებით 3-ს უდრის. დიზელის შემთხვევაში გამოიყენება ე.წ “DOC” კატალიზატორი (Diesel Oxidation Catalyst). იგი შეიცავს პალადიუმს, პლატინას, და ალუმინის ოქსიდს. ყველა ჩამოთვლილი ნივთიერება აკატალიზებს ნახშირბადის მონოქსიდისა და დაუწვავი (აქროლადი) ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვას, რის შედეგადაც გამოიყოფა ნახშირბადის დიოქსიდი და წყალი. (ეს რეაქციები იგივეა რაც „ორი-გზის“ და „სამი გზის“

კატალიზატორისთვის იყო მოცემული - რეაქციები (1) და (2).)

“DOC” კატალიზატორი უსუსურია გამონაბოლქვ აირში არსებული NO_x-ის კონცენტრაციების შემცირების თვალსაზრისით. ნებისმიერი აღმდგენელი, რაც არ უნდა დაემატოს კატალიზატორს, იგი პირველ რიგში იურთიერთქმედებს სისტემაში არსებულ ჭარბ ჟანგბადთან.

აზოტის ოქსიდების კონცენტრაციების შემცირების მიმართ “DOC” კატალიზატორის უუნარობამ, აუცილებელი გახდა ახალი კატალიზატორების გამოგონება. მათზე ვრცლად მომდევნო თავებში.

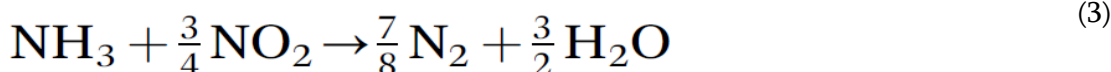
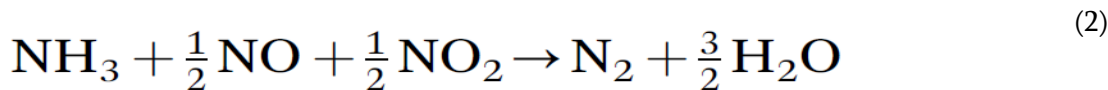
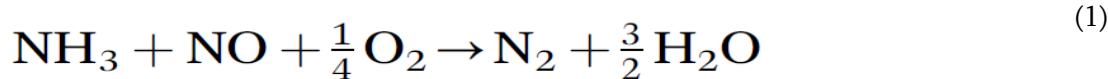
5.2 “სელექტიური აღდგენის კატალიზატორი“ (SCR)

დიზელის საწვავზე მომუშავე მანქანების რაოდენობა აღემატება ბენზინზე მომუშავე მანქანებისას. ეს გამოწვეულია იმით, რომ დიზელი ერთდროულად შედარებით იაფია, უფრო ეფექტურია და ეკონომიური ვიდრე ბენზინი. დიზელი განსაკუთრებით პოპულარულია სატვირთო მანქანების, საზოგადოებრივი და სასოფლო-სამეურნეო ტრანსპორტის შემთხვევაში. დიზელის ამ უპირატესობების გამო, დღითიდღე იზრდება მისი როლი ტრანსპორტის სფეროში. გამომდინარე იქიდან, რომ „სამი გზის“ კატალიზატორი (TWC) დიზელზე მომუშავე მანქანების შემთხვევაში ვერ ამცირებს აზოტის ოქსიდების კონცენტრაციებს (ჟანგბადის სიჭარბის გამო), ხოლო დიზელის დამჟანგველი კატალიზატორი (DOC) ზოგადად უძლურია გამონაბოლქვ აირებში აზოტის ოქსიდების გაწმენდის თვალსაზრისით, საჭირო გახდა რაიმე სხვა, ახალი მეთოდების ძიება.

ბოლო რამდენიმე წლის წინ გამოგონილ იქნა ე.წ „სელექტიური აღდგენის კატალიზატორი“ (SCR – Selective Catalytic Reduction) და ე.წ „NO_x-ის მახე“ („NO_x Trap Catalyst“ ან სხვაგვარად “NO_x Storage and Reduction” შემოკლებით - NSR). დასახელებული ორივე ტიპის კატალიზატორი მიეკუთვნება ე.წ deNO_x ტექნოლოგიებს (deNO_x ტექნოლოგიები ეწოდება იმ ტიპის კატალიზატორებს, რომელთა როლიც მანქანის გამონაბოლქვ აირში აზოტის ოქსიდების შემცირებაა)

სელექტიური აღდგენის კატალიზატორის SCR მოქმედების პრინციპი შედარებით რთული და განსხვავებულია უკვე აღწერილი დანარჩენი კატალიზური კონვერტორებისაგან. იგი მოიხმარს ამიაკს (NH₃) NO_x-ის სელექტიური აღდგენისთვის. SCR სისტემაში, უნდა არსებობდეს ამიაკის გარკვეული მარაგი, რომელიც როგორც წესი ან პირდაპირ ამიაკის სახით ან შარდოვანას ხსნარის სახით. შარდოვანას შემთხვევაში, ხდება მისი (ხსნარის) შეფრქვევა ემისიურ ნაკადში, სადაც იგი ორ საფეხურად იშლება, საბოლოო ჯამში პროდუქტების სახით იძლევა ამიაკს, წყალსა და ნახშირბადის დიოქსიდს.

SCR კატალიზური კონვერტორის ქიმია საკმაოდ კომპლექსურია, ის რამდენიმე რეაქციას მოიცავს:



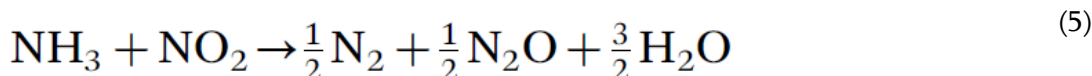
მოცემული რეაქციებიდან პირველი (1), შეიძლება ითქვას, **SCR-კატალიზატორის სტანდარტული რეაქციაა** (რადგან ემისიურ ნაკადში დიდი რაოდენობითაა NO და O₂). გამონაბოლქვ აირში გარკვეული კონცენტრაციით NO₂-ის არსებობა (NO_x-ის სრული რაოდენობის საშ.10%), იწვევს მეორე რეაქციის (2) წარმართვას, რომელიც საკმაოდ სწრაფად და ეფექტურად მიდის, განსაკუთრებით დაბალ ტემპერატურებზე. ხშირად მეორე რეაქციის წარმართვის ხელშესაწყობად **SCR-კატალიზატორს** იყენებენ **DOC** კატალიზატორთან კომბინაციაში, რათა პირველად **DOC-მა** გადაიყვანოს NO NO₂-ში და შემდეგ ეტაპზე წავიდეს რეაქცია 2.

NO-ს დაჟანგვის მექანიზმი DOC-ით (კატალიზატორად გამოიყენება პლატინა) მოცემულია რეაქცია (4)-ის სახით.

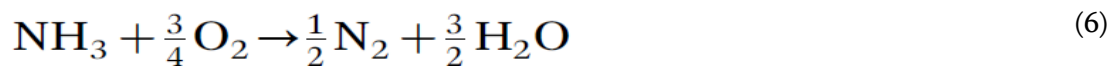
(DOC - Diesel Oxidation Catalyst - დიზელის დამჟანგველი კატალიზატორი).



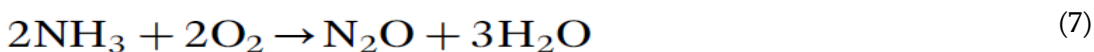
იმ შემთხვევაში თუ DOC კატალიზური კონვერტორის საშუალებით წარმოიქმნება დიდი რაოდენობით NO₂, ანუ მეტი ვიდრე 1:1=NO:NO₂, მაშინ უპრირატესად მიდის მესამე რეაქცია (3), იგი ორი მიზეზით არასასურველია, პირველი - ის ძალიან ნელია, მეორე - NO₂-ის სიჭარბე იწვევს N₂O-ის წარმოქმნას (რეაქცია (5)), ეს უკანასკნელი კომპონენტი კი სათბურის ეფექტის აირების სიას მიეკუთვნება.



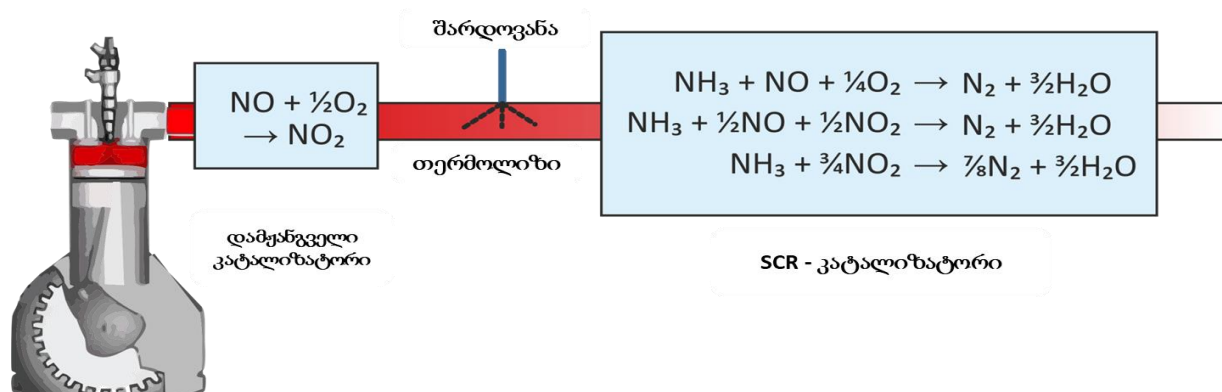
იმ შემთხვევაში თუ რეაგენტები ვერ შეერევა ერთმანეთს კარგად, ამიაკი ჭარბი რაოდენობით ინიცირდება სარეაქციო არეში, ან SCR-ში დამარაგებული ამიაკი სწრაფად გამოთავისუფლდება, მაშინ ეს გამოიწვევს ემისიურ ნაკადში უშუალოდ ამიაკის არსებობას. ამის აღმოსაფხვრელად SCR-კატალიზატორის შემდეგ მოთავსებულია ე.წ **ASC** - კატალიზატორი (Ammonia Slip Catalyst), რომელიც ჟანგავს ჭარბ (რეაქცია 1, 2 და 3-ში შეუსვლელ) ამიაკს, შემდეგი გზით:



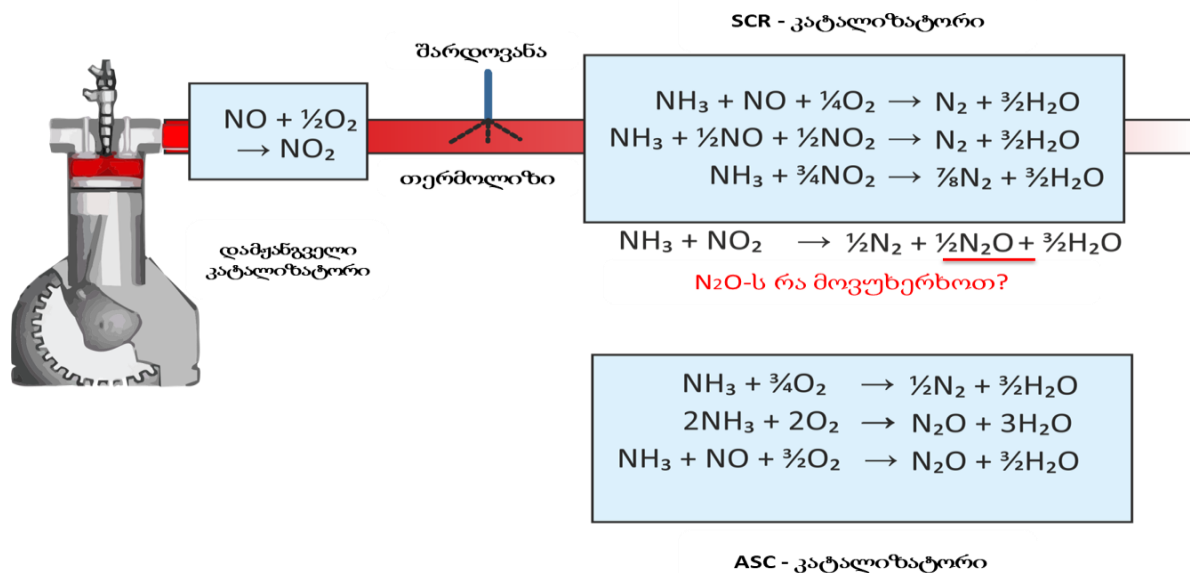
იმ შემთხვევაში, თუკი რეაქცია (6) არასრულად წავა, მაშინ ამიაკისგან წარმოიქმნება N_2O , შემდეგი სქემით: რეაქცია (7)



SCR კატალიზატორის სქემა, ზემოთ აღწერილი ყველა შემთხვევისთვის ცალ-ცალკე მოცემულია სურათი 5a, და 5b-ზე:



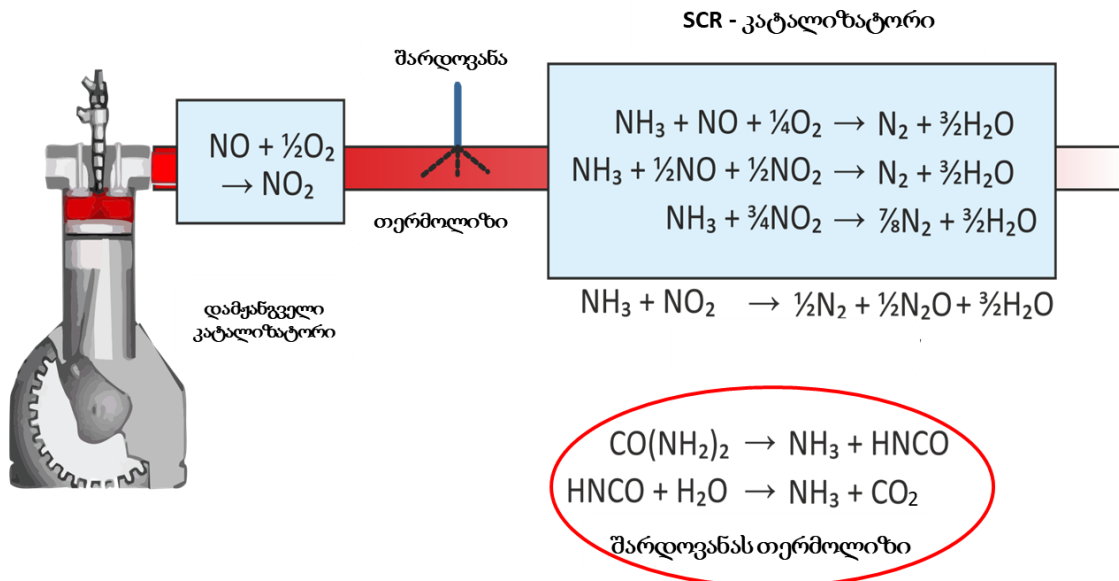
სურათი 5a.



სურათი 5b.

სურათი 5b-დან გამომდინარე, შესაძლოა თანმდევი პროდუქტის სახით გამოიყოს N₂O. მისი ემისიის საწინააღმდეგოდ რაიმე მეთოდი ჯერ არ არის შემუშავებული, ამიტომ ერთადერთი გზაა დარეგულირდეს დამჟანგველი კატალიზატორით NO-ს გარდაქმნა NO₂-ში, რადგან N₂O კომპონენტის წარმოქმნის მიზეზია NO₂-ის სიჭარბე.

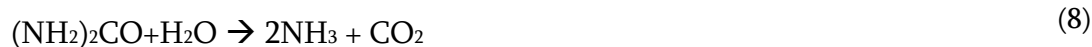
არის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ასპექტი, რომელიც მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული. თუკი ამიაკის რეზერვის წყაროდ გამოიყენება შარდოვანას ხსნარი (და არა პირდაპირ ამიაკი), იგი შეიძლება გახდეს გამონაბოლქვში ტოქსიკური ნივთიერება იზოციანატის მჟავას (HNCO-ს) წარმოქმნის მიზეზი. როგორ?! იხილეთ სურათი 5c.



- ! • HNCO ტოქსიკური ნივთიერებაა;
- HNCO-ის კონცენტრაციამ შესაძლოა მიაღწიოს პარალელურად წარმოქმნილი ამიაკის 20%-ს.

სურათი 5c.

სურათი 5a, 5b და 5c-ზე ნახსენები თერმოლიზის ბლოკი ემსახურება შარდოვანას ხსნარის თერმულ დაშლას. წესით შარდოვანას დაშლის საბოლოო პროდუქტები ამიაკი და ნახშირბადის დიოქსიდი უნდა იყოს (SCR კატალიზატორის მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია სწორედ ამიაკზე). იხილეთ შარდოვანას დაშლის ჯამური რეაქცია (8).



შარდოვანას დაშლის ჯამური რეაქცია (8)

საქმე ისაა, რომ თერმოლიზის პროცესი რეალურად მიდის ორ საფეხურად, თითოეული საფეხურის რეაქციები გამიჯნულია ერთმანეთისაგან დროსა და სივრცეში.

მიღებულია, რომ შარდოვანას თერმოლიზის ორსაფეხურიანი პროცესის შედეგად საბოლოო ჯამში წარმოიქმნება ამიაკი და იზოციანატის მჟავა (HNCO), ამ უკანასკნელის კონცენტრაციამ შესაძლოა მიაღწიოს პარალელურად წარმოქმნილი ამიაკის კონცენტრაციის 20%-ს, რაც საკმაოდ ბევრია და აჭარბებს დაწესებულ ლიმიტებს. ამ კატალიზური სისტემის შემქმნელებს სჯერათ, რომ მომდევნო ეტაპზე HNCO ჰიდროლიზდება, რის შედეგადაც იძლევა ამიაკსა და ნახშირბადის დიოქსიდს. ამის შესაბამისი რეაქციები მოცემულია ქვემოთ, რეაქცია (9) და (10).



რეაქცია (8) წარმოადგენს რეაქცია (9) და (10)-ის შეჯამებას.

გარდა ამისა, მეცნიერები თვლიან, რომ დასაშვებია შარდოვანა და იზოციანატის მჟავა პირდაპირ შევიდეს რეაქციაში აზოტის მონოქსიდთან, რის შედეგადაც წარმოიქმნება თავისუფალი აზოტი, წყალი და ნახშირბადის დიოქსიდი. იხილეთ რეაქციები (11) და (12)

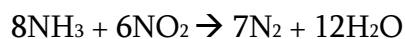
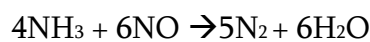


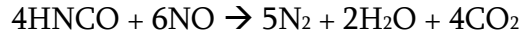
სინამდვილეში ზემოთ მოცემული რეაქციები SCR-კატალიზატორის კომპლექსური, რთული ქიმიის მხოლოდ ნაწილია. არის კიდევ სხვა რეაქციები, რომელთაც დამატებით შესაძლოა ჰქონდეს ადგილი. მათ შესახებ შეჯამებული ინფორმაცია მოცემულია ცხრილი 2-ში.

ცხრილი 2.

SCR-კატალიზატორის ქიმიურ რეაქციათა ჯამური სია
(იმ შემთხვევაში თუ ამიაკის რეზერვად გამოიყენება შარდოვანა)

სასურველი (აღდგენის) რეაქციები:

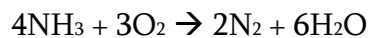
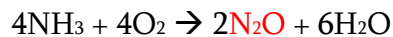
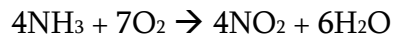
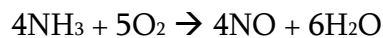
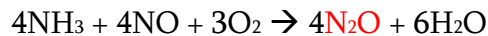




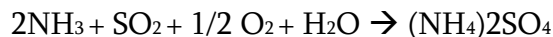
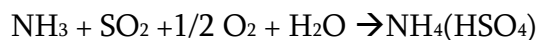
შარდოვანას პირდაპირი აღდგენის რეაქცია:



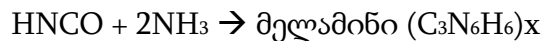
არასასურველი (დაჟანგვის) რეაქციები:



არასასურველი დეგრადაციის პროცესები:



$(\text{NH}_2)_2\text{CO} \rightarrow$ პოლიმერული პროდუქტები

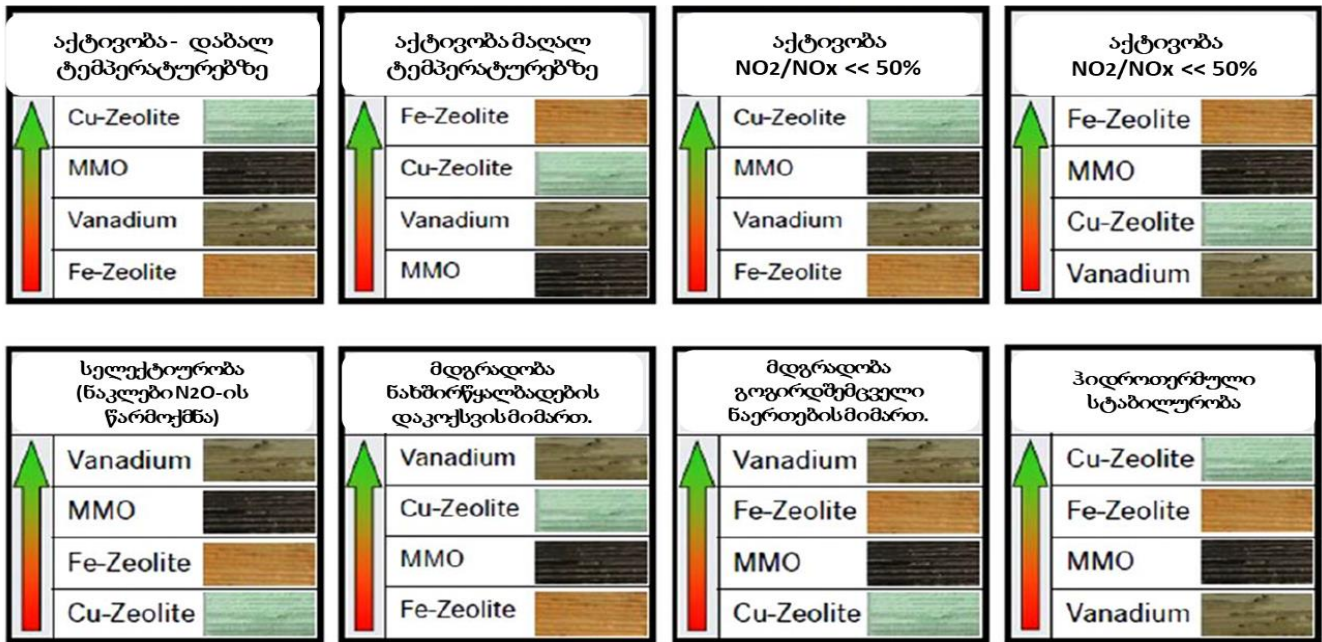


მსუბუქი მანქანებისათვის SCR კატალიზატორის ეფექტურობა აღწევს 90-95%-ს. აშშ-ში გრძელდება მუშაობა მის გაუმჯობესებასა და ეფექტურობის გაზრდაზე.

არსებობს სამი სახის კომერციული SCR-კატალიზატორი: 1) დამზადებული სპილენძის ცეოლითის საფუძველზე; 2) დამზადებული რკინის ცეოლითის საფუძველზე; 3) ის, რომელიც შეიცავს ვანადიუმის ოქსიდს.

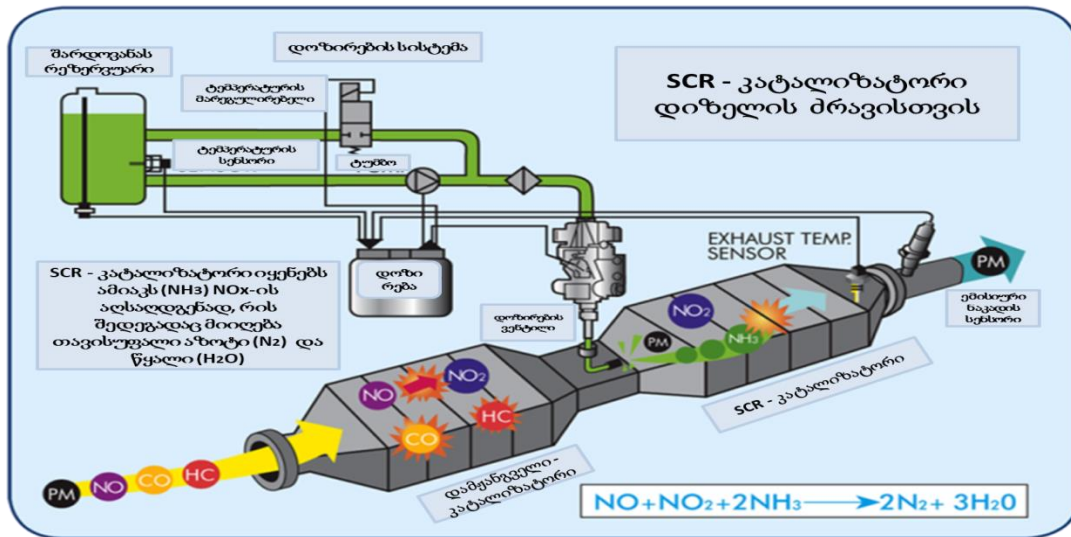
სპილენძის ცეოლითზე დამზადებულ SCR-კატალიზატორს საკუთრივ აქვს დაჟანგვის უნარი, ამიტომ მის შემთხვევაში რეაქცია (4)-ის მსვლელობა უზრუნველყოფილია და შესაბამისად დამატებით დამჟანგველი (DOC) კატალიზატორის გამოყენება ადარაა საჭირო. სპილენძის ცეოლითის ეს თვისება, დაბალ ტემპერატურებზე უზრუნველყოფს ე.წ „SCR-კატალიზატორის სწრაფ რეაქციის“ (რეაქცია (2)) -ის წარმართვას ინტენსიურად, რაც სასურველია. დღესდღეისობით გამოყენებაში არსებული ამ ტიპის კატალიზატორები

სტაბილურია 800 °C-ზე. მათმა გაუმჯობესებულმა ვარიანტმა, რომელიც უკვე გამოყენებაშია გამოავლინა შთამბეჭდავი ეფექტურობა N2O-ს კონცენტრაციის შემცირების თვალსაზრისით. **ვანადიუმის ოქსიდის შემცველი SCR-კატალიზატორი** შედარებით მდგრადია გოგირდშემცველი კომპონენტების მიმართ, რომელთაც კატალიზატორის დესტრუქციული უნარი აქვთ. *სურათი 6-ზე* მოცემულია შეჯამებული დიაგრამა ოთხი ტიპის SCR-კატალიზატორის მახასიათებლებისთვის. ისრის მიმართულება უჩვენებს შესაბამისი თვისების მატებას.



MMO – (Mixed Metal Oxides) - შერეულ მეტალთა ოქსიდები

სურათი 6.



სურათი 7. SCR-კატალიზატორის სრული სქემა

6. გამოყენებული ლიტერატურა:

1. **Book - „Messung und Bewertung von Verkehrsemissionen“**
Dieter Klemp, Djuro Mihelcic, Bernhard Mittermaier
Reihe Energie & Umwelt. Band 21.
Forschungszentrum Jülich GmbH. 2012.
2. **Book - “NO_x Trap Catalysts and Technologies: Fundamentals and Industrial Applications”**
Chapter 1. “Review of deNO_x Technology for Mobile Applications”
t. V. Johnson and a. Joshi
Royal Society of Chemistry. 2018.
3. **Master Thesis – „Experimental and Numerical Investigations of Fluid Flow through Catalytic Converters”**
Hesham A. Ibrahim
Guelph, Ontario, Canada. 2017.
4. **Article –“ Urea thermolysis and NO_x reduction with and without SCR catalysts”**
Howard L.Fang, Herbert F.M.DaCosta
Applied Catalysis B: Environmental. 2003.
5. **„The Catalytic Hydrolysis of Isocyanic Acid (HNCO) in the Urea-SCR Process“**
Gaia Piazzesi.
PhD Thesis. Italy. 2017