

MINIVEN TIPIDAGI AVTOMOBIL KUZOVIGA HAVONING QARSHILIK KUCHINI ANIQLASH

¹Qayumov Baxrom Abdullajonovich

²Ergashev Dostonbek Pratovich

¹Andijon mashinasozlik instituti, t.f.f.d., dotsent

²Andijon mashinasozlik instituti tayanch doktoranti

ANNOTATSIYA

Avtomobillarning aerodinamik sinovlari turli metodlarda o'rganiladi. Kompyuter texnologiyalari, aerodinamik trubalar hozirgi kunda ishlab chiqarishda keng qo'llanilmoqda. Loyihalash jarayonida avtomobilning aerodinamik ko'rsatkichlari qiymatlarini aniqlashda masshtablashtirilgan modellar uchun sinov qurilmasi eng maqul yechimlardan biri sanaladi. Ushbu tadqiqot ishida masshtablashtirilgan avtomobil modeliga havoning qarshilik kuchi funksiyasini aniqlash bo'yicha ishlar hamda tajriba o'tkazish uchun qurilma loyihalash bayon etilgan. Bunday usul yordamida avtomobilni loyihalash bosqichidayoq uning aerodinamik ko'rsatkichlarini aniqlash mumkin bo'ladi.

Kalit so'zlar: aerodinamik truba, masshtablashtirilgan modellar, havo oqimi, havoning qarshilik kuchi, havoni yengib o'tish koeffisienti.

DETERMINATION OF AIR RESISTANCE FOR MINIVAN TYPE CAR BODY

ABSTRACT

Aerodynamic tests of cars are studied by different methods. Computer technologies, wind tunnels are now widely used in production. In the process of designing, a test device for scaled models is one of the best solutions for determining the values of aerodynamic indicators of a car. In this research work, the work on determining the air resistance force function for a scaled car model and the design of a device for conducting experiments are described. Using this method, it will be possible to determine the aerodynamic parameters of the car at the stage of design.

Key words: wind tunnel, scaled models, air flow, air resistance, drag coefficient.

1.KIRISH.

Avtomobillarga havoning qarshilik kuchini nazariy usullar yordamida aniqlash qiyin kechadi. Shuning uchun aerodinamik tadqiqotlar o'tkaziladi [14]. Avtomobil aerodinamikasini o'rganishda turli metodlardan foydalaniladi. Aynan yo'l sharoitida ham avtomobilga havoning qarshilik koeffisientini aniqlash mumkin [15]. Bu usulda bir qancha omillar ta'sirini aniqlash qiyin kechadi. Eng keng tarqalgan usullardan biri bu aerodinamik trubalardagi sinovlardir. Ilk bor aerodinamik trubalardagi tadqiqotlar Glauert tomonidan bajarilgan va unda uchuvchi jismlar tahlil qilingan [3]. Aerodinamik trubalar havo oqimini hosil qilib beradi va bu oqim sinalayotgan modelga qanday ta'sir qilishi o'rganiladi [13]. Qurilma aviatsiya, arxitektura va avtomobilsozlik kabi bir qancha sohalarda qo'llaniladi. Hozirgi kunda avtomobil ishlab chiqaruvchilar o'zlarining yirik sinov qurilmalariga ega va bu ularga ishlab chiqarilgan avtomobilning texnik hususiyatlarini belgilashda muhim ahamiyatga ega. Avtomobillarning aerodinamik hususiyatlari ularning yonilg'i sarfiga ham sezilarli ta'sir o'tkazadi. [4] 70 km/soat va undan yuqori tezlikda havoning qarshiligi yoqilg'i sarfiga ta'siri sezilarli bo'lishini keltirib o'tgan. Bir hil dvigatelga ega turli tipdagi kuzovli avtomobillarning ekspluatatsion ko'rsatkichlari turlicha bo'lishiga amaliyotda ko'p duch kelish mumkin. Shuning uchun Avtomobilga havoning qarshilik kuchini loyihalash bosqichidayoq bashorat qilish zarur. Bu esa kuzovdagi o'zgartirishlarni ilk bosqichda amalga oshirish imkonini beradi. Kichik aerodinamik trubalar aynan shu masalani hal etishda muhim o'rin tutadi. Ishlab chiqarilgan avtomobilning ham aerodinamik hususiyatlarini qo'shimcha elementlar (spoiler, diffuzor va h.k.) yordamida biroz yaxshilash mumkin. Sport avtomobillarida ham shu vositalar yordamida havo qarshiligini yengib o'tish imkoniyati yaratiladi [9-16].

2. PAST TEZLIKLI AERODINAMIK TRUBA LOYIHALASH.

2.1. Aerodinamik trubalar tahlili.

Past tezlikli aerodinamik trubalar aniq natijali eksperimentlar o'tkazish uchun bir qancha qulayliklarga ega. Ularning dizayni foydalanish maqsadiga ko'ra turli xil loyihalanadi. Shunga ko'ra ularga o'rnatiladigan elementlar turlicha bo'ladi. Past tezlikdagi aerodinamik trubalarni ko'plab me'zonlarga ko'ra tasniflash mumkin. Quyida ularni turlari keltirilgan.

Sinalayotgan modellar aerodinamik trubaning ishchi qismlariga joylashtiriladi. Ishchi qismining turi bo'yicha:

a) ishchi qismi ochiq bo'lgan aerodinamik trubalar. Bunda ishchi qism devorlari mavjud bo'lmaydi. Mercker va Wiedemann ochiq ishchi qismdagi tadqiqotlar boyicha bir qancha izlanishlar olib borganlar [6]

b) ishchi qismi yopiq bo'lgan aerodinamik trubalar. Bunda ishchi qism devorlar bilan yopiladi. Cooper yopiq ishchi qisimli aerodinamik trubalar bo'yicha izlanishlar olib borgan. [2]

Havo oqimini harakatlantirish bo'yicha:

Yopiq konturli aerodinamik truba. Havo oqimi yopiq sxema bo'yicha harakatlanadi. Buning uchun chiqarish va kiritish yo'llari biriktiriladi. Aksariyat sinov stendlarida bitta qaytish kanaliga ega, lekin ikkita qaytish yo'liga ega bo'lgan sinov stendlari ham qo'llanilmoqda.

Ochiq konturli aerodinamik truba. Bunday sinov stendlarida havo tashqi muhitdan olinib, yana tashqi muhitga qaytariladi. Agar stend honaning ichiga o'rnatilsa hona o'lchamlari yetarlicha katta bo'lishligi talab etiladi, shundahona ichidagi havo tezligi truba ichidagi havoning tezligidan kichik bo'lishi ta'minlanadi. Bundan tashqari sinov stendini ochiq atmosferaga ham o'rnatish mumkin, ammo bunda holatda tashqi muhitdagi shamol mavjudligi va uning sinov jarayonlariga ta'sirini ham hisobga olish kerak bo'ladi.

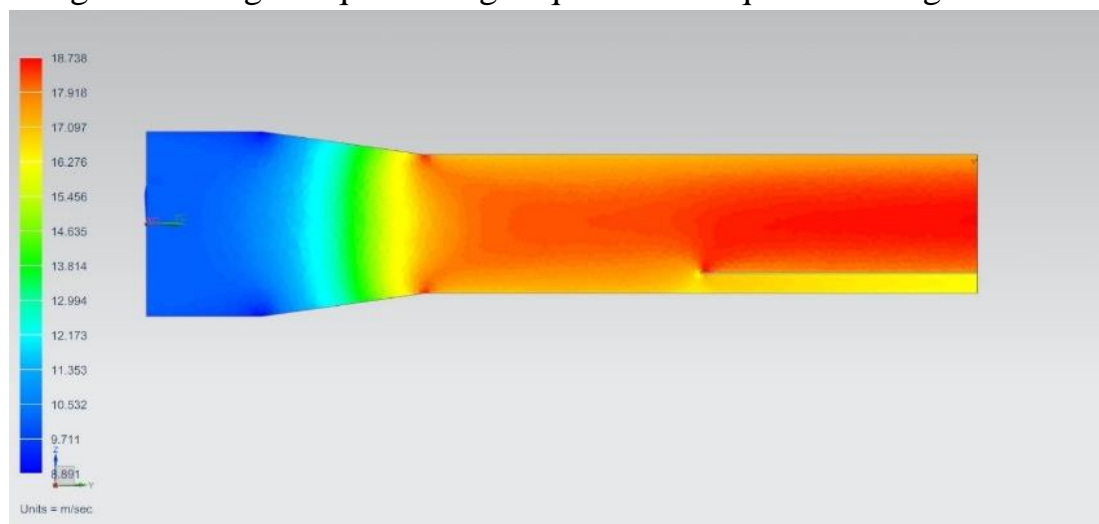
Ochiq konturli aerodinamik trubalarda oqimning kinetik energiyasi chiqish joyida yo'qolishi hisobiga quvvat isrof bo'lishi kuzatiladi [11].

2.2. Loyihalangan aerodinamik truba qismlari.

2.2.1. Ishchi qism.

Havo oqimining harakati bo'yicha ochiq konturli va yopiq ishchi qisimli sinov qurilmasi loyihalandi. Ushbu qurilmada kichik modellar sinovdan o'tkaziladi va ischi qismida 18-20 m/s gacha havo oqimini harakatlantirish imkoniyati bor.

Qurilmani undagi havoni yo'naltirish kanali va ishchi qismi bir hil diametrlilik, ko'ndalang kesimi aylana shaklidagi va uzviy bog'langan (tunnel) qilib loyihalandi. Tunnelning havo tezligi barqaror bo'lgan qismi ishchi qism deb belgilandi.



1-rasm. Aerodinamik trubada havo oqimi tezligi

Sinalayotgan model ishchi qismga joylashtiriladi. Ishchi qism aerodinamik trubaning eng tor qismi bo'lib, unda oqim tezligi maksimal qiymatga erishadi. Quyida ochiq va yopiq ishchi qismlarning afzallik va kamchiliklari ko'rib chiqilgan.

Ishchi qismning muhim parametri bu sinalayotgan modelning havoni to'sib qolishidir. Odatda bu parametr sinalayotgan modelning harakterli o'lchamini va ishchi qismning ko'ndalang o'lchami o'rtasidagi munosabatga bog'liq. Agar sinalayotgan model ishchi qismining ko'ndalang yuzasini ko'proq egallab olsa, ishchi qism devorlariga havo oqining urilishi eksperiment natijalariga katta ta'sir ko'rsatadi. Ochiq ishchi qisimli stendlarda ushbu ta'sir ko'rsatkichi yopiq ishchi qismlilarga nisbatan ancha kam. Shuning uchun ochiq ishchi qisimli aerodinamik trubalarda nisbatan katta o'lchamli modellarni sinash imkoniyati mavjud.

Aerodinamik trubadan foydalanish maqsadiga qarab ishchi qism turi tanlanadi, agar turli modellarda ko'plab sinovlar o'tkazish kerak bo'lsa ishchi qismga modelni oson joylash uchun jihozlanishi kerak. Yoki ochiq ishchi qisimli qurilmadan foydalanish maqsadga muvofiq. Lekin ochiq ishchi qisimli aerodinamik quvurlarda tashqi muhit ta'siri hisobga olinishi zarur.

Ochiq ishchi qismdagi turbulentlikni ta'minlash qiyinchiliklar keltirib chiqadi. Agar oqim turbulentligini kichik qiymatlari muhim bo'lsa, yopiq ishchi qismni tanlash kerak.

Ochiq ishchi qismning uzunligi odatda ko'ndalang o'lchamidan 1,5-2 barobar katta bo'lishi mumkin. Ochiq ishchi qismi bo'lgan aerodinamik trubalarda uzun modellarda sinov o'tkazish mumkin emas. Yopiq ishchi qismlar buni amalga oshirishga imkon beradi.

Yopiq ishchi qism bo'lgan trubalarda statik bosim ishchi qismi bo'ylab o'zgarishini ta'minlash uchun maxsus choralari ko'riladi. Devorlar va sinalayotgan model yuzasidagi ishqalanishlar oqim bosimining kamayishiga olib keladi.

Statik bosim o'zgarishiga yo'l qo'ymaslik uchun ishchi qismi ko'ndalang kesimida pastki qismini uzaytirish zarur. Umuman olganda, turli modellar uchun uzaytirilishi kerak bo'lgan masofa turlicha bo'ladi. Modelsiz yoki kichik o'lchamli modeli ishchi qism uchun masofaning kengayishi chegara qatlamining siljish qalinligiga teng tanlanadi. Ushbu qiymatni hisoblash uchun to'liq turbulent chegara qatlamidagi silliq plastinkadagi logarifmik tezlik profilidan foydalaniladi.

Ishchi qism kesimining shakli tekshirilishi kerak bo'lgan modellar turiga bog'liq. Masalan, samolyot modellarini sinash uchun mo'ljallangan aerodinamik trubalar ko'pincha elliptik kesim ega. Samolyot proyeksiyasi ushbu kesimga yaxshi mos keladi. Qanotlar ellipsning katta yarim o'qi bo'ylab joylashadi.

Avtomobillarni, qurilish modellarini sinovdan o'tkazish uchun mo'ljallangan ko'plab aerodinamik truba ishchi qismi kesimi to'rtburchaklar yoki ko'pburchaklar ko'rinishida bo'ladi.

Loyihalangan aerodinamik trubaning ishchi qismi 650 mm ni tashkil qiladi, ko'ndalang kesimi esa aylana shaklida. Sinov jarayonini kuzatish uchun nazorat oynasi o'rnatilgan. Avtomobil modeli o'rnatiladigan yuza tekis materialdan tayyorlandi. Ishchi qismga havoning tezligi va modelga tushayotgan yuklanishlarni o'lchash jihozlari joylandi.

2.2.2. Soplo

Birinchi aerodinamik trubalarda foydalanilayotganda aniq bo'ldiki, bir xil havo oqimini olish uchun maxsus qurilmalardan foydalanish lozim. Bir xil oqimni olish uchun asosiy qurilma soplodir. Soplo ishchi qismning oldida joylashgan va havo oqimini toraytiradigan kanalni ifodalaydi.

Bir xil oqim hosil qilishdan tashqari, soplo yana bir funksiyaga ega. Soplo past tezliklarda quvurning eng keng qismidan yuqori tezlikda eng tor qismiga o'tish vazifasini bajaradi.

Ko'pincha, soplo konturining nazariy formulasiga misol sifatida, aylana shaklida ko'ndalang kesim shakliga ega bo'lgan soplo uchun ideal suyuqlik modeli yordamida olingan Vitoshinskiy formulasi [1] berilgan. Biroq, bu formula har doim ham amalda qo'llanilmasligi mumkin. Soplarning havo oqimi kiruvchi va chiquvchi qismi turlicha bo'lgan aerodinamik trubalar ham mavjud. Misol uchun, AT-12 aerodinamik trubasi soplarning kirish qismi kvadrat ega, chiqish qismini esa aylana shaklida.

Soplo shaklini loyihalashda qarama-qarshi talablar hisobga olinadi. Bir tomondan, soplo uzunligi minimal bo'lishi kerak, shunda o'rnatish kamroq joy egallaydi. Boshqa tomondan, qisqa soplo bir xil oqimni ta'minlamaydi. Chiqish qismidagi soplo konturi oqim sifatiga katta ta'sir ko'rsatadi. Yaxshi natijaga soplo konturini shakli kubik parabola shakliga yaqinlashishi orqali erishiladi.

2.2.3. Ventilator

Odatda ventilator yopiq koturli aerodinamik trubalarda diffuzordan keyin yoki oqimni burish kanalidan keyin, oqimni qaytarish kanalidan avval o'rnatiladi. Havo oqimini hosil qilish uchun to'g'ri oqimli ventilator yoki markazdan qochma ventilatorlardan foydalanish mumkin. Katta qurilmalarda to'g'ri oqimli ventilatorlar ishlatiladi va ularda ventilator radiusi bir necha metrga yetadi. Tovush chiqishini kamaytirish maqsadida ventilatorning aylanish chastotasiga cheklov o'rnatilishi mumkin. Maksimal aylanma tezlik 180-200 m/s dan ko'p bo'lmagan holda tanlanadi. Tezlikning oshib ketishi ventilatorning samaradorligi pasayishiga va shovqinning oshishiga olib keladi. Oqim tezligi ventilatorning aylanish chastotasini o'zgartirish orqali boshqariladi. Ikki yoki undan ortiq ventilatorlar yonmayon ko'ndalang kesimi ellips shaklida o'rnatiladi.

Loyihalangan qurilma uchun to'g'ri oqimli ventilator tanlab olindi.

2.2.4. Anemometr

Ishchi qismda harakatlanayotgan oqimning tezligini o'lchashda anemometrlardan foydalaniladi. Hozirgi kunda raqamli anemometrlar keng tarqalgan. Zamonaviy anemometrlarda havo haroratini o'lchash uchun datchiklar ham qo'shilgan. Bu bir vaqtning o'zida oqim tezligi va harorati haqidagi axborotni olish imkoniyatini beradi. Qurilmada foydalanilgan raqamli anemometrning tavsifi:

Haroratni o'lchash diapozoni $-10 \dots +50^{\circ}\text{C}$,

o'lchashdagi xatolik $\pm 5^{\circ}\text{C}$,

o'lchash chastotasi 0,5 sek.

Tezlikni o'lchash diapozoni 0,4 \dots 20 m/s,

o'lchashdagi xatolik 0,2 m/s.

2.2.5. Dinometr

Sinov natijalari aniq chiqishi uchun tenzometrik turidagi dinometrlardan foydalanish maqsadga muvofiq. Bundan tashqari elektromagnitli yuklanishni o'lchash vositalari ham qo'llanilmoqda. Sinalayotgan model va dinometr orasida magnit oqimi orqali natijalar olinadi. Lekin sinov modelini magnitli materialdan va sinov maydonini nometall materiallardan tayyorlash birmuncha qiyinchiliklar tug'diradi.

Tenzometrik tipdagi dinometrlar bir qator afzalliklarga ega. Birinchidan o'lchami kichik ikkinchidan esa yuqori aniqlikka ega. Ushbu dinometrlardan foydalanish qulayligi va soddaligi uchun ko'plab tadqiqotchilar tomonidan foydalanilmoqda. Aerodinamik tadqiqotlarda aynan tenzometrik turdagi dinometrlar qo'llaniladi [15]. Tenzometrik datchik o'rnatilgan tayanchga tushgan kuch natijasida deformatsiyalanadi va undagi tok qarshiligi o'zgaradi. Sezgir sxema yordamida qarshilik qiymati aniqlanadi va mos ravishda kuchlanish qiymatiga integratsiyalanadi.

3. TAJRIBA METODI

Yopiq ishchi qismli va ochiq konturli aerodinamik truba tok manbasiga ulanadi. Talab etiladigan kuchlanish 200-220V. Sinov stendida oqimning qiymatini o'zgartirishga ventilatorga kelayotgan kuchlanishni o'zgartirish orqali erishiladi.

Sinalayotgan model ishchi qismga o'rntiladi. Bunda modelning bo'ylama o'q chizig'i oqim yo'nalishiga parallelligi ta'minlanishi kerak.

Dinometr va anemometr ishchi holatga tushiriladi, so'ngra havo oqimini hosil qilinadi. Ya'ni ventilatorga kuchlanish beriladi. Dastlab past diapozonlarda, sekin asta yuqori diapozonlarga oshirib boriladi. Har bir bosqichda havoning tezligi va yuklanish qiymati qayd etib boriladi.

Sinov uchun minivan tipidagi avtomobilning masshtablashtirilgan modeli tanlab olindi. Modelning old yuzasi - 12213mm^2 .

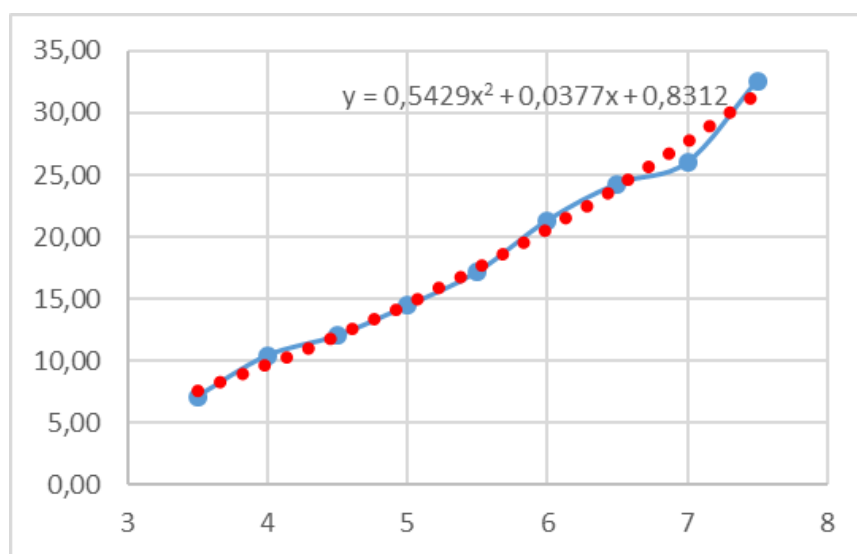
4.TAJRIBA NATIJALARI

Model ishchi qismga yuqorida ko'rsatilgan tartibda joylashtirildi. 3,5m/s tezlikdan boshlab sinov jarayoni boshlandi va har 0,5m/s oraliqdagi natijalar quyidagi jadvalga qayd etildi. Sinov natijalari aniqligini oshirish uchun natijalar 100 marta katta qilib olindi.

1-jadval

t/r	Havo oqimining tezligi	Sinov modeliga ta'sir qilayotgan havoning qarshilik kuchi, $10^{-2}N$							O'rtacha qiymat
		1-sinov	2-sinov	3-sinov	4-sinov	5-sinov	6-sinov	7-sinov	
1	3,5	6,96	6,92	7,17	7,03	7,32	7,35	7,09	6,9
2	4	10,55	10,56	10,52	10,13	10,21	10,31	10,40	10,51
3	4,5	12,3	12,08	12,01	12	12,04	12,06	12,02	11,64
4	5	14,47	14,58	14,31	14,53	14,18	14,19	14,43	14,73
5	5,5	17,11	17,04	17,78	16,75	16,62	17,25	17,16	17,57
6	6	20,89	20,21	22,33	21,89	21,23	21,61	21,30	20,95
7	6,5	24,26	24,34	24,71	24,63	24,07	24,36	24,28	23,62
8	7	26,42	25,79	25,86	25,71	26,02	26,05	26,01	26,22
9	7,5	30,87	32,46	34,36	34,27	33,23	31,55	32,61	31,5

Qarshilik kuchlarining o'rtacha qiymatlarini mos tezliklarga bog'lab, quyidagi diagrammani hosil qilamiz. Natijalarga statistik ishlov berib, ma'lum qonuniyatga ega bolgan funksiya olindi (qizil nuqtali chiziq). Demak sinov modeli uchun havoning qarshilik kuchi $y = 0,5429x^2 + 0,0377x + 0,8312$ funksiya bo'yicha ta'sir qiladi. O'zgaruvchi x - tezlikni ifodalaydi.



1-diagramma. Havo tezligi (X o'qi) va qarshilik kuchi (Y o'qi) bog'lanishi

5. Xulosa

Avtomobil prototiplarida havoning aerodinamik qarshiligini, suyrilik (obtekeyemost) koeffitsiyentini aniqlash imkonini beruvchi “Aerodinamik truba” sinov stendi yaratildi. Sinov o‘tkazishning birinchi bosqichida avtomobil prototiplarining old yuzasi, yelkanlik markazi aniqlandi.

O‘tkazilgan sinov natijalariga matematik statistikaning taqsimot qonuniyatlari vositasida ishlov berildi va olingan analitik natijalar eksperimental qiymatlar bilan approksimatsiyalanishi Pirson moslik kriteriyalari yordamida aniqlandi.

Havo tezligining tekis tezlanuvchan qiymatlarida avtomobil prototiplariga ta’sir qiluvchi yuklanish miqdorining o‘zgarish funksiyasi aniqlandi.

6. ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. B. A. Kayumov, D. P. Ergashev. (2023). Design and test results of wind tunnel for car prototypes. *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal*, 11(1), 81–90. Retrieved from
2. Cooper, K. Closed-Test-Section Wind Tunnel Blockage Corrections for Road Vehicles; Special Publication SAESP1176, Society of Automotive Engineers; SAE: Detroit, MI, USA, 1996.
3. Glauert, H. Wind Tunnel Interference on Wings, Bodies and Airscrews; DTIC Document, No. ARC-R/M-1566; Aeronautical Research Council: London, UK, 1933
4. Hucho W. H. (ed.). *Aerodynamics of road vehicles: from fluid mechanics to vehicle engineering*. – Elsevier, 2013.
5. M. Abid, H. A. Wajid, M. Z. Iqbal, S. Najam, A. Arshad, and A. Ahmad, “Design and analysis of an aerodynamic downforce package for a Formula Student Race Car,” *IJUM Eng. J.*, vol. 18, no. 2, pp. 212–224, 2017.
6. Mercker, E.; Wiedemann, J. On the Correction of Interference Effects in Open Jet Wind Tunnels; Technical Paper; SAE: Detroit, MI, USA, 1996.
7. P. Epple, M. Hellmuth, and S. Gast, “Ground effect on wings for formula student race cars,” in *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, 2017, vol. 7.
8. P. Epple, T. Essler, G. Bloch, V. Below, and S. Gast, “Aerodynamic devices for Formula Student race cars,” in *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, 2014.
9. T. Ragavan, S. Palanikumar, D. Anastraj, and R. Arulalagan, “Aerodynamic Drag Reduction on Race Cars,” *J. Basic Appl. Eng. Res.*, vol. 1, no. 4, pp. 99–103, 2014.

10. V. Muralidharan, A. Balakrishnan, V. K. Vardhan, N. Meena, and Y. S. Kumar, “Design of Mechanically Actuated Aerodynamic Braking System on a Formula Student Race Car,” J. Inst. Eng. Ser. C, vol. 99, no. 2, pp. 247–253, 2018.
11. Аэродинамическая трубы малых скоростей: Учеб. пособие / А.Н.Рябин – СПб.2017. 25 с
12. Евграфов А. Н. Аэродинамика автомобиля. – МГИУ, 2010.
13. Каюмов, Б. А., Эргашев Д. П. Анализ воздушной силы цилиндров и конусов в программе виртуальных испытаний // Автотракторостроение и автомобильный транспорт : сборник научных трудов : в 2 томах. – Минск : БНТУ, 2022. – Т. 2. – С. 337-340.
14. Королев Е. В., Жамалов Р. Р. Аэродинамическое сопротивление плохо обтекаемых тел //Вестник НГИЭИ. – 2011. – Т. 2. – №. 1 (2). – С. 61-77.
15. Нифонтова Л. С., Чавриков И. Е., Кальницкий П. В. Методы аэродинамического эксперимента //Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – №. 12-3 (54). – С. 153-156.
16. Рабинович Э. Х. и др. Измерение аэродинамического сопротивления движению автомобиля дорожным методом //Метрологія та вимірювальна техніка: VIII Міжнар. наук.-техн. конф.“Метрологія-2012”[Електронний ресурс]: наук. праці. Харків: ННЦ “Інститут метрології. – 2012. – С. 390-393.
17. Харитонов А. Техника и методы аэрофизического эксперимента. – Litres, 2019.