

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сатбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты

Білдекжасау, материалтану және машинажасау өндірісінің технологиясы
кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі
PhD д-ф. қауым. профессоры
Арымбеков Б.С.
« 8 » _____ 2019 ж.



Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «SURT жарыс машинасының жылдамдату тетік үдерісін
жетілдіру»

5B071200 – Машинажасау

Орындаған

Сағи Н.С.


Пікір беруші
Техн. ғыл. кан.

« 10 » _____ 2019 ж.
Курмангалиева Л. А.



Ғылыми жетекші

PhD д-ф. қауым. профессоры
Арымбеков Б.С.
« 8 » _____ 2019 ж.



Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты

«Білдекжасау, материалтану және машинажасау өндірісінің технологиясы»
кафедрасы

5B071200 – Машинажасау

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі,
PhD д-ф. ғауым. профессоры
Б.С. Арымбеков Арымбеков Б.С.
« » 2019 ж.

**Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Сағи Нұрсұлтан Сағынғалиұлы*

Тақырыбы «SURT жарыс машинасының жылдамдату тетік үдерісін жетілдіру»
Университет ректорының «06» қараша 2018 ж. №1252-6 бұйрығымен
бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «16» сәуір 2019 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы берілістері SURT жарыс машинасының
жылдамдату тетік үдерісін жетілдіру.

Есеп-түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтардың тізімі мен
қысқаша диплом жобасының мазмұны:

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі

- а) жарыс машинасының аэродинамикасын зерттеу;
- б) арнайы бөлім;
- в) қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі;
- г) экономикалық тиімділігін есептеу;

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)




Сызбалық материалдар __ плакаттармен көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет: __ атау


Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ

| Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәліметтер тізімі | Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері | Ескерту |
|--|--|---------|
| Кіріспе. Дипломдық жобаның тақырыбын таңдауға негіз | 08.02.19-09.03.19 | |
| Негізгі бөлім | 09.03.19-24.03.19 | |
| Арнайы бөлім. SURT автомобилінің аэродинамикасын зерттеу | 24.03.19-02.04.19 | |
| Экономика бөлімі | 02.04.19-08.04.19 | |
| Еңбек қорғау бөлімі | 08.04.19-15.04.19 | |

Дипломдық жоба бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жобаға қойған
қолтаңбалары

| Бөлімдер атауы | Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы) | Қол қойылған күні | Қолы |
|---------------------|--|-------------------|---|
| Еңбек қорғау бөлімі | Арымбеков Б.С. PhDд-ф.,қауым. профессоры | |  |
| Экономикалық бөлім | Арымбеков Б.С. PhDд-ф.,қауым. профессоры | |  |
| Норма бақылау | Карпеков Р.К., лектор | 12.04.19 |  |

Ғылыми жетекші _____  Арымбеков Б.С.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____  Сағи Н. С.

Күні _____ «___» _____ 2019 ж.

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте рассматриваются варианты улучшения аэродинамики и снижение давления на кузов автомобиля. Легкий вес болида нужен для участия в Shell Eco-Marathon Asia 2018. Хорошая аэродинамика и низкий коэффициент аэродинамического сопротивления способствует легкой езде. Для того, чтобы добиться наилучшего результата аэродинамического сопротивления, были определены давления и размеры, наиболее подходящего варианта болида. CFD симуляцию проходят два варианта кузова, с целью выбора наилучшего варианта и определение разности сопротивления воздуха. Симуляция была проведена с учетом всех размеров, статического давления, прижимной силы, аэродинамической силы, а также вращения колес болидов и скорости передвижения. Таким образом было выявлено минимальное число коэффициента аэродинамического сопротивления. Также проект включает в себя подробную информацию о аэродинамике болидов.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жобада аэродинамиканы жақсарту және автомобиль шанағындағы қысымды төмендету нұсқалары қарастырылды. Болидтің жеңіл салмағы Shell Eco-Marathon Asia 2018 қатысу үшін қажет. Жақсы аэродинамика және төмен аэродинамикалық кедергі коэффициенті жеңіл жүруге ықпал етеді. Аэродинамикалық кедергінің ең жақсы нәтижесіне жету үшін қысым мен өлшемдер, болидтің ең қолайлы нұсқасы анықталды. CFD симуляция ең жақсы нұсқаны таңдау және ауа кедергісінің айырымын анықтау мақсатында шанақтың екі нұсқасынан өтеді. Симуляция барлық өлшемдерді, статикалық қысымды, қысу күшін, аэродинамикалық күштерді, сондай-ақ болид дөңгелектерінің айналуын және қозғалыс жылдамдығын есепке ала отырып жүргізілді. Осылайша аэродинамикалық кедергі коэффициентінің ең аз саны анықталды. Жоба болидтердің аэродинамикасы туралы толық ақпаратты қамтылады.

ANNOTATION

In this thesis project explores options to improve the aerodynamics and reduce the pressure in the vehicle. The light weight of the car need to participate in the Shell Eco-Marathon Asia in 2018. Good aerodynamics and low drag coefficient contribute to easy driving. In order to achieve the best result of aerodynamic drag, the pressure and dimensions of the most suitable variant of the car were determined. CFD simulation are two variants of the body, in order to select the best option and determine the difference in air resistance. The simulation was carried out taking into account all dimensions, static pressure, downforce, aerodynamic force, as well as the rotation of the wheels of the cars and the speed of movement. Thus, the minimum number of drag coefficient was revealed. The project also contains complete information about the aerodynamics of cars.

МАЗМҰНЫ

| | | |
|-----|---|----|
| | Кіріспе | 9 |
| 1 | Shell Eco Marathon жарыс машинасына қойылатын талаптар мен ережелер | |
| 1.1 | Prototype ережелері..... | 11 |
| 2 | Аэродинамиканың жалпы ережелері..... | 12 |
| 2.1 | Аэродинамикалық кедергі..... | 12 |
| 2.2 | Бернулли әсері..... | 14 |
| 3 | Аэродинамиканы жақсартатын элементтер..... | 15 |
| 3.1 | Қанаттар мен антиқанаттар..... | 15 |
| 3.2 | Қысу күші және қарсылық күш..... | 16 |
| 3.3 | Алдыңғы қанатша..... | 17 |
| 3.4 | Артқы антиқанат..... | 18 |
| 3.5 | Диффузор..... | 19 |
| 3.6 | Бүйірлік дефлекторлар..... | 20 |
| 4 | ISU V2.0 автомобилін жасау..... | 21 |
| 5 | Taiburyl болидінің аэродинамикасын тексеру..... | 23 |
| 5.1 | Taiburyl болидінің моделін дайындау..... | 23 |
| 5.2 | Торды зерттеу (Meshing)..... | 24 |
| 5.3 | Симуляция нәтижелері..... | 26 |
| 6 | Еңбек қорғау бөлімі..... | 30 |
| 6.1 | Техника қауіпсіздік ережелері..... | 30 |
| 7 | Экономикалық бөлім..... | 32 |
| | Қорытынды..... | 33 |
| | Пайдаланылған әдебиеттер тізімі..... | 34 |

КІРІСПЕ

Satbayev University Racing Team (SURT) – университет студенттерінен құралған команда. SURT командасының негізгі мақсаты – әлемдік жарыстарда қойылатын талаптарға сай арнайы автомобильдерді жобалап құрастыру. SURT командасы қазіргі кезде энерготіімді 2 прототип құрастырды. Shell Eco-Marathon жарысы үшін, қойылған талаптарына сай құрастырылған прототип. Shell Eco-Marathon – «Шелл» компаниясы ұйымдастырған студенттік командалар арасында ең энерготіімді автомобиль атағын иемдену үшін жылда болатын жарыс. Жарысқа Азия - Тынық мұхиты аймағы мен Таяу Шығыстан студенттік командалар қатысады. Биыл «Shell Eco-Marathon Asia 2019» Малайзия мемлекетінде, Куала- Лумпур қаласында өтеді . Жарыс аясында екі көлік класы бар ең жоғары ықтимал отын тиімділігіне қол жеткізу үшін автомобиль техникасын жасау болып табылады. Прототип және UrbanConcept үш энергетикалық санаттары бар: батарея-электр, этанол және іштен жану қозғалтқышы.

SURT командасы жарысқа ең алғаш қадамын 2018 жылы Сингапур қаласында өткен Shell Eco-Marathon Asia 2018 жарысында iSU Prototype 1.2 автомобильмен бастады. iSU Prototype 1.2 этанол (E95) жанармаймен жүретін Қазақстан бойынша студенттер арасында Сәтбаев университетінде құрастырылған ең алғашқы автомобиль. Жарыс нәтижесінде ең әдемі және инновациялы 10 көліктің қатарынан көрінді. iSU 1 литр жанармаймен 171 километрге дейінгі арақашықтықты жүріп өте алады.

Сәтбаев студенттері өзінің экомобильін жетілдіру мақсатында 2019 жылғы жарысқа жаңа автомобиль жасауды шешті . Нәтижесінде «Taiburyl Prototype 3.0» автокөлігі құрастырылып жатыр.

«Taiburyl Prototype 3.0» автокөлігінің корпусы жеңіл, әрі берік болу мақсатында көптеген тәжірибелер жүргізе отырып карбоннан жасайтын болды. Себебі машинаның энерготіімділігін арттырып , жылдамдығын арттыру үшін салмақты азайту керек болды . Машина жеңілдесе жанармай жағуы азаяды.

«Taiburyl Prototype 3.0» энерготіімді болидінің салмағы жеңіл, аз жанармайды қажет етеді . Shell Eco-Marathon жарысының негізгі 12 сатылы техникалық талаптарына сай етіп жасалу көзделді. Бұл жұмыста Taiburyl болидінің аэродинамикасын қарастырамыз.

Аэродинамика салалары көлік құралы конструкциясының маңызды бөлігі болып табылады, және егер мұқият жоспарланған болса, өнімділігі жоғарылауы мүмкін. Көлік құралын басқару салқындату және отын шығыны аэродинамиканың үлкен әсеріне байланысты болып табылады. Taiburyl – бұл шағын іштен жану қозғалтқышы, алдыңғы дөңгелектерді рульдік басқару жүйесі бар аэродинамикалық дизайнға сәйкес келетін көміртекті талшықты жеңіл корпусы бар көлік. Байқаудың мәлімделген идеясы отын шығынын төмендету болып табылады, сондықтан салмақ пен аэродинамиканың маңыздылығы шешуші мәнге ие. Taiburyl-дың салмағы 40-кг-ға жуы. Алайда, дене пішіні

аэродинамикаға қатысты бәсекеге қабілетті болып саналмайды, тіпті кедергіні азайту үшін оңтайлы нысан ретінде қарастырылады. Осы жобаның мақсаты – Taiburyl-дың аэродинамикалық күштерді зерттеу.

1 Shell Eco Marathon жарыс машинасына қойылатын талаптар мен ережелер

1.1 Prototype ережелері

39 - БАП: ӨЛШЕМДЕР

- a) көлік құралының ең жоғары биіктігі 1000 мм-ден кем болуы тиіс.
- b) Көлік құралы жолтабанының ені шеткі дөңгелектердің шиналары жерге қатысты орта нүктелер арасында кемінде 500 мм құрауы тиіс.
- c) биіктіктің еніне қатынасы 1.25-тен кем болмауы тиіс.
- e) көлік құралының ең жоғарғы жалпы ені 1300 мм-ден аспауы тиіс.
- f) ең жоғарғы жалпы ұзындығы 3500 мм-ден аспауы тиіс.
- g) көлік құралының жүргізушісіз максималды салмағы 140 кг құрайды.
- h) жоғарыда көрсетілген дене өлшемдерінің ешқайсысына "жабыстыру" сияқты конструктивтік ерекшеліктердің көмегімен қол жеткізілмеуі тиіс.

2 Аэродинамиканың жалпы ережелері

2.1 Аэродинамикалық кедергі

Аэродинамикалық кедергі 1-суретте көрсетілгендей автомобиль шанағының жанынан өтетін ауа нәтижесінде туындайтын осьтік немесе бойлық күш ретінде анықталады. Ол автокөлік қозғалысына қарсы күш болып табылады. Көлік құралының аэродинамикалық кедергісі екі құрамдауышпен-қысым кедергісімен және қаптаманың үйкелуімен анықталады. Кедергінің баламалы көрінісі көлік құралының ізіндегі ауа импульсін жоғалту, сондай-ақ осы әуе құйындарына және көлік құралымен генерацияланатын басқа да құйындарға берілетін айналу энергиясы болып табылады. Кедергіні әр түрлі аймақтар мен болид бөліктеріне ұқсас компоненттерге бөлуге болады; автомобильдің алдыңғы ұшы мен автомобиль қысымының артқы бөлігі, дөңгелектің кедергісі, шанақтың төменгі бөлігінің кедергісі, шығыңқы кедергісі және дененің жоғарғы беттің үйкелуі. Автомобильдің артқы бөлігіндегі қысымның кедергісі автомобиль шанағының артқы бөлігіндегі қысымның қалпына келтірілуі мүмкін дәрежемен сипатталады.

$$C_d = \frac{F_d}{0.5\rho V^2 A} \quad (2.1)$$

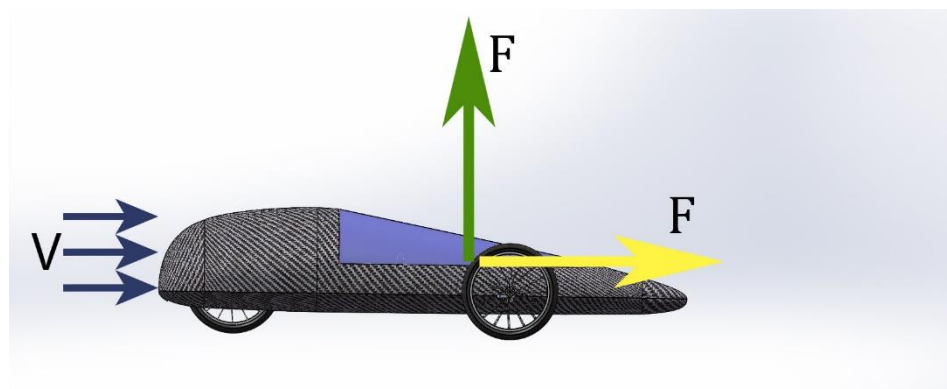
мұнда F_d – кедергі күші, Н;

ρ – бос ағын ауасының тығыздығы, кг/м³;

V – бос ағын ауасының жылдамдығы, м/с;

A – автомобильдің алдыңғы қимасының проекциялық ауданы, м².

Кедергінің күші көліктің алға жылжуына қарсы аэродинамикалық күш болып табылады. Бұл күш қысым компоненттерінің үстіңгі интегралы және күшті автомобиль қозғалысы бағытында ығыстырады. Кедергінің күші аэродинамикалық түтікте өлшенген жағдай сияқты эксперименталды түрде өлшенуі немесе CFD қолданылған жағдайда есептелуі мүмкін.



2.1-сурет – Күштердің бағыттары

Есептеу гидродинамикасы (CFD) – бұл айналадағы немесе дене арқылы ағындарды модельдеу үшін сандық әдістер мен алгоритмдерді пайдалану. Барлық ағындарды үш теңдеумен сипаттауға болады студенттерінен құралған команда . SURT командасының негізгі мақсаты:

$$- \text{Үздіксіздік} : \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (2.2)$$

$$- \text{Импульс теңдеуін сақтау: } \frac{\partial \rho u_i}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i u_j}{\partial x_j} = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho f_i \quad (2.3)$$

- Энергетикалық теңдеуді сақтау:

$$\frac{\partial \rho E}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_j E}{\partial x_j} = \rho q + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(k \frac{\partial T}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial u_j p}{\partial x_j} + \frac{\partial u_i \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho f_i u_i \quad (2.4)$$

Ағын қысылмайды және температура тұрақты деп болжасақ, энергия теңдеуін шешудің қажеті жоқ, және үздіксіздік теңдеулері мен импульс келесі теңдеуге дейін жеңілдетіге болады:

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0; \quad \rho \frac{\partial u_i u_j}{\partial x_j} = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho f_i \quad (2.5)$$

$$\text{Бұл жерде, } p = \rho R T \quad (2.6)$$

Егер Рейнольдс орташаланған Навье Стокс (RANS) айнымалылары теңдікке қойылса, онда ол осылай көрінеді:

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0 ; \quad \rho \bar{u}_j \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} = - \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu \frac{\partial \bar{u}}{\partial x_j} - \rho \overline{u_i u_j} \right) \quad (2.7)$$

K_ϵ моделі турбуленттік тұтқырлық коэффициентін (құйынды тұтқырлық) енгізеді, ол былай жазылады:

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\epsilon} \quad (2.8)$$

Стандартты модель үшін коэффициент C_μ 0.09 тең, бірақ ол іске асырылатын модельде есептеледі.

K_ϵ турбуленттік кинетикалық энергия және теңдеудің диссипациясы болып табылатын екі негізгі теңдеулері бар, оны Поуп мына түрде келтірген:

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \overline{U}_i \frac{\partial}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{v_t}{\partial \sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_i} \right) + v_t \left(\frac{\partial \overline{U}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{U}_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial \overline{U}_i}{\partial x_j} - \varepsilon \quad (2.9)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \overline{U}_i \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} = C_{\varepsilon 1} \sqrt{S_{ij} S_{ij}} \varepsilon - C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k + \sqrt{v \varepsilon}} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\left(v + \frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} \right) \quad (2.10)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_i u_j) = \frac{\partial P}{\partial x_i} \quad (2.11)$$

2.2 F-1. Бернулли Әсері

Бернулли әсері F1 болидтерінің аэродинамикалық беттерінің жұмысында үлкен рөл атқарады. Бернуллидің әсері «Бернулли теңдеуі» ретінде белгілі теңдеумен көрінеді, ол заттың осы көлемінің жалпы энергиясы өзгермейді; және бұл энергияның консервативтілігі қағидатына сүйенеді. Біз салыстырмалы қозғалысты қарастырғанда, энергия үш бөлікке бөлінеді: 1) ауадағы қысым; 2) ауаның кинетикалық энергиясы (қозғалыс энергиясы); 3) ауаның әлеуетті энергиясы. Және бұл жағдайда теңдеудің түрі:

$$p + \frac{1}{2} \rho V^2 + \rho g h = const \quad (2.12)$$

мұндағы p – қысым, Н/м²;

ρ – тығыздық, кг/м³;

V – ауа жылдамдығы, м/с;

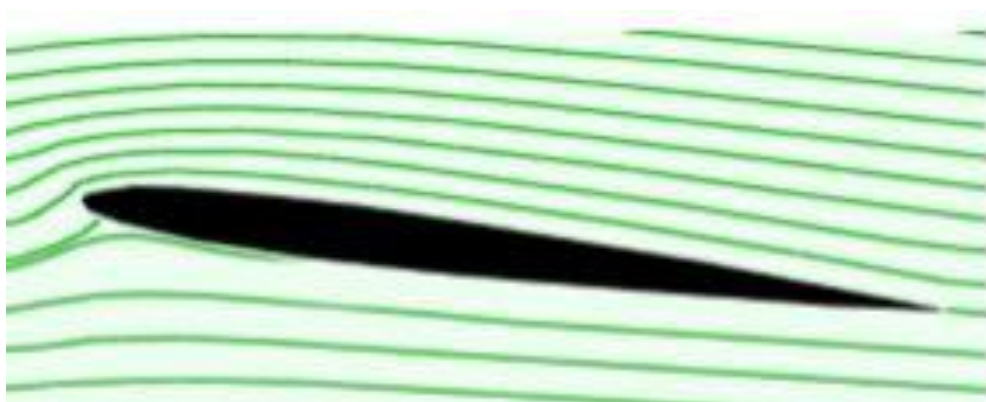
g – ауырлық күшінің үдеуі, м/с²;

h – белгілі бір деңгейге қатысты биіктік, м.

3 Аэродинамиканы жақсартатын элементтер

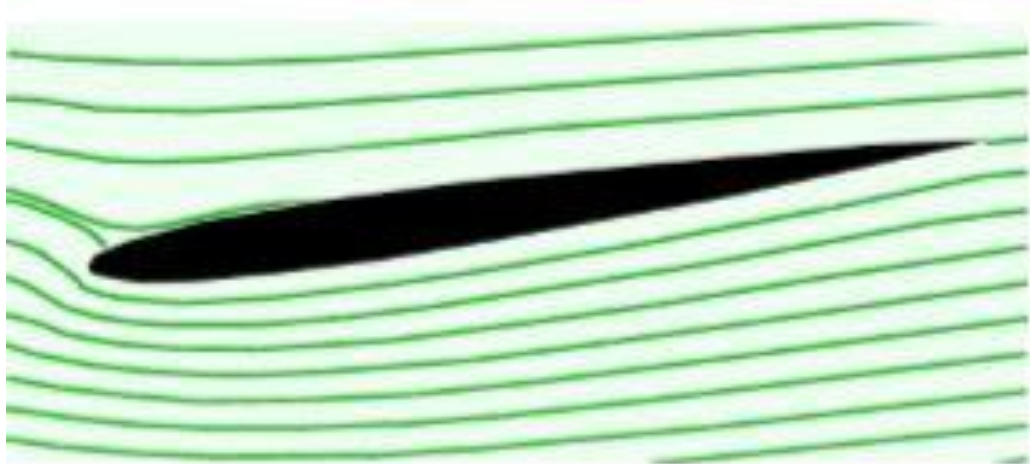
3.1 Қанаттар мен антиқанаттар. Жалпы ережелер

Ұшақтың «қарапайым» қанатының аэродинамикалық құрылымын қарастырайық. Қанат ауаны кесіп, әуе кеңістігінің екі жалған бөлігін, дәлірек айтқанда, екі түрлі әуе ағынын құрайды. Ағындардың бірі бетінің астында, екіншісі – үстінен жылжиды. Қанаттың конструкциясына байланысты жоғарғы әуе ағынының бөлшектері қанаттан әрі қозғалады, төменгі ағынмен тікелей қарама-қарсы жағдай. Бұл жоғарғы ағынның төменгі ағынының едәуір тезірек екенін тудырады. Қанатты астында Бернулли Заңы бойынша қанатқа қарағанда үлкен қысым болады, бұл көтергіш күштің пайда болуына ықпал етеді (3.2-сурет).



3.1-сурет – Қанат

Қанаттарға қарсы кері жағдай. Антикрылья мүлдем сол қағидат бойынша жұмыс істейді, бірақ трассаға «қысылу» әсерін қамтамасыз етеді, бұл нысан есебінен болады (3.3-сурет). Яғни, кәдімгі қанатты төмен қарай бұру жеткілікті.



3.2-сурет – Антиқанат

3.2 Қысу күші және қарсылық күші

Бұл F1 болидінің барлық аэродинамикалық құрылымы арналған екі күш. Антикрыльдер мен болидің конструкциялары оңтайлы болуы тиіс, яғни қысу күшін қамтамасыз ету ауа кедергісінің Күшін туындатпайтындай іске асырылуы тиіс, және болидің өзі осы күшті еңсеруге барынша бейімделген болуы тиіс. Кедергі күшін есептеу үшін келесі формула қолданылады

$$F = \frac{c_{xв} \rho S V^2}{2} \quad (3.1)$$

мұнда F – аэродинамикалық кедергінің күші, Н;

x – аэротіріс коэффициенті;

V – объектінің жылдамдығы, м/с;

S – маңдай ауданы, м²;

ρ – айналымалы ауа тығыздығы, кг/м³.

Төменде келтірілген суретте объектінің бетіне байланысты x коэффициентінің мәнін көрсетеді.

| Нысаны | | Кедергі коэффициенті |
|-------------------|--|----------------------|
| Сфера | →  | 0.47 |
| Жарты сфера | →  | 0.42 |
| Конус | →  | 0.50 |
| Текше | →  | 1.05 |
| Бұрышты текше | →  | 0.80 |
| Ұзын цилиндр | →  | 0.82 |
| Қысқа цилиндр | →  | 1.15 |
| Ағатын дене | →  | 0.04 |
| Ағатын жарты-дене | →  | 0.09 |

3.3-сурет – x коэффициенттерінің мәні

3.3 Алдыңғы қанатша

Болидтің алдыңғы қанатшасы барлық қысу күшінің 25% - ға жуығын қамтамасыз етеді, бірақ бұл сан болид шамамен 20 м қашықтықта қалған кезде 10% - ға дейін төмендеуі мүмкін. Сондай-ақ болидтер бұрылыста болғанда, артынан келе жатқан қысу күшін жоғалтудан дамыған жылдамдыққа бұра алмайды, осылайша ұшқыш бұрылысты қауіпсіз өту үшін жылдамдықты лақтыруға тура келеді. Ені болидтің еніне сәйкес келетін алдыңғы антиквал пилондардың көмегімен мұрын ағуына бекітіледі. Бұл аэродинамикалық бетте екі Элерон бекітіледі, олардың әрқайсысы Қанаттың реттелетін бөлігі болып табылады. Әдетте, бұл жабындар карбонның тұтас бөлігінен жасалады. Аникрылдың аяқтарында (сол және оң жақта) аникрылдың бетіне қатысты жоғары және төменнен ауа ағынының өтуін қамтамасыз ету үшін арнайы бүйірлік пластиналар бекітіледі. Элерон конструкциясы, ол ассиметриялық орталық бөліну вообразимой сызығына қатысты Өзі болып табылады (егер алдыңғы болидке қарайтын болсақ): элеронның мұрын ағуына жақын болған сайын, оның ені соғұрлым аз (3.4-сурет).



3.4-сурет – Алдыңғы антиқанаттың элерондары

Мұндай ерекшелік элерона мүмкіндік береді еніп, радиатор көпшілігіне, ауа өткізбеуі әуе ағыны бойынша «түбі» болида, содан кейін түседі диффузор қамтамасыз ете отырып, прижимную күші. Егер элерондарда мұндай тарылуы болмаған жағдайда, радиатормен салқындату айтарлықтай азаяды және қозғалтқыштың температурасы айтарлықтай артады. Сондай-ақ, алдыңғы қанаттану төмен болған сайын, бұл соғұрлым әуе ағынының радиатор мен диффузорға енуіне әсер етеді, алайда қарсы қанаттану трассасын бастайтын сыни жағдай бар. FIA ережелеріне сәйкес трассаның және алдыңғы Қанаттың арасындағы ең аз қашықтық 40 мм болуы тиіс.

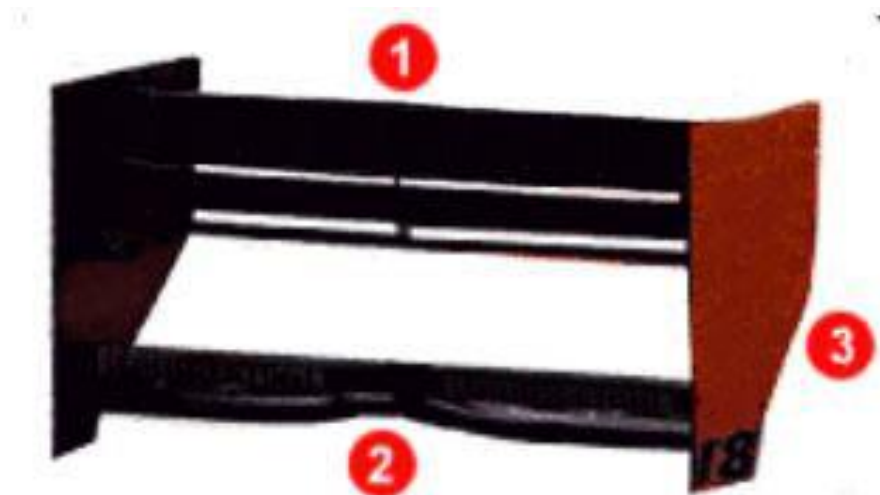
3.4 Артқы антиқанат

Ауа ағыны көптеген жабындылардан тұратын артқы антикрылға түседі, антикрал тарапынан белгілі бір реакциялар тудырады (3.5-сурет).



3.5-сурет – Артқықанаттағы ауа ағыны

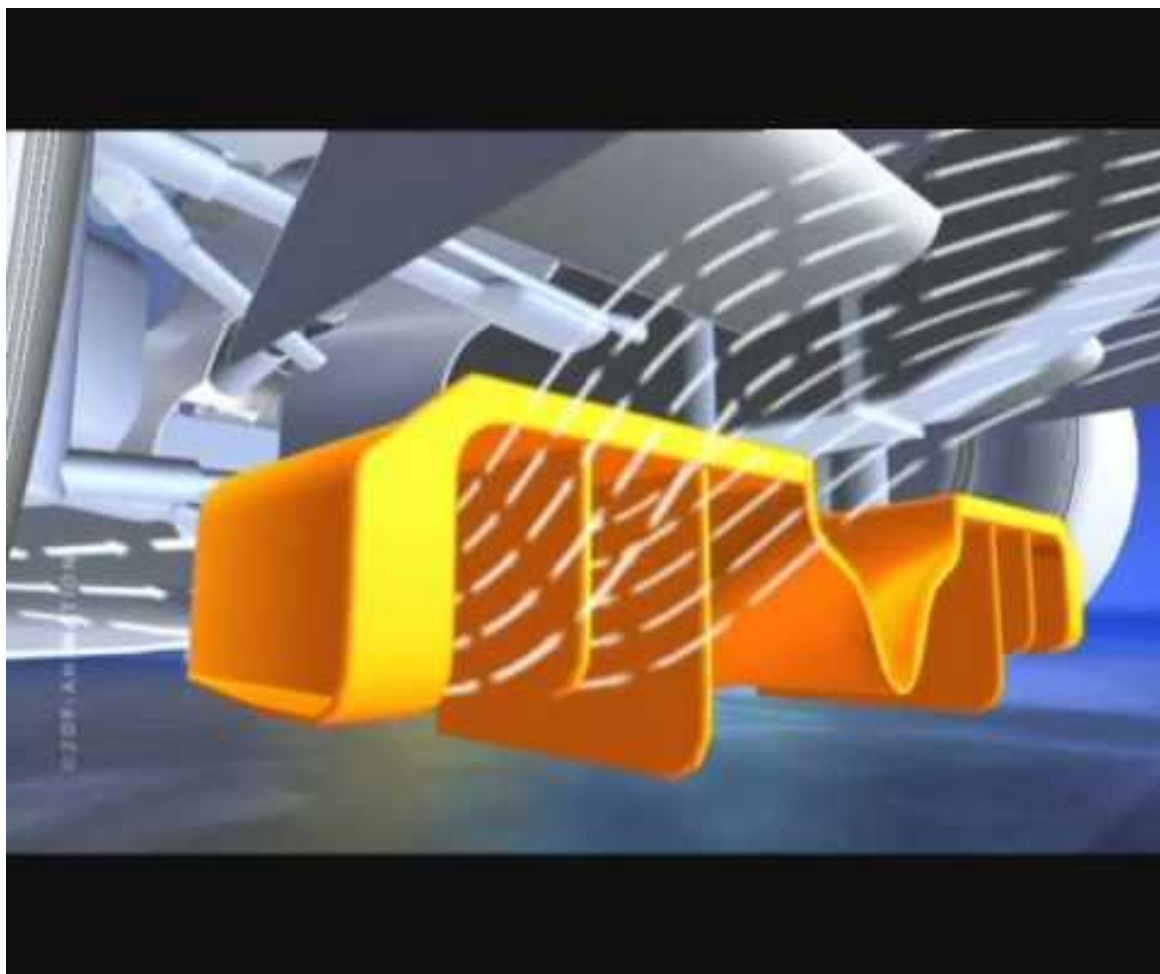
Барлық қысу күшінің шамамен үштен бір бөлігі болидтің артқы қанатын қамтамасыз етеді. Бұл құрылғы 1000 Н-дан астам қысым Күшін құра алады және 7 кг-ға жуық салмақ. Артқы антикрыло екі аэродинамикалық беттердің жиынтығынан жасалған, өзара байланысқан және 3 артқы антикрыл пластиналарына бекітілген. Мұндай пластиналардың жоғарғы жинағы 1 ең қысу күшін қамтамасыз етеді және әдетте трассадан трассаға дейін ең түр өзгертін болып табылады. Көп жағдайда бұл жоғарғы жинақ 3 элементтен тұрады. 2 төменгі жинағы әдетте екі элементтен тұрады (3.6-сурет).



3.6-сурет – Артқы қанаттың құрылымы

3.5 Диффузор

Болидтің ең кішкентай аэродинамикалық бөлшегі – диффузор. Диффузордың әрекет ету принципі антикрылдың әрекет ету принципіне қарама-қарсы: ауаны итерудің орнына диффузор оны сорады. Бұл әсер аэродинамикалық пішіннен алынады. Диффузор автомобильдің ең төменгі, " артқы " бөлігінде орналасқан. Диффузор көлемі болидтің артқы бөлігіне жақындауына қарай артады (3.7-сурет)



3.7-сурет – Диффузор

Болид түбінен диффузорға түсетін ауа оның көлемін ұлғайту есебінен сиретілген болады, демек сору әсері. Диффузор «тонельчиктер» мен «бөлгіштерден» тұрады, олар жақсы сору үшін ауа ағындарын мұқият және дәл бақылайды. Диффузор пайдаланылған газдар аймағында болғандықтан, бұл оның конструкциясына қатаң талаптар қояды, әйтпесе (диффузор дұрыс құрылмаған және реттеген кезде) жылдамдық өзгерген кезде пайдаланылған газдар автомобильдің аэродинамикалық балансына әсер етеді.

3.6 Бүйірлік дефлекторлар



3.8-сурет – Бүйірлік дефлектор

Бұл құрылғы алғаш рет 1993 жылы қолданылды. Бүйірлік дефлекторларсыз ауа ағыны тікелей жүреді және, тиісінше, ауа жинағыштың артқы қабырғасына қарсы кедергіні жасай отырып, қысады. Дефлектор (егер мысал үшін сол жақтағы ауа жинағышқа қатысты қарастырсақ) сағат тіліне (алдыңғы түрі) қарсы ағысты бұрайды, және де ағын ауа жинағыштың ішіне кіргенде, ол болидтің ішіне, яғни салқындатылған бетке бағытталған. Осылайша, бүйірлік дефлекторлардың көмегімен 2 мақсатқа жетеді: қарсы кедергіні төмендету және тиімді салқындату. Олар, әдетте, алдыңғы доңғалақтар мен болидтің бүйір понтондары арасында орнатылады.

4 ISU V2.0 автомобилін жасау

Мамандар әзірлемелерін талдай отырып, жарыс машиналарының аэродинамикасы және

"SURT" инженерлері жеке элементтердің және жалпы ISU V2.0 автомобилінің ағылуы мен қысылу күшін өлшеуді өз бетінше жүргізе отырып, "SURT" инженерлері жолды анықтады жаңа болид аэродинамикасын оңтайландыру ISU V2.0: қысу күшін арттыру, автомобильдің артқы бөлігінде көтеру күшін азайту және ауа кедергісі, жақсарту қозғалтқыштың суыту жүйесінің радиаторларына ауаның келуі, артқы Қанаттың және диффузордың тиімділігін арттыру. Жаңа автомобильде, предшественник айырмашылығы, алдыңғы бөлігі аз шабуыл бұрышы, бұл саңылауды арттыруға мүмкіндік береді мұрын мен Қанаттың арасында. Бұл көмектеседі тиімділігін арттыру, өйткені оның орталық бөлігі жұмыс істей бастайды. Бұл жаңғырту өте өзекті, осылай қозғалтқыш қуаты өскен және, сәйкесінше, жылдамдық жақсы.



4.1-сурет – ISU V2.0 сыртқы түрі

Болидтің салыстырмалы түрде аздаған массасында оның аэродинамикасы автомобильді тректе ұстап тұру және оны сенімді басқару кезінде маңызды рөл атқарады. Артқы жетекті автомобиль артық бұрылумен сипатталады ағытқышты жобалау кезінде бөлінген артқы оське келетін қысу күшіне назар аудару қажет. Ағытқыштың артқы бөлігінде салқындату радиаторларымен понтондардан кейін ағысты оңтайландыруға ықпал ететін жабындар орнатылған, бұл қысымды тұрақтандырады және ауа кедергісін азайтады



4.2-сурет – ISU V2.0 матрицасы

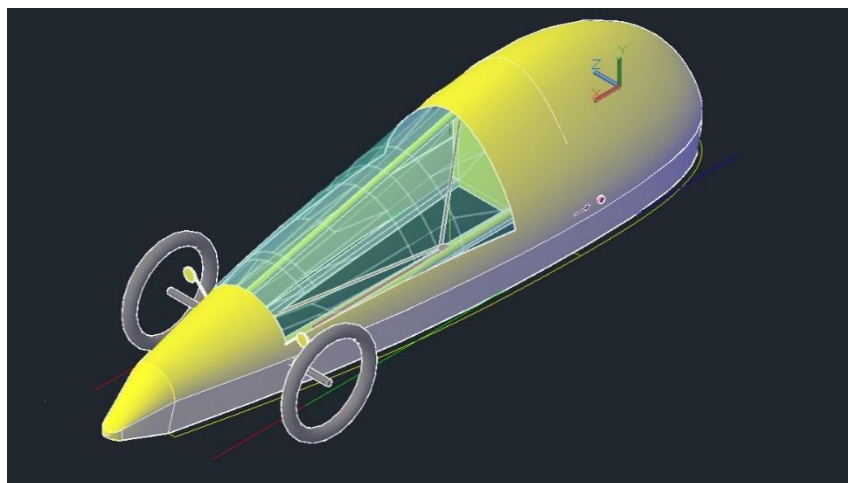
ISU V2.0 капот (ағудың артқы бөлігі, (жабатын күш агрегаты) жалпақ грань, бірқалыпты нисходящую к заднему антикрылу. Автомобиль қозғалысы кезінде бұл алаңның үстінде төмен қысым аймағы пайда болады, демек, көтеру күші. Ол үшін ISU V2.0 капотның орнына жұқа қабырғасы бар, тегіс антикратқа түсірілетін және төменгі жапқыштар орнатылды. Бұл қысымның үлкен аймақтарын жақсартып, жаңа автомобильдің аэродинамикалық кедергісінің жалпы коэффициентін жақсартады. Қабырға профилі желкенді барынша азайту үшін жасалған. Бар бүйірлік желдің әсері жылдам бұрылыстарды өту кезінде үлкен мәні бар.

Ауажинағыш арқылы радиаторға және одан кейін, понтонда (қозғалтқыштың салқындату жүйесінің радиаторлары орнатылған ағытқыштың бір бөлігі) және кейбір жерлерде ағынның біркелкі емес екені анықталды. ауа қозғалысы мүлдем жоқ. Жаңа ағым жасағанда, бұл мәселелер келесідей шешілді: эжекторлар, понтоннан ауа ағуын күшейтеді, кедергіні азайтады және арттырады ауаның өту жылдамдығы, осылайша жылу алмастырғыштың тиімділігін арттырады.

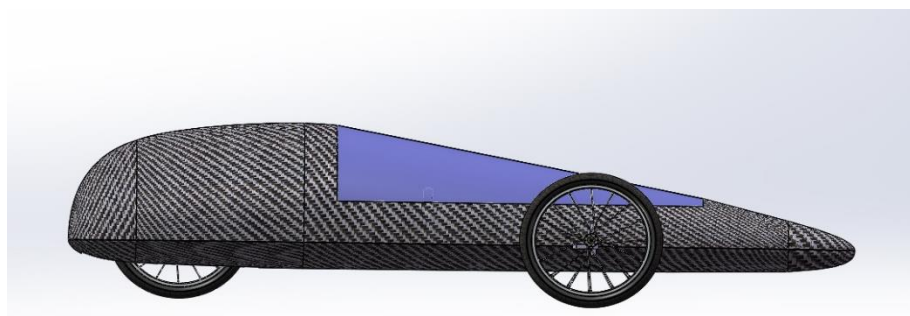
5 Таiburyl болидин аэродинамикасын тексеру

5.1 Таiburyl болидинің моделін дайындау

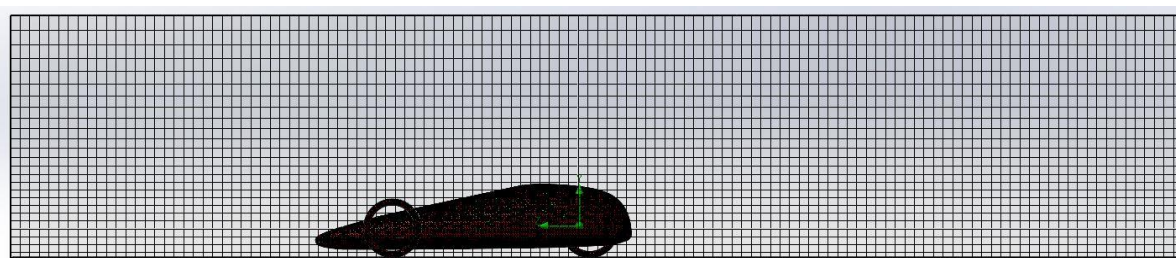
Әр түрлі CAD ең жақсы дизайн жеткенге дейін қаралды. 5.1 және 5.2-суреттерде SURT командасының 2018 жылы жасаған iSU V 2.0 болидинің және 2019 жылы құрастылып жатқан Таiburyl болидинің CAD конструкциялары көрсетілген. CAD беті одан әрі талдау үшін Flow Simulation операциясы жасалады.



5.1-сурет – iSU V 2.0 болидинің CAD моделі



5.2-сурет – Таiburyl болидинің CAD моделі



5.3-сурет – Домен өлшемі және шекара шарттары

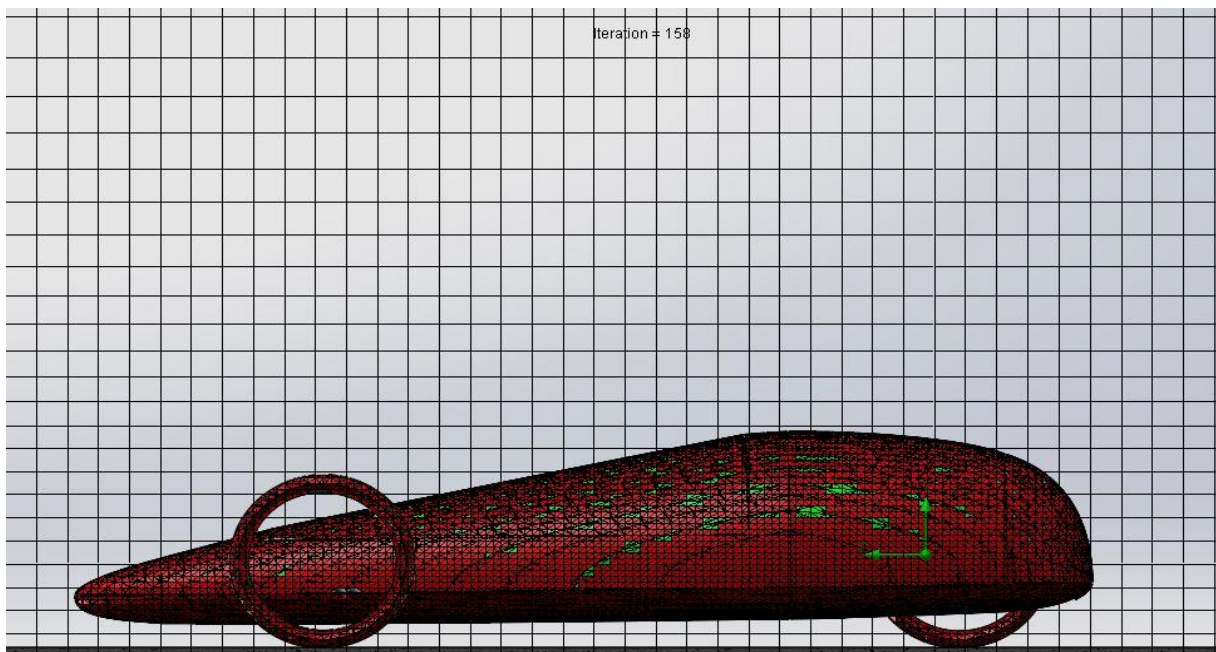
Solidworks бағдарламасында болид, содан кейін аэродинамикалық құбыр қабырғасы салынды, және автокөлік жоғалған нөлдік бұрышымен ішінде орналасқан. Туннельдің көлденең қимасының ауданына автомобильдің алдыңғы проекциясының ауданы ретінде анықталатын ластану коэффициенті 5% - дан кем болады. Айта кету керек, бұл ластану коэффициенті кедергі коэффициентін арттыруға әкеледі. Автомобильдің моделінің алдыңғы жұмысына сәйкес аэродинамикалық кедергі коэффициенті 5% бұғаттау коэффициенті кезінде 9,2% - ға жоғарылаған.

5.3-суретте есептеу домен және шекаралық шарттар көрсетілген. Доменге түсетін ауа үшін 36 км/сағ (10 м/с) кіру жылдамдығының шекаралық шарттары, ал доменнің шығу бетінде-шығу қысымының шекаралық шарттары қолданылады. Басқа да беттер, соның ішінде автомобиль қабырғалары және барлық қабырғаға $u+$ функциясы қолданылған. Айналмалы дөңгелектің әсері осы зерттеуде елеусіз болды.

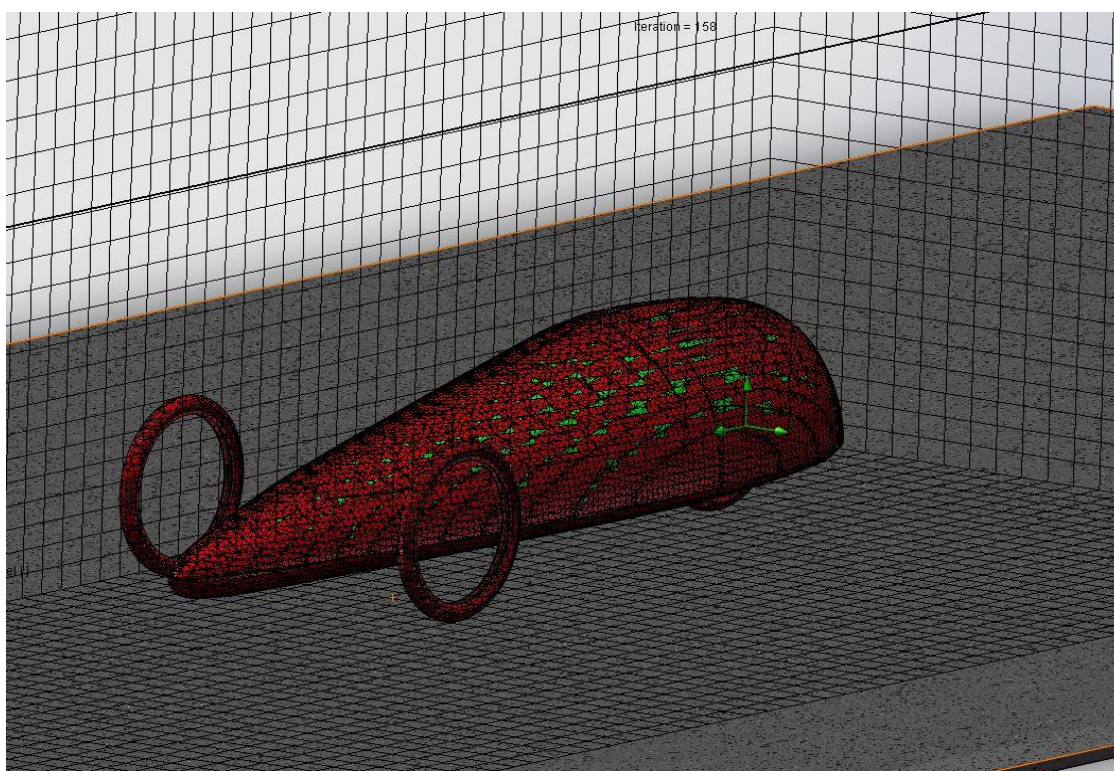
Көп қырлы тор әуе ағыны доменіне, ол әр түрлі геометриямен оңай бейімделе алады. Тор ағынның бөлшектерін басып алу үшін бапталған CFD маңызды бөлігі болып табылады. Тор неғұрлым жұқа болса, соғұрлым дәлірек нәтиже болады. Есептеу уақытын көбейту жиішікке тордың кемшілігі болып табылады, сондықтан тор мөлшерін анықтау үшін есептеу уақыты мен дәлдігі арасындағы дұрыс тепе-теңдік қажет. Өте жұқа тор дөңгелектеу қателігіне әкелуі мүмкін. Есептеу аймағындағы екі аймақ теңшелетін торды қолдануға рұқсат ету үшін анықталған. Облыс автомобильге жақын жерде тордың негізгі өлшемінен 30% дейін мөлшерін орнату арқылы нақтыланады, өйткені жылдамдық градиенті осы салада әлдеқайда көп. Дыбыс қаттылығын реттеу торы алдыңғы зерттеудің ұсынымдары негізінде пайдаланылмады, ол есептеуіш қымбат екенін және кедергі коэффициентінің (1% - дан кем) мәніндегі үлкен айырмашылыққа жетпегенін көрсетті. Призма араластырғыш қабаты жылжу Күшін дәл есептеу үшін автокөліктің бетіне жағылады. Машинаға бекітілген ұяшықтың бірінші өлшемі $u+ 100$ кем мәнін сақтай отырып, логарифмдік заң шегінде шекаралық қабатты сақтау үшін таңдалған.

5.2 Торды зерттеу (Meshing)

Тор өлшемінің ең аз әсерін қамтамасыз ету үшін соңғы нәтижелерге тор тәуелсіз зерттеу жүргізілді. Том ұяшықтарының саны әр түрлі екі алаңдарда 659,336, 683,177 өзгереді. Әрбір айдап өту үшін аэродинамикалық кедергі коэффициенті қысымды интегралдау негізінде есептелген және нәтижелері 5.5-суретте көрсетілген. Тор мөлшерін азайту кедергі коэффициентін азайтады, бірақ әсер 2.2 % маңызды емес. Сондықтан бұл ұяшықтар өлшемі 683,177 жасушалар модельдеуді жалғастыру үшін жеткілікті болды. Ұяшықтардың өлшемдері бір фактормен масштабталады.



a)



b)

5.4-сурет – Модельді торлау

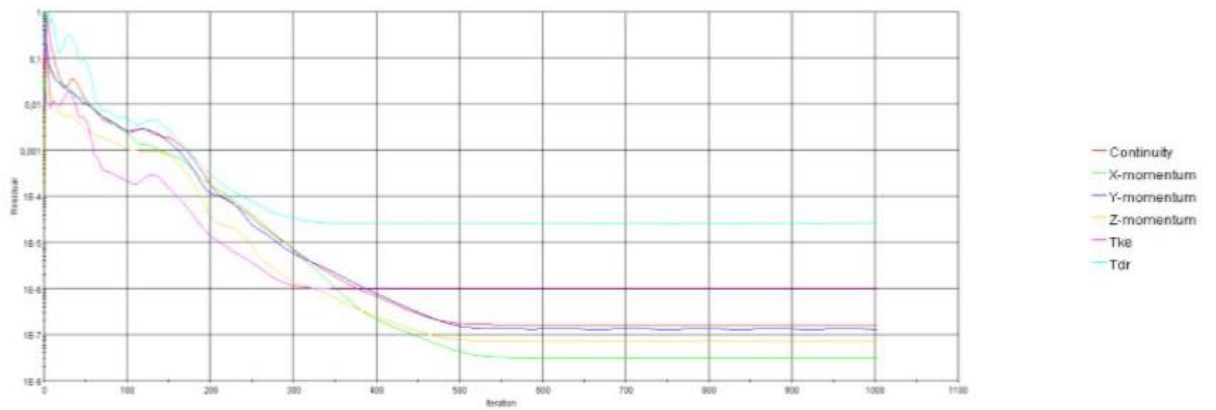
5.3 Симуляция нәтижелері

Модельдеу нәтижелерін зерттеу алдында 1000 итерацияға дейін орындалды, 5.3-суретте көрсетілгендей, 5×10^{-5} мәнінен кем емес тұрақты жағдайларға жету және қалдық қол жеткізу үшін жеткілікті болды. Бұл әдетте осы қосымшада сақтау теңдеулерінің теңгерімі үшін жеткілікті.

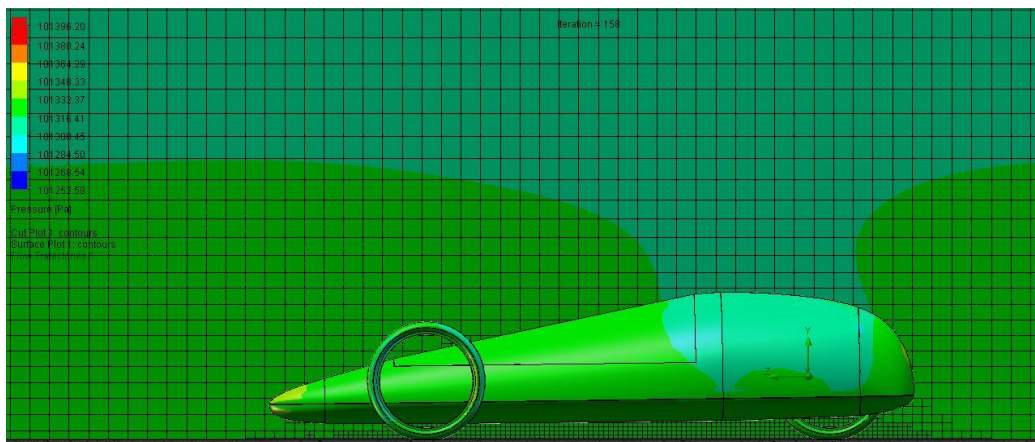
Негізгі желі төмен қарсылық визуализацияланған және дөңгелегі бар осы пішінді ойнатуға тырысқан болса да, CFD нәтижелері түрлі аймақтарда ағынның үлкен бөлінуін көрсетті. Аэродинамикалық кедергінің есептік коэффициенті 0,43 құрады, бұл нарықта қол жетімді көптеген заманауи седандар немесе хэтчбеков үшін рұқсат етілген деңгейден асады. Бұл кез келген автокөлік нысанын өзгерту ағынның барлық аймағына әсер етеді. Сондықтан автокөліктің нысанын шағын өзгерту бір рет жүзеге асырылуы тиіс және көліктің әр түрлі бөліктерінде ағынның әсерін бақылау мүмкіндігі болуы тиіс. Бұл итерациялық әдіс 0,127 кедергі коэффициенті бар түпкілікті конструкцияға жету үшін мұқият орындалды. Мысалы, генетикалық Алгоритмдер, эволюциялық стратегиялар немесе адаптивті гибридті әдістер, ал соңғы уақытта нейрондық желілер қолданылады. Бұл әдістер ең аз кедергіге жету үшін автомобиль пішінін автоматты түрде бейімдеуі мүмкін, дегенмен бұл әдістердің барлығы өз шектеулеріне ие және оңтайландыру процесінің жұмысы үшін белгілі бір геометриялық параметрлерді талап етеді.

Жақсартуды қажет ететін әр түрлі аймақтарды байқауға болады. Автомобильдің артқы жағында ағынның бөлінуі болады, және кері айналу аймағының тиісті өлшемі кедергіні азайту үшін азайту қажет. Екінші маңызды аймақ әуе ағынының жоғары жылдамдығы бар автомобильдің алдыңғы жағында орналасқан. Бұл жерге қатысты автомобиль еденінің дөңес формасы нәтижесінде диффузор әсерімен түсіндіріледі. Автомобильдің алдыңғы бөлігінің астындағы жоғары жылдамдық автомобильдің тұрақтылығы туралы мәселені көтеріп қана қоймай, автомобиль доңғалағының артқы қақпағы ағынының шектелуіне байланысты жоғары кедергіге әкеледі. Ағынның құрылымын түсіну үшін автомобиль бетінде және бір бойлық жазықтықта қысымды бөлу суретте көрсетілген. 5.6-суретте автомобильдің алдыңғы жағында жоғары қысымды аймақ, шамасы, үлкен алаңға әсер етеді.

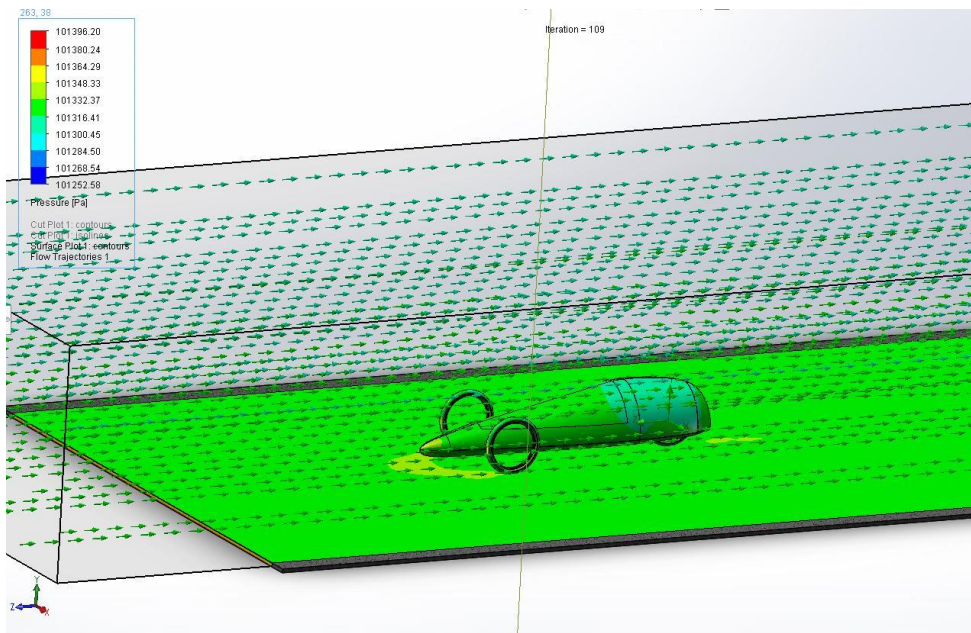
Автомобильдің астында, сондай-ақ артқы дөңгелектің қақпағы қаптамасында жоғары қысымды ауа аймағы анық көрінеді. Сондай-ақ, қысымды бөлуге артқы ағынның бөлу аймағының әсері көрсетілген.



5.5-сурет – 1000 итерация үшін нәтиже тендеулері

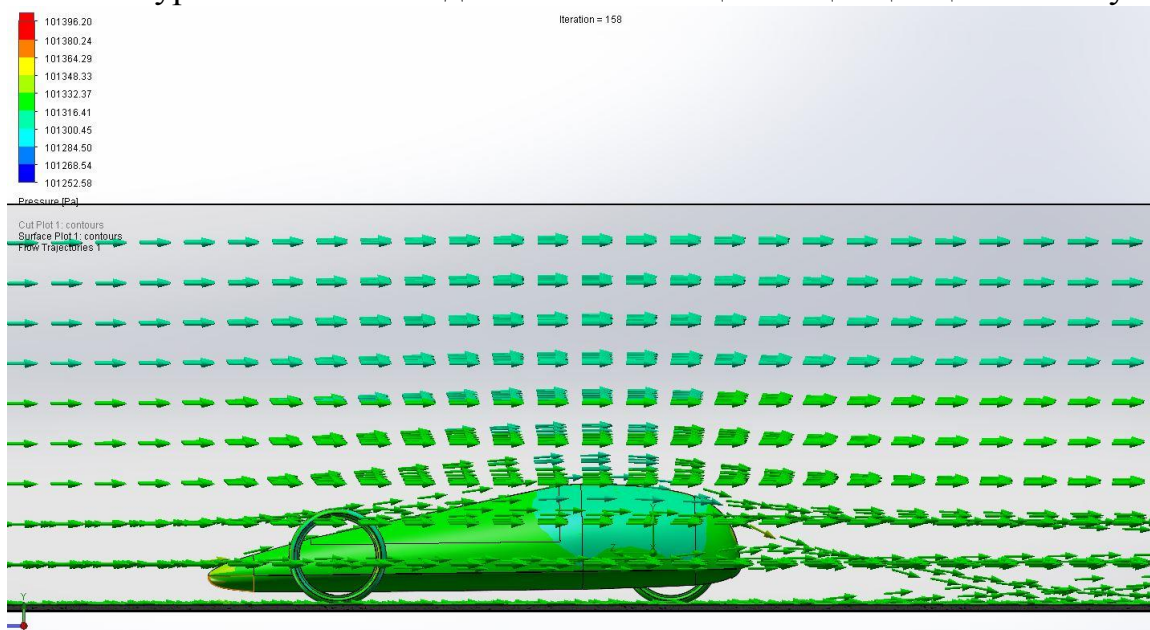


a)



b)

5.6-сурет – Көлік бетіндегі және бойлық жазықтықта қысым бөлу



5.7-сурет – Болидке келетін ауа ағынының көрінісі

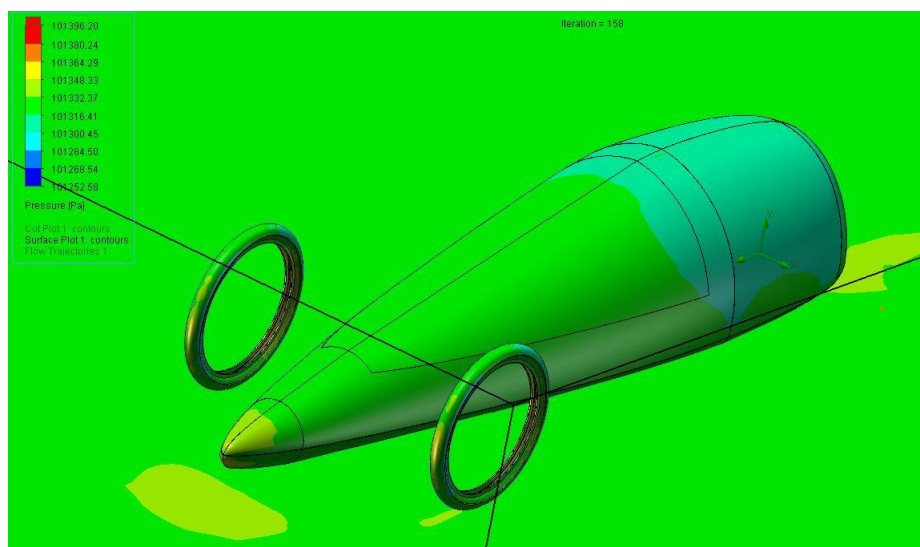
Автомобильдің негізгі нысанын жақсарту үшін көліктің алдыңғы мұрын алдыңғы дөңгелектен алға жылжиды және көлбеу бар. Екінші модификация автомобильдің астында жасалды, дөңес пішінін бүгуге өзгертеді. Үшінші модификация автомобильдің артқы бөлігіне байланысты болды, ол 5.5-суретте көрсетілгендей артқы дөңгелектің қақпағының пішінін тегістеген кезде 30 градус бұрышының пішініне дейін ұшының дөңгелек пішінімен өзгертілген.

5.7-суретте жоғары модификацияларды қолданғаннан кейін соңғы конструкция жылдамдығының векторы көрсетілген. Автокөлік астындағы ағынның жылдамдығы әлі де жоғары, бірақ қазір ол автомобильдің ұзындығы бойынша біркелкі. Бұл жаман емес, өйткені ол көліктің үстінде орналасқан қысымды теңгереді, сондықтан банкке автокөлікті тұрақтандыратын қысқыш күшке ие болуға мүмкіндік береді. Екінші бақылау-бұл автомобильдің артқы бөлігіндегі ағын, автомобильдің астынан түсетін ауа ағыны автомобильдің шанағына бірқалыпты бекітіледі және ағынның бөліну аймағын жоя отырып, негізгі ауа ағынына қосылады. Ағын автомобильдің барлық кузовына бөлінбеген. Артқы жағында ағын бірқалыпты қосылды және төменгі қысым қалпына келтірілді.

Мұндай модификациялармен кинетикалық энергияның бір бөлігін қысымға айналдыра алды, сондықтан автокөліктің артқы жағындағы оң статикалық қысым болжанады. Автокөлік алдындағы оң қысымның ауданы автокөліктің артқы жағындағы кейбір шығындардан артық екенін байқауға болады. Бұрын айтылғандай, жобалаудың итерациясы тікелей процесс емес, өйткені автомобиль геометриясының кез келген өзгеруі автомобиль ағынының барлық өрісіне әсер етеді, ол автомобиль ағынының жоғары немесе төмен.

Автомобиль бетінде статикалық қысымды бөлу 5.8-суретте көрсетілген.

Фронтта жоғары қысым доңғалақ қақпағының беті, шамасы, кедергіге елеулі үлес бар, себебі қысым қалпына келтірілуі мүмкін емес және рульде ояту пайда болады деп күтілуде. Айта кету керек, автомобиль дөңгелегі осы зерттеуде бекітілген. Айналымды дөңгелектің болуы жоғары қысымды аймақты сәл жоғары жылжытады. Тегіс доңғалақ қалпақшасы немесе доңғалақ қалпақшасы тамшылап пішінге ұқсас, қарсыласу күшінің одан әрі төмендеуі мүмкін. Алдыңғы суретте көрсетілгендей, автомобиль шанағы оның артқы жағындағы қысым үшін қалпына келтіріледі, сондықтан қысым кедергісінің күші аз болады және одан әрі жақсарту қажет емес деп күтілуде.



5.8-сурет – Болид бетіндегі статикалық қысым

Жылдамдық векторын зерттеу және қысымды тарату кейін ағынға қарау маңызды болды автомобильдің айналасына ағу. Желілер автомобиль алдында орналасқан шағын тордан жасалады және тікелей интеграция орындалады. 5.6-суретте қандай да бір айқын бөлінбестен автомобильдің айналасында ағынның тегіс сызықтары көрсетілген. Сызықтардың түсі автомобиль бетінің жоғарғы жағынан өту кезінде әдеттегі күтілетін жылдамдықтың ұлғаюын көрсетеді. Автокөлік жағындағы ауа ағынының желісі, сондай-ақ ағынның үлкен ауқымда бөлінуінің дәлелдерін көрсетпейді. Дегенмен, оның доңғалақтардың артындағы шағын құйындарға әкелуі мүмкін, бірақ олардың шектеулі энергиясына байланысты қарсыласу күшіне әсер етпейді.

| Goal Name | Unit | Value | Averaged Value | Minimum Value | Maximum Value | Progress [%] | Use In Convergence | Delta | Criteria |
|-------------------------|-------|-----------|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------------|-------|----------|
| GG Max Velocity 1 | [m/s] | 10.793 | 10.659 | 10.569 | 10.878 | 100 | Yes | 0.309 | 0.608 |
| SG Force (Z) 1 | [N] | -3.046 | -3.036 | -3.061 | -3.016 | 100 | Yes | 0.044 | 6.178 |
| SG Av Static Pressure 1 | [Pa] | 101321.60 | 101321.62 | 101321.57 | 101321.65 | 100 | Yes | 0.08 | 2.55 |
| SG Force (Y) 1 | [N] | 1.514 | 1.517 | 1.468 | 1.545 | 100 | Yes | 0.076 | 0.332 |

5.9-сурет – Болидке қатысты жалпы сыртқы әсерлер кестесі

6 Еңбек қорғау бөлімі

6.1 Техника қауіпсіздік ережелері

Біздің SURT жарыс машинасын жасауда біз “Композиционды материал жасау” лабораториясын қолдандық. Лаборатория болғандықтан, оның өзінде желдету құралдары жақсы жұмыс істеуі керек және зиянды, жаман иісті заттармен жұмыс істеуде сору шкафының болуы қажет және су құбырының, канализацияның, электр тогының сымның міндетті болуы. Лабораторияда жұмыс істеуде келетін болсақ, келесі талаптардың орындалуы қажет, олар:

1. Зертханада жұмыстарды жасау кезінде кемінде екі адам болуы тиіс;
2. Жұмыс жасап жүрген адамдардың өрт техника қауіпсіздігімен таныс болуы;
3. Әрбір студенттің лабораториядағы өрт сөндіру құралдарының орналасқан жерін білуге және оларды пайдалана білуге тиіс;
4. Жұмыс істеп тұрған зертханалық қондырғыларды, сондай-ақ қосылған аспаптарды қараусыз қалдыруға болмайды;
5. Жұмысты орындау кезінде барлық қажетті жеке қорғаныс құралдарын пайдалану жөніндегі нұсқауларды міндетті түрде орындау керек;
6. Жұмыс аяқталғаннан кейін жұмыс орнын ретке келтіру қажет;
7. Зертханада жұмыс істейтін әрбір адам дәрі-дәрмектер бар дәрі қобдишасының қайда екенін білуі және әр түрлі жарақаттар кезінде алғашқы көмек көрсете білуі тиіс. Зертханада дәрі қобдишасының болуы қажет (3%-ы сутегі тотығының ерітіндісі, 2%-ы бор қышқылының ерітіндісі, 5%-ы көмірқышқыл натрий ерітіндісі, 20%-ы темір хлоридінің ерітіндісі (III), стерильді мақта, стерильді бинт, жгут, лейкопластырь, зеленка).

Зертханада сондай-ақ міндетті түрде өртке қарсы қауіпсіздік ережелері сақталуы тиіс:

1. Зертханада өрт шыққан жағдайда барлық өртке қауіпті және жарылыс қауіптілігі бар заттар қауіпсіз жерге көшірілуі тиіс, сондай-ақ дереу өрт қызметіне қоңырау шалу керек;
2. Зертханада кіреберіс есік жақта өрт қауіпсіздік ережелеріне сәйкес сұйық немесе көмірқышқыл өрт сөндіргіші болуы тиіс;
3. Суда ерімейтін жанатын заттарды (битум, май, бензин, бензол), сондай-ақ жанып кеткен электр сымдарын сумен сөндіруге болмайды. Мұндай жағдайларда көмірқышқыл өрт сөндіргішін, құрғақ құмды қолдану немесе өрт ошағын асбестпен жабу қажет;
4. Суда еритін жанып жатқан заттарды сумен (ацетон, спирт) сөндіруге болады. Су ағысын жалын төменгі жағына бағыттау қажет;
5. Тез тұтанатын материалдарды сөндіру үшін зертханада құрғақ құм және металл қалағы бар ашық жәшік болуы тиіс;
6. Зертханада пайдаланылған майланған шүберектер мен қағазды лақтыратын қақпағы бар жәшік болуы тиіс, сондай-ақ осы жәшікті периодты түрде босату керек.

Жеке жағдайлардың алдын алу және алдын алу ең алдымен қауіпсіздік техникасының барлық ережелерін мүлтіксіз сақтаумен байланысты.

Тез тұтанатын сұйықтықтарды (ТТС) пайдалану кезінде 2 м радиуста ашық жалынның болмауын қадағалау қажет. Зертханада жұмыс істеу үшін матадан тігілген халат, көзді сақтау үшін арнайы көзілдірік және резеңке қолғап болуы керек.

7 Экономикалық бөлім

Дипломдық жобаның бұл бөлімінде SURT жарыс машинасының шанағының өзіндік құны, есебі келтірілген.

| Атауы | Саны | Бағасы (теңге) | Жалпы құны (теңге) |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
| 1. Карбон талшықтары | 60 м ² | 4300 | 258000 |
| 2. Құрбандық мата | 20 м ² | 170 | 34000 |
| 3. Вакуумды пленка | 20 м ² | 160 | 3200 |
| 4. Өткізгіш сетка | 20 м ² | 270 | 5400 |
| 5. Эпоксидті шайыр | 95 кг | 90000 | 90000 |
| 6. Вакуумды түтік | 200 м | 135 | 27000 |
| 7. Спиральды түтік | 200 м | 35 | 7000 |
| 8. Герметикалайтын бұрау | 200 м | 54 | 10800 |
| 9. Қатырушы | 3 | 10000 | 30000 |
| 10.Бөлгіш балауыз | 2 | 2000 | 4000 |
| 11.Матрица | 1 | 30000 | 30000 |
| 12.Жалпы суммасы : | | | 499400 |

Атап айтатын болсақ, болидтің шанағы толығымен карбонан жасалған. Карбон болаттай қатты, алайда болаттан әлдеқайда жеңіл болып келеді, солай болидтің аз салмағы аэродинамикаға тікелей оң әсерін тигізеді. Яғни, карбон талшықтары эпоксидті шайырмен вакуумды инфузия әдісімен қатырылады. Барлық қатыру процесстерін SURT командасы өздері жасағандықтан қаражат жағынан арзан шықты. Экономикалық тұрғыда карбон және вакуумды инфузия процессіне қажетті заттар бағасы жағынан төмен болу үшін керек материалдарды SURT командасы басқа жақтан тапсырыс бойынша алдырды.

ҚОРЫТЫНДЫ

SURT командасының «Taiburyl Prototype 3.0» автокөлігіне арналған аэродинамикалық дизайнды дайындалды. Қатаң бюджет шегі болғандықтан матрицаны SURT командасы өзі дайындады, сол себептен болид дөңгелектері жабылатын модель жасау қиындыққа түсті. Әрине, болид дөңгелектері жабылатын дизайн жасағанда, ауаның қарсыласу коэффициенті аз болатыны сөзсіз. Болид карбоннан жасалған болғандықтан, жылдамдықты тездету үшін оның жеңіл салмағы ұтымды болып табылады. Taiburyl CFD симуляциясы автомобилі үшін жүргізілді. Болидтің артқы бөлігінде қысымды қалпына келтіру арқылы, автокөліктің астыңғы бөлігінде диффузор әсерін болдырмау арқылы және автомобильдің алдыңғы мұрнын ұзарту арқылы 0,127 кедергі коэффициентін алуға мүмкіндік болды. Әуе ағыны жылдамдығының векторларын кеңістіктік бөлу және автомобиль айналасындағы қысым төмен қарсылық күшіне жету үшін автомобиль нысанын тиімді өзгерту үшін жеткілікті болды.