

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazma hüququnda

ŞİXMƏMMƏDOV İZZƏT NİYAZ OĞLU

**PALET DÜZƏN MANİPULYATORUN 3D MODELİNİN
İŞLƏNMƏSİ**

İxtisas: 060629- “Mexatronika və robototexnika mühəndisliyi”

İxtisaslaşma: “Robotlar və robototexniki sistemlər”

MAGİSTR DİSSERTASIYASI

Elmi rəhbər: t. ü. e. d. , prof İ.Ə. Xəlilov.

Bakı 2023

MÜNDƏRİCAT

	Səh
GİRİŞ	3
FƏSİL I. 3SƏRBƏSTLİK DƏRƏCƏLİ SƏNAYE MANİPULYATORLARI HAQQINDA ÜMUMİ İCMAL	
1.1. Palet düzən manipulyatorlar.....	5
1.2. Qaynaq əməliyyatları icra edən manipulyatorlar.....	8
1.3. Universal və boyama robotları haqqında ümumi icmal.....	10
FƏSİL II. SOLİDWORKS PROQRAMINDA PALET DÜZƏN MANİPULYATORUN 3D MODELİNİN İŞLƏNMƏSİ	
2.1. Manipulyatorun elementlərinin 3 D modellərinin layihələndirilməsi.....	15
2.2. Manipulyatorun 3D modelinin yiğilməsi.....	25
FƏSİL III. PALET DÜZƏN MANİPULYATORUN KİNEMATİK VƏ DİNAMİK ANALİZİ	
3.1. Palet düzən manipulyatorun kinematik analizi.....	27
3.2. Manipulyatorun konstruktiv elementlərinin möhkəmliyə və sərtliyə yoxlanılması.....	34
ÜMUMİ NƏTİCƏLƏR	39
ƏDƏBİYYAT	40

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı: Ölkəmizin müxtəlif sənaye müəssisələrində və xidmət sahələrində iş proseslərinin avtomatlaşdırılması və robotlaşdırılması səviyyəsi müasir tələblərə cavab vermir. İstehsal sahələrində köməkçi əməliyyatların çoxusu monoton, yorucu xarakterə malik olmaqla böyük əməktutumuna malik olur və çoxlu sayda fəhlənin əl əməyindən istifadəyə gətirib çıxarır. Dünyada qaynaqlama, rəngləmə, palet düzmə və s. bu kimi işlərin aparılmasında manipulyatorlardan geniş istifadə edilir. Xüsusən, istehsal və xidmət sahələrinin anbar işlərində palet düzmə əməliyyatlarının robotlaşdırılması əməliyyatların operativliyini və çeşidləmə işlərinin dəqiqliyini xeyli dərəcədə artırır.

Sənayenin müxtəlif sahələrində, eləcə də qeyri-sənaye sahələrində, istehsal prosesləri zamanı və ya yükləmə-boşaltma-anbar işləri apararkən məmulatların horizontal vəziyyətdə bir yerdən başqa yerə nəqli üçün manipulatorlardan geniş istifadə olunur. Bu manipulatorlar içərisində paraleloqram prinsipi ilə işləyən 3 sərbəstlik dərəcəsi olan manipulatorlar xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Məmulatın verilmiş kütləsinə görə manipulatorların konstruktiv layihələndirilməsi, konstruksiya elementlərinin möhkəmliyə və sərtliyə yoxlanılması, işçi orqanın (tutqacın) sıçrayışlı hərəkətini istisna edən yerdəyişmə, sürət və təcil diaqramlarının qurulması böyük aktuallığa malik məsələdir.

Hər hansı bir prosesin robotlaşdırılması orada tətbiq olunacaq manipulyatorların növünü seçmək baxımından onun kinematik və dinamik analizini tələb edir. Sərbəstlik dərəcəsi çox olan manipulyatorların kinematik və dinamik analizinin analitik üsullarla aparılması kifayət qədər mürəkkəb məsələdir. Ona görə də tətbiqi proqram paketlərinin köməyi ilə manipulyatorun 3D modelinin yaradılması verilən iş şəraitinə uyğun olaraq onun layihələndirilməsini əhəmiyyətli dərəcədə asanlaşdırır və böyük aktuallığa malikdir. 3D modellənmənin aparılması üçün fəza parametrik modelləşdirmə sistemində aid SOLIDWORKS proqram paketi optimal seçimlərdən biridir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. SOLIDWORKS proqram paketinin tətbiqi ilə verilmiş yükləyici qabiliyyətinə görə palet düzən manipulyatorun bəndlərinin və ümumilikdə 3D modelinin yaradılması və onun kinematik, dinamik analizinin aparılmasıdır.

Məqsədə uyğun olaraq aşağıdakı tədqiqat məqsədləri müəyyənləşdirilmişdir:

- Manipulyatorun elementlərinin 3D modellərinin yaradılması;
- Manipulyatorun 3D modelinin yığılması;
- Palet düzən manipulyatorun kinematik analizi;
- Manipulyatorun konstruktiv elementlərinin möhkəmliyə və sərtliyə yoxlanması

Praktik istifadəsi. Tədqiqat işində verilən təklif və tövsiyələrin həyata keçirilməsi istehsal və xidmət sahələrində anbar işlərinin robotlaşdırılmasında, məhsulların çeşidlərinə görə ayrı-ayrı hücrələrə yerləşdirilməsində böyük fayda verə bilər.

Tədqiqat işinin nəticələrindən Azərbaycan Texniki Universitetində tədrisin bakalvriat və magistratura səviyyələrində “Mexatronika və robototexnika mühəndisliyi” ixtisası üzrə kadr hazırlığında istifadə oluna bilər.

İŞİN ÜMUMİ MƏZMUNU

Dissertasiya işi giriş, 3 fəsil, nəticələr ,ədəbiyyat icmal və əlavələrdən ibarətdir

I FƏSİL. 3 SƏRBƏSTLİK DƏRƏCƏLİ SƏNAYE MANİPULYATORLARI HAQQINDA ÜMUMİ İCMAL

Son illərdə sənaye robotları və manipulyatorlar bütün dünyada xüsusilə Rusiya və Almaniyada geniş yayılmışdır. Onlar işin keyfiyyətini yaxşılaşdırmağa, hissələrin istehsal şərtlərini minimuma endirməyə və əlavə xərclərə qənaət etməyə imkan yaradır. Sənaye robotları təhlükəli ərazilərdə, istixananlarda və yüksək temperaturla xidmət göstərən sənaye müəssisələrində insan əməyinin istifadəsi mümkün olmayan müəssisələrdə istifadə olunur. Sərbəstlik dərəcəsi 3 olan manipulyatorlar haqqında məlumat aşağıda verilir [1-3].

1.1 Palet düzən manipulyatorlar

Palet düzən robot M-410iB/450

M-410iB/450 Ağır Davamlı İçi Boş Bilək Paletizatoru. Dünyanın ilk xüsusi paletləmə robotu tərəfindən hazırlanmış M-410 seriyalı paletlər paletləmə və materialların daşınması əməliyyatlarını sürətləndirməyə kömək edir. İçi boş bilək dizaynı ilə bu 4 oxlu paletizator əməliyyatlarda dəqiqlik və sürət təmin edir.[1,4,5]



Xüsusiyyətləri: Xüsusi olaraq materialların daşınması üçün nəzərdə tutulmuş bu paletizatorlar paletləmə və materialların daşınması əməliyyatlarının sürətini artırır. 700 kq-a qədər yükləmə qabiliyyəti və 3,1 m-ə qədər işləmə radiusu ilə M-410 seriyalı paralel kinematik dörd və ya beş oxlu robotlar orta və ağır yüklərin daşınması üçün idealdır. FANUC ilk robot təchizatçılarından biridir və istehsal xəttinin çıxışında əməliyyatların avtomatlaşdırılması sahəsində möhkəm təcrübəsinə əsaslanaraq,

paletləmə işləri üçün xüsusi olaraq hazırlanmış manipulyatorlar seriyasını işləyib hazırlayıb.

Rahat içi boş bilək dizaynı M-410iB/450: Tutucu kabellər robotun ətrafına deyil, biləyindən keçir, zədələri aradan qaldırır və etibarlılığı artırır.

Palet düzən robot M-410iC/500

M-410iC/500 Ağır Paletdüzən Robot. M-410iC/500 paletdüzən robotu M-410iC/450-ni əvəz edir. 450-dən daha sürətli və daha güclü olan M-410iC/500 məhsuldarlığı artırır və 500 kq yükə malikdir. Dünyanın ilk xüsusi paletləmə robotu tərəfindən hazırlanmış M-410 seriyalı paletizatorlar paletləmə və materialların daşınması əməliyyatları üçün ideal həlldir.



Xüsusiyyətləri: Xüsusi olaraq materialların daşınması üçün nəzərdə tutulmuş bu paletizatorlar paletləmə və materialların daşınması əməliyyatlarının sürətini artırır. 700 kq-a qədər yükləmə qabiliyyəti və 3,1 m-ə qədər işləmə radiusu ilə M-410 seriyalı paralel kinematik dörd və ya beş oxlu robotlar orta və ağır yüklərin daşınması üçün idealdır. FANUC ilk robot təchizatçılarından biridir və istehsal xəttinin çıxışında əməliyyatların avtomatlaşdırılması sahəsində möhkəm təcrübəsinə əsaslanaraq, paletləmə işləri üçün xüsusi olaraq hazırlanmış manipulyatorlar seriyasını işləyib hazırlayıb.

İçi boş bilək dizaynı M-410iC/500: Kabellər robotun biləyindən keçir, bu da zədələri aradan qaldırır və etibarlılığı artırır.

Müxtəlif platforma montaj variantları: Tətbiqdən asılı olaraq, M-410iC/500 daha çox əməliyyat çevikliyi üçün platforma quraşdırıla bilər. Robot nəzarətçi ya platformanın daxilində, ya da müstəqil bölmə kimi ayrıca yerləşdirilə bilər.

Unikal paletləmə sistemi: FANUC iRVision sistemi sayəsində M-410iC/500 təsadüfi qutuları və digər obyektləri aşkar edib hərəkət etdirə bilər.

Palet düzən robotu M-410iB/140H

M-410iB/140H Ağır 5 oxlu paletizator. Dünyanın ilk xüsusi paletləmə robotu tərəfindən hazırlanmış M-410 seriyalı paletizatorlar paletləmə və materialların daşınması əməliyyatlarını sürətləndirməyə kömək edir. Bu inanılmaz sürətli, çox yönlü və öz sinfində ən yaxşı təkrarlana bilən 5 oxlu robot istənilən sayda müxtəlif paletləmə işlərini yerinə yetirə bilər.



Xüsusiyyətləri: Xüsusi olaraq materialların daşınması üçün nəzərdə tutulmuş bu paletizatorlar paletləmə və materialların daşınması əməliyyatlarının sürətini artırır. 700 kq-a qədər yükləmə qabiliyyəti və 3,1 m-ə qədər işləmə radiusu ilə M-410 seriyalı paralel kinematik dörd və ya beş oxlu robotlar orta və ağır yüklərin daşınması üçün idealdır. FANUC ilk robot təchizatçılarından biridir və istehsal xəttinin çıxışında əməliyyatların avtomatlaşdırılması sahəsində möhkəm təcrübəsinə əsaslanaraq, paletləmə işləri üçün xüsusi olaraq hazırlanmış manipulyatorlar seriyasını işləyib hazırlayır. **Ən yaxşı təkrarlanma qabiliyyəti:** M-410iB/140H modeli bu seriyada $\pm 0,2$ mm-lik ən yaxşı təkrarlanma qabiliyyətinə malikdir.

Zərər yoxdur, daha yüksək etibarlılıq: Baş aşağı montaj iş sahəsini maksimum dərəcədə artırır, eyni zamanda tavan hündürlüyü və döşəmə sahəsi tələblərini minimuma endirir.

Xüsusi Dizayn: Bu robot paletləmə və yükləmə/boşaltma əməliyyatlarında məhsuldarlığı artırmaq üçün xüsusi olaraq hazırlanmışdır.

Görmə sistemi ilə unikal paletləmə: Unikal FANUC iRVision sıfır konfigurasiya texnologiyası ilə vizual xətt izləmə sistemi qutuların sürətli aşkarlanmasını və təhlükəsiz tutulmasını təmin edir.

1.2 Qaynaq əməliyyatları icra edən manipulyatorlar

Qövs qaynaq robotu ARC Mate 0iB

Bu yüngül çəkili FANUC qövs qaynağı robotu kiçik hissələrin və yüngül çəkili materialların idarə edilməsi üçün təsirli universallıq təklif edir. Bu standart 6 oxlu robot çox az yer tutur, lakin tətbiqdə olduqca çevikdir və qövs qaynağı, lazer qaynağı, lehimləmə və kəsmə tətbiqlərinin geniş spektri üçün uyğundur.

Effektiv Production MMC FANUC-un Rusiyadakı rəsmi tərəfdaşdır [1-3]



Xüsusiyyətləri: Xüsusi olaraq qövs qaynağı əməliyyatları üçün nəzərdə tutulmuş bu məhsul robot texnikası və qaynaq sahəsində əldə edilmiş geniş təcrübəyə əsaslanır. 20 kq-a qədər yükləmə qabiliyyəti və 2,0 m-ə qədər işləmə radiusu ilə bu robot seriyası qövs qaynağı, lazer qaynağı, yumşaq lehimləmə və kəsmə əməliyyatlarının geniş spektri üçün uyğundur. Müxtəlif robot modelləri geniş tələblərə cavab verə bilir və modelindən asılı olmayaraq, öz əməliyyat çevikliyinizi və istehsal proseslərinizin səmərəliliyini artırmaq üçün geniş alətlər dəsti ilə təchiz edilmişdir.

Nöqtə qaynaq robotu R-1000iA/100F

R-1000iA/100F Nöqtə qaynağı üçün xüsusi robot. Əməliyyat çevikliyi sayəsində bu altı oxlu robot istənilən sayda mürəkkəb əməliyyatları yerinə yetirə bilər. Mükəmməl dövriyyə müddətləri ilə son dərəcə sürətli, o, xüsusi olaraq sənayedə yüksək sürətli nöqtə qaynaq tətbiqləri üçün nəzərdə tutulmuşdur. Eyni zamanda, kiçik çəki və ölçülərə malikdir, bu da yerə qənaət edir.



Xüsusiyyətləri: Sürətli, yığcam, etibarlı: 100 kq-a qədər faydalı yüklə və 2,2 m-ə qədər iş radiusu ilə, altı və ya beş oxlu R-1000 seriyasının standart robotları orta yüklərin daşınması üçün idealdır. Əsasən materialların işlənməsi və nöqtə qaynağı üçün nəzərdə tutulmuş bu robotlar yüksək ox sürətləndirilməsi vasitəsilə ən yaxşı dövrə vaxtlarını təmin edir, eyni zamanda onların yığcam dizaynı qiymətli döşəmə sahəsinə qənaət edir.

Nöqtə qaynağı üçün xüsusi robot: 100 kq-a qədər yükləmə qabiliyyəti tələb olunan tətbiqlərdə maksimum performans. Təsdiqlənmiş etibarlılıq, sübut edilmiş dizayn. Bu model bahalı quraşdırma tələb etmir və istismarda qənaətcildir. İnkişaf zamanı biz texniki xidməti minimuma endirməyi qarşımıza məqsəd qoyduq.

Əla çox yönlülük:Daha çox yönlülük üçün bu model döşəməyə quraşdırıla və ya tərs ola bilər.

Aşağı enerji istehlakı ilə kompakt model:Bu model aşağı enerji istehlakı ilə qısa dövrə vaxtlarını təmin edir.

Qaynaq Manipulyatoru R-1000iA/120F-7B

R-1000iA/120F-7B Qapalı məkanlarda mürəkkəb yükləmə və boşaltma. Hərəkətliliyi artıran əlavə yeddinci ox sayəsində R-1000iA/120F-7B materialla işləmə və nöqtə qaynağı üçün idealdır. Kompakt dizayn, altı oxlu modellərlə eyni dövrə müddəti ilə kiçik məkanlarda tam işləməyə imkan verir.



Xüsusiyyətləri: Sürətli, yığcam, etibarlı: 100 kq-a qədər faydalı yüklə və 2,2 m-ə qədər iş radiusu ilə, altı və ya beş oxlu R-1000 seriyasının standart robotları orta yüklərin daşınması üçün idealdır. Əsasən materialların işlənməsi və nöqtə qaynağı üçün nəzərdə tutulmuş bu robotlar yüksək ox sürətləndirilməsi vasitəsilə ən yaxşı dövrə vaxtlarını təmin edir, eyni zamanda onların yığcam dizaynı qiymətli döşəmə sahəsinə qənaət edir.

Kompakt və çevik: Yeddinci oxun olması robotun ikinci düyününü əymək və qısaltmaq qabiliyyətini təmin edir ki, bu da onu hətta kiçik iş modullarında və dar məkanlarda da istifadə etməyə imkan verir. İntegrasiya edilmiş qol komponentləri sayəsində dizayn müdaxilə döngələrinin yaranmasına imkan vermir.

Güc, davamlılıq və sürət: 120 kq-a qədər artan yük yükü və qaynaq tabancasının yerini dəyişmədən qolu geri əymək qabiliyyəti ilə bu robotlar böyük yüklərlə işləmək üçün uygundur.

Dövr müddətini azaldın və məhsuldarlığı artırın:Eyni yüklə (məsələn, 100 kq) yeddi oxlu robotlar altı oxlu robotlarla müqayisədə daha mürəkkəb tapşırıqları yerinə yetirə bilirlər.

Təkmilləşdirilmiş performans:Bazarda ən sürətli robot qaynaq modulları FANUC R-1000iA/120F-7B robotu ilə təchiz edilmişdir.

Son orta səviyyəli həll:Avtomobil sənayesi, metallurgiya və logistika üçün yüksək universallıq.

1.3 Universal və boyama robotları haqqında ümumi icmal

Universal robot LR Mate 200iD

LR Mate 200iD, təxminən insan əli ölçüsündə və əlçatanlığı ilə müqayisə edilə bilən yığcam altı oxlu robotdur. O, öz sinfində ən yaxşı qaldırma qabiliyyətini, standart IP67 mühafizəsini və üstün FANUC işini özündə birləşdirir. Bütün bunlar LR Mate 200iD-ni bir çox sənayelərdə proseslərin avtomatlaşdırılması üçün ən yaxşı və ən etibarlı mini robota çevirir [2,3].



Xüsusiyyətləri: Tənzimlənən iş radiusu və bilək fırlanma sürəti olan bu əl ölçülü robotlar 7 kq-a qədər çəkisi olan hissələrin idarə edilməsi və idarə edilməsi üçün ən yaxşı kompakt həlldir və qida emalı və ya metallurgiya kimi bir çox sənaye sahələrində tətbiq oluna bilər. Daha yüksək səviyyəli dəqiqlik və məhsuldarlığa nail olmaq üçün əlavə intellektual komponentlərlə (görmə və güc təyinetmə sistemləri) təchiz edilmiş LR Mate material idarə edən robotlar həmçinin qaynaq və rəngləmə əməliyyatları üçün xüsusi avadanlıqla, habelə istehsalatda işləmək üçün mühafizə ilə təchiz oluna bilər.

İntegrasiya edilmiş avtomatlaşdırma: Yığcam LR Mate 200iD sürətli dövriyyə müddətləri ilə yüksək məhsuldarlıq təmin edir və onu bütün sənaye robot tətbiqləri üçün ideal hamısı bir yerdə həll edir.

Universal robot M-710iC/45M

M-710iC/45M Geniş iş sahəsinə malik universal robot. Bu model yüksək sürətli əməliyyatları geniş iş sahəsi ilə birləşdirir və sürücünün genişləndirilməsi bloku ilə təchiz edildikdə, yüksək sürətli hərəkət üçün uğurla istifadə edilə bilər. Kompakt dizaynı və kiçik bilək ölçüsü ilə yerin məhdud olduğu yerlərdə yükləmə və boşaltma əməliyyatları üçün mükəmməldir.



Xüsusiyyətləri: M-710 seriyalı yüngül robotlar 20-dən 70 kq-a qədər orta çəkiddə olan yükləri idarə etmək üçün nəzərdə tutulub. Kompakt bilək, sərt qol dizaynı, dar baza və 3,1 m-ə qədər məsafə onları bir çox vəzifələr üçün əvəzsiz edir və baltaların yüksək bucaq sürətləri sayəsində bu robotlar çox sürətlidir. Onlar həmçinin yüksək yükləmə qabiliyyətinə və əla ətalətə malikdirlər və istənilən modeli geniş tətbiqlər üçün uyğun edir.

M-710iC/45M robotunun genişləndirilmiş iş sahəsi: Bu uzun qol modeli, daha geniş iş sahəsindəki paletləri idarə etməyə imkan verən genişləndirilmiş əlçata malikdir.

Kompakt dizayn: Dar məkanlarda maksimum elastiklik üçün kompakt bədən və bilək dizaynı. J1 ətrafında tam 360 dərəcə fırlanma bütün istiqamətlərdə işləməyə imkan verir. Baş aşağı quraşdırma mümkündür. Maksimum elastiklik üçün döşəmə, tərs və ya bucaq montajı.

Təkmilləşdirilmiş J6 oxu: J6 oxunda yükün daha yüksək icazə verilən ətalət anı 20 kq m² və oxda hərəkət sürəti 360 dərəcə / s.

45 kq tutumu və uzun məsafəsi ilə bu model qutuları, altlıqları və panelləri idarə etmək üçün idealdır.

IP67 tam qorunan model: Bu robotun biləyi və bədənini çətin mühitlərdə işləmək üçün su və toza qarşı tam qorunur.

Universal robot M-900iB/400L

M-900iB/400L Ağır yükləri idarə etmək üçün çeviklik. Təhlükəsiz döşəmə montajı və təsirli yük qabiliyyəti ilə bu model ağır yük əməliyyatları üçün idealdır. Genişlənmiş əlçatanlıq və 6 oxlu hərəkət əlavə rahatlıq təmin edir. Bütün bu üstünlükləri ilə bu robot geniş iş sahəsində ağır iş parçalarının idarə edilməsini tələb edən proseslər üçün əla həlldir.



Xüsusiyyətləri: M-900 seriyasının altı oxlu robotları 150-dən 700 kq-a qədər bazar segmentində ən yüksək faydalı yüklərdən birinə malikdir. Ayrı-ayrı ağır obyektləri və ya bir qrup obyektini hərəkət etdirmək qabiliyyəti və 3,7 m-ə qədər iş radiusu M-900 seriyalı robotları demək olar ki, istənilən tapşırıq üçün ideal həll edir. Müxtəlif montaj variantları bu seriyadakı robotları son dərəcə yüksək əməliyyat çevikliyi ilə təmin edir və iş sahəsindən maksimum səmərəliliklə istifadə etməyə imkan verir.

Uzun və güclü qol: Bu güclü və dayanıqlı model uzun məsafəyə və 400 kq yükləmə qabiliyyətinə malikdir.

Döşəmə montajı: Bu model yerə etibarlı şəkildə quraşdırılıb və təsir edici yük tutumuna malikdir və bu, onu ağır yük əməliyyatları üçün ideal edir.

Təkmilləşdirilmiş Toz və Maye Qoruma (SDLP): Standart olaraq, bu model J3 bilək və əl üçün IP67 mühafizə dərəcəsinə malikdir, lakin robot bazası, kinematik zəncir və J1, J2 baltaları üçün mühafizə sistemi ilə də təchiz oluna bilər.

Ağır çəki: Ağır məhsulların yüklənməsi, boşaldılması və daşınması, eləcə də paletləmə (bütün təbəqələr), preslə işləmə və ağır iş yerlərində qaynaq üçün idealdır.

Boyama robotu Paint Mate 200iA/5L

Paint Mate 200iA/5L Uzun qol boyama köməkçiniz. Uzun qolu olan Paint Mate robotunun bu modeli qısa qolu olan həmkarı kimi 5 kq yükötürmə qabiliyyəti ilə artan maksimum imkana malikdir. O, hətta təhlükəli sənaye mühitlərində belə geniş əhatə dairəsi tələb edən montaj və iş üçün idealdır [2,3].



Xüsusiyyətləri: FANUC rəngləmə robotları rəngləmə və örtmə proseslərinin geniş spektrinə tətbiq edilə bilər. Onlar asan giriş, optimal iş radiusları və maksimum məhsuldarlığı təmin edir. Yanğın təhlükəli mühitlərdə istifadə üçün nəzərdə tutulmuş bəzi modellər və geniş çeşidli iş sahəsinin radiusları və yük tutumları ilə, boya və ya paylama ehtiyaclarınız nə olursa olsun, ehtiyaclarınız üçün doğru modeli tapacağınıza əmin ola bilərsiniz.

Uzatılmış qol dizaynı: Yüksək sürətli boya robotu Paint Mate 200iA/5L standart yükötürmə qabiliyyəti 5 kq və 892 mm-ə qədər uzanan məsafəyə malikdir.

Tapançanın aktivləşdirilməsi: Təmizləmə boşluğunda yerləşən bir və ya dörd əlavə üç kanallı solenoid pnevmatik klapanlar silahı işə salmaq imkanı verir.

Müxtəlif montaj variantları: Bu robot yerə, divara, bucaq altında və tərs şəkildə quraşdırıla bilər ki, bu da ən kiçik sprej kabinələrindən belə səmərəli istifadə etməyə imkan verir.

İki standart proqram təminatı mövcuddur: Bu model üçün Handling və PaintTool proqram təminatının iki versiyası hazırlanmışdır ki, bu da istehsal zamanı quraşdırmağı və tənzimləməyi asanlaşdırır.

iPendant™: Veb-aktivləşdirilmiş tam rəngli tədris asqısı öz GPU modulunun istifadəçi interfeysini proqramlaşdırmağı və inkişaf etdirməyi asanlaşdırır.

Roboguide ilə simulyasiya: Roboguide proqramı istehsal proseslərinizi simulyasiya etmək üçün istifadə olunur. Siz hazır məhsulun necə göründüyünü və necə işlədiyini və onun sizə hansı performans, xərc və dövriyyə müddətində yaxşılaşmalar gətirəcəyini dəqiq biləcəksiniz.

Aparılmış ədəbiyyat analizi göstərir ki, sərbəstlik dərəcəsi 3-ə bərabər olan manipulyatorlar sənayenin müxtəlif sahələrində, eləcə də müxtəlif xidmət sahələrində geniş istifadə edilir. Bunların içərisində palet düzən manipulyatorlar yükləmə-boşaltma, anbar işlərində geniş tətbiq olunur. Bu manipulyatorlara verilən əsas tələblər yükün səlis və təkansız olaraq yerdəyişməsi, eləcə də boşaltma yerlərinə və hücrələrə dəqiq çatdırılmasıdır. Bu zaman manipulyatorun işçi orqanı həmişə dəqiq horizontal vəziyyətini saxlamalıdır. Bu məsələnin həlli üçün manipulyator qollarının paraleloqram prinsipi ilə işləməsi məqsədə uyğun variant kimi seçilmişdir.


II FƏSİL. PALET DÜZƏN MANİPULYATORUN 3D MODELİNİN İŞLƏNMƏSİ


SOLIDWORKS CAD/CAM/CAE sistemlərinə aid proqramlardan biridir. O, parametrik fəza modelləşdirməsi sistemində aid olduğu üçün layihələndirəcəyimiz manipulyatorun konstruktiv elementləri arasında parametrikləşdirmə yaradılacaq. Bu sistemlə tam assosativ modellər yaradıb layihənin istənilən mərhələsində onu redaktə edə bilərik. SOLIDWORKS proqramının vasitəsi ilə parametrik modelləşdirmədən başqa həmçinin yığım, animasiya, mühəndis hesablamaları və s. yerinə yetirəcəyik [4-8].

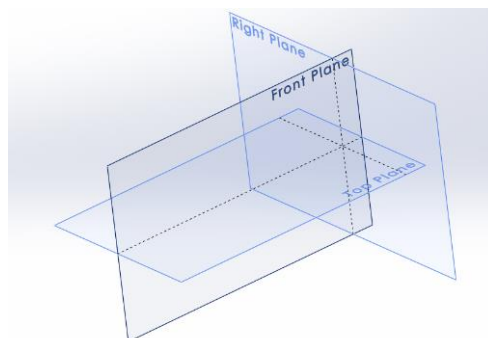
2.1 Manipulyatorun elementlərinin 3D modellərinin layihələndirilməsi.

Qol 1



1. CTRL+N basılır yeni fayl açılır. Pəncərədən  və ya Part seçilir.


2.  Sketch zolaq menyusunun Sketch komandası vurulur.

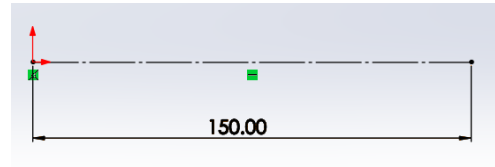
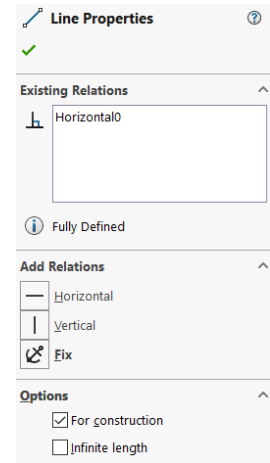



Ekrandan Top görünüş müstəvisi seçilir və avtomatik ekrana paralel dündərilir.

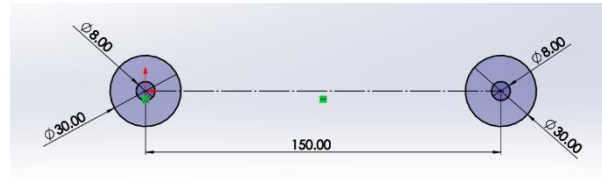
3. Koordinat başlanğıcından uzunluęu 150

mm olan üföqü düz xətt ( -line komandası)


çəkilir. Üzərində ölçü qoyulur . CTRL basıb saxlamaqla koordinat başlanğıcı və düz xətt seçilib açılan Properties lövhəsindən For construction açarı qoşulub Ok basılır. Beləliklə, xəttin ortası koordinat başlanğıcı ilə üst-üstə düşməklə mərkəz xəttinə çevrilir.[8,11]

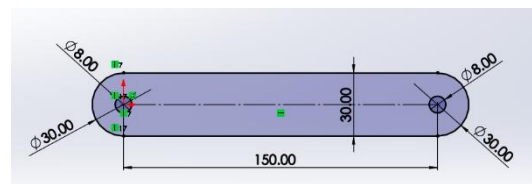


4. Sonra ( - circle komandası) seçilərək xəttin sonlarında radiusu 8 30 mm-lik çevrələr çəkilir .



5. Xarici çevrələrin kənarları ( -line komandası)

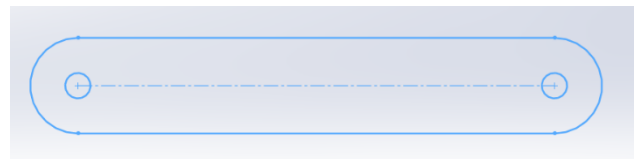
ilə birləşdirir və ( -trim komandası) xətlər kəsilir.

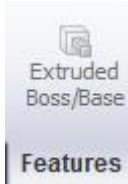


6. Bununla da eskizin çəkilməsi bitir.



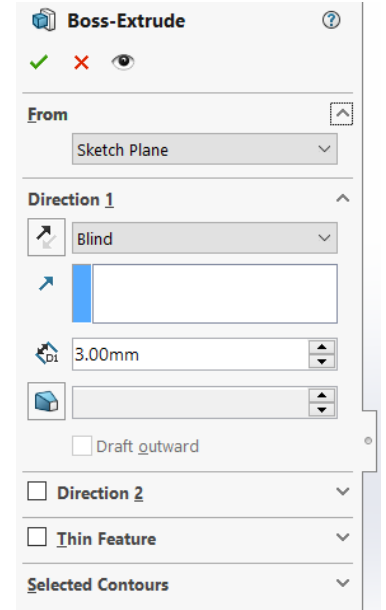
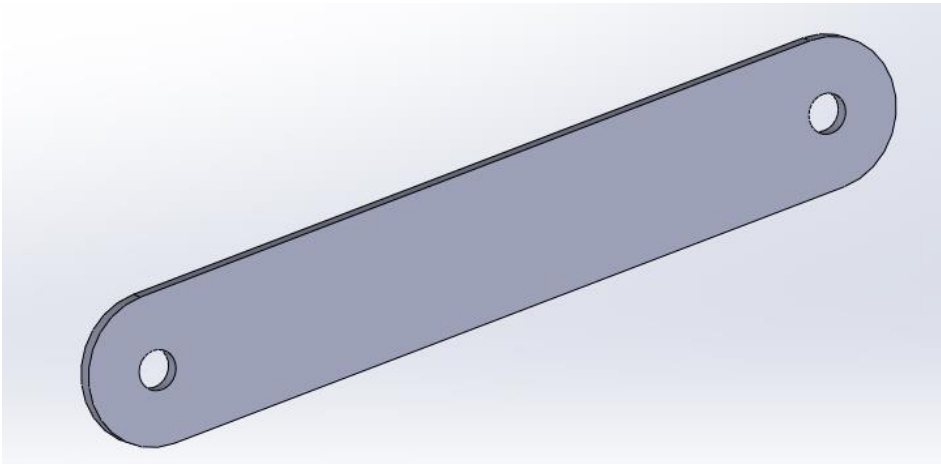
Ok vurulub eskiz rejimi bağlanır.






7. Zolağın Features menyusundan

Boss extrude komandası ilə kontura 3 mm hündürlük verilərək dartılıb detal yaradılır.

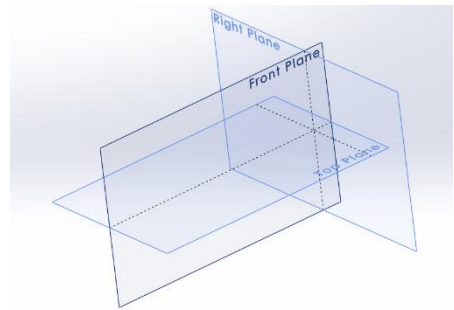


Qol 2

1. CTRL+N basılır yeni fayl açılır. Pəncərədən  və ya Part seçilir.




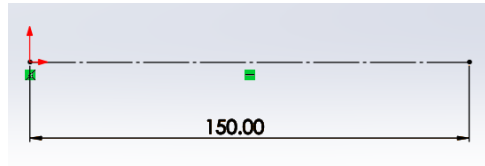
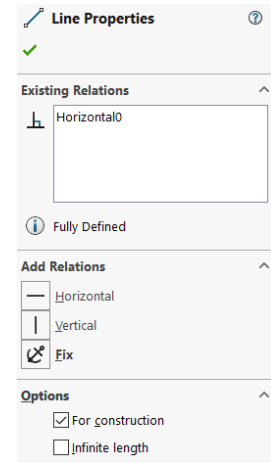
2. Sketch zolaq menyusunun Sketch komandası vurulur. Ekrandan Top görünüş müstəvisi seçilir və avtomatik ekrana paralel dündərilir.




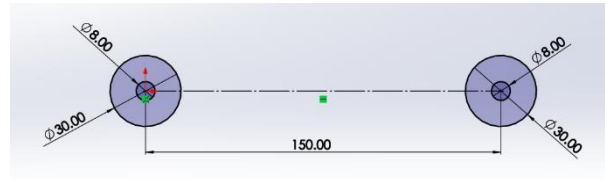
3. Koordinat başlanğıcından uzunluęu 150

mm olan üfüqü düz xətt ( -line komandası)


çəkilir. Üzərində ölçü qoyulur . CTRL basıb saxlamaqla koordinat başlanğıcı və düz xətt seçilib açılan Properties lövhəsindən For construction açarı qoşulub Ok basılır. Beləliklə, xəttin ortası koordinat başlanğıcı ilə üst-üstə düşməklə mərkəz xəttinə çevrilir.




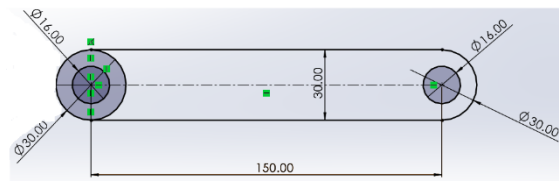
4. Sonra ( - circle komandası) seçilərək xəttin sonlarında radiusu 8 30 mm-lik çevrələr çəkilir.



və

5. Xarici çevrələrin kənarları ( -line komandası)

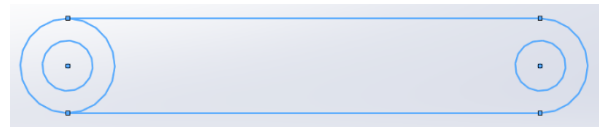
ilə birləşdirir və ( -trim komandası) xətlər kəsilir.

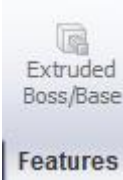


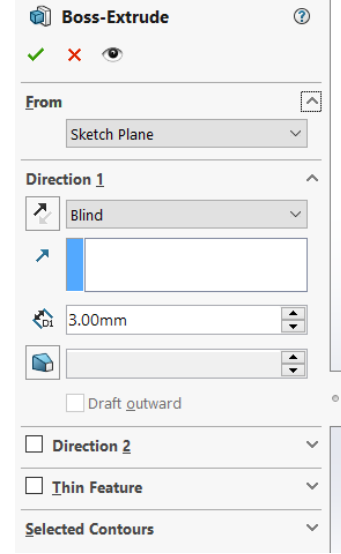
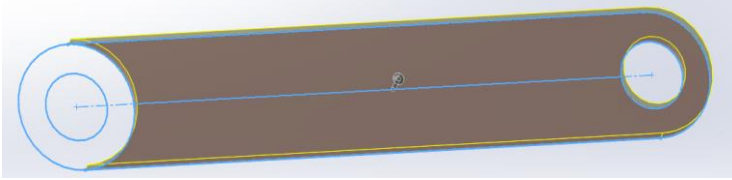
6. Bununla da eskizin çəkilməsi bitir.

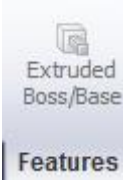


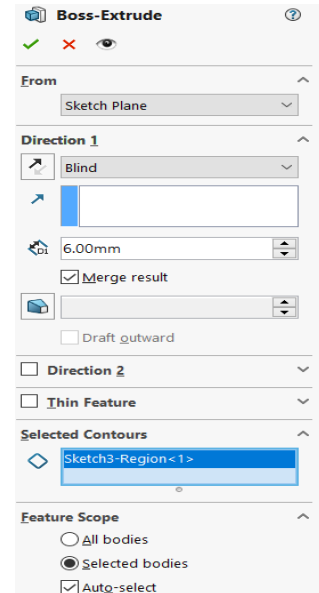
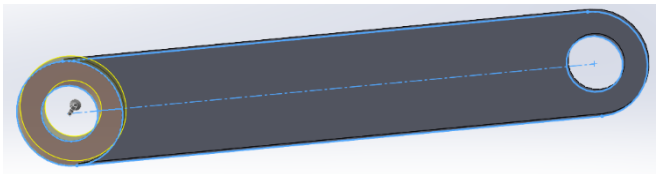
Ok vurulub eskiz rejimi bağlanır.




7. Zolağın  Features menyusundan Boss extrude komandası ilə kontura 3 mm hündürlük verilərək dartılıb detal yaradılır.



8. Zolağın  Features menyusundan Boss extrude komandası ilə kontura 6 mm hündürlük verilərək dartılıb detal yaradılır.

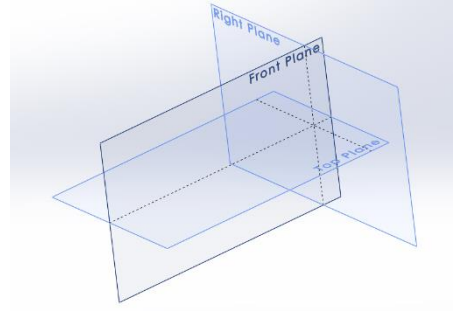



3 kinematik cütə aid bənd

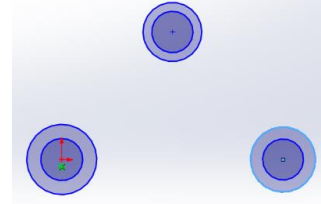
1. CTRL+N basılır yeni fayl açılır. Pəncərədən  və ya Part seçilir.




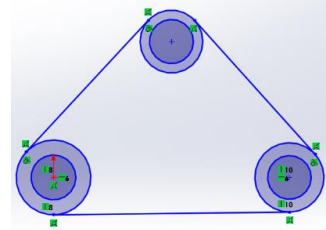
2. Sketch zolaq menyusunun Sketch komandası vurulur. Ekrandan Top görünüş müstəvisi seçilir və avtomatik ekrana paralel dündərilir.

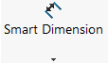


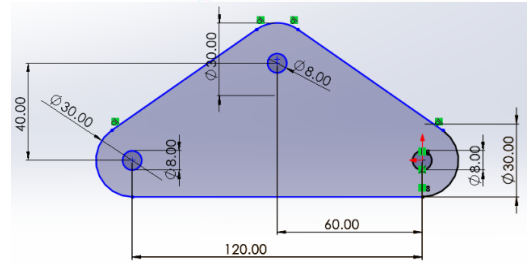
3. Detalın hazırlanması üçün ( - circle komandası) seçilərək çəvrələr çəkilir.



4. Daha sonra ( -line komandası) ilə çəvrələrə toxunan xətlər çəkilir.



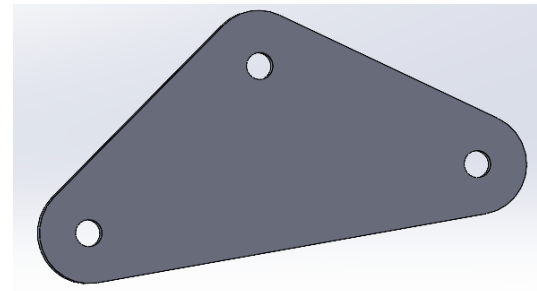
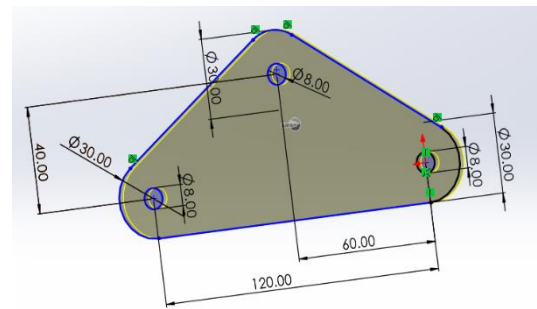
5.  - əmri ilə ölçülər qoyulur.



10. Zolağın  Features menyusundan

Boss extrude komandası ilə kontura 3 mm

hündürlük verilərək dartılıb detal yaradılır.



Dayaq

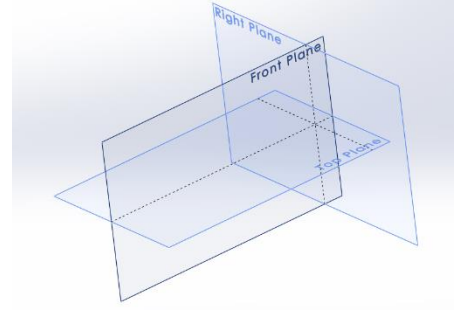



gost-part

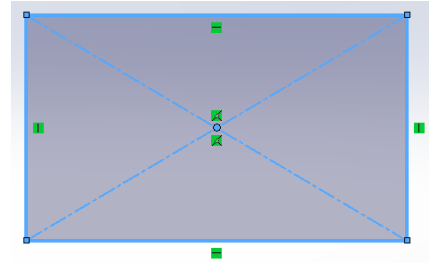
1. CTRL+N basılır yeni fayl açılır. Pəncərədən **gost-part** və ya Part seçilir.

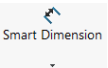


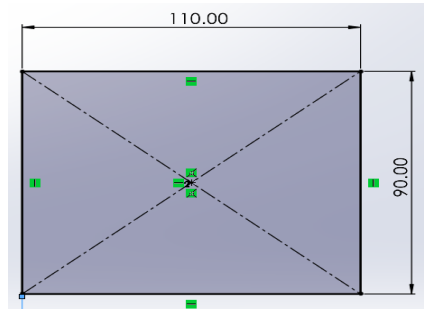
2. **Sketch** zolaq menyusunun **Sketch** komandası vurulur. Ekrandan Top görünüş müstəvisi seçilir və avtomatik ekrana paralel dündərilir. [10,11]

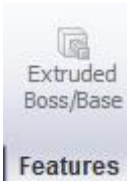


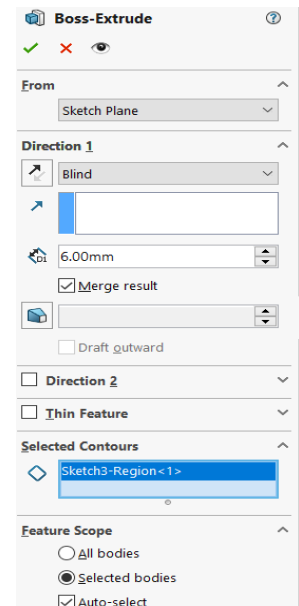
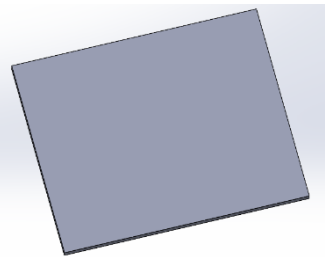
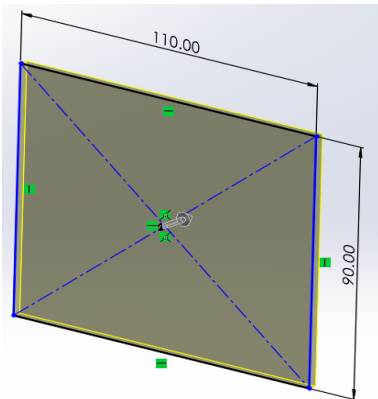
3. Daha sonra (-Rectangle komandası) ilə düzbucaqlı çəkilir.




4.  - əmri ilə ölçülər qoyulur.



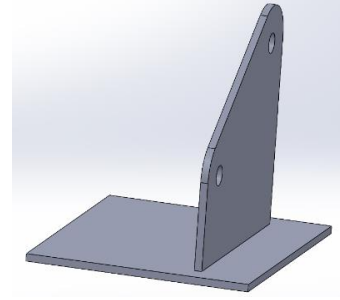
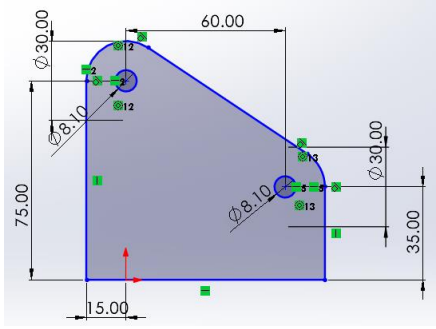
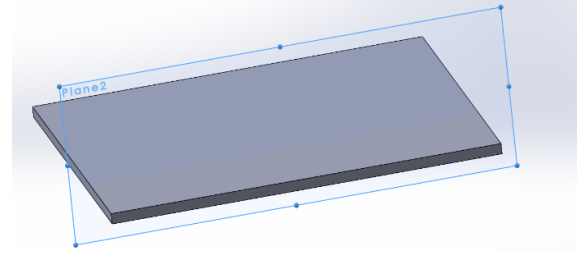
5. Zolağın  Features menyusundan **Boss extrude** komandası ilə kontura 3 mm hündürlük verilərək detalın alt hissəsi yaradılır.




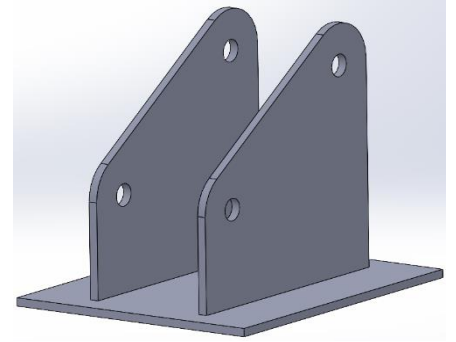
6. Modelin üst hissəsini hazırlamaq üçün

 Plane - əmrindən istifadə olunur. Müstəvi yaradılır və eskiz rejimində modelin üst

hissəsi çəkilir və  Smart Dimension - əmri ilə ölçülər qoyulur.




6.  Mirror - əmrindən istifadə etməklə model tam hazırlanır.




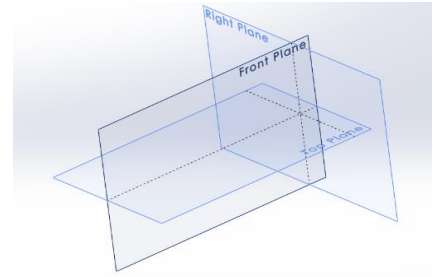
Manipulyatorun icarəedici bəndi



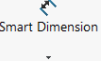
1. CTRL+N basılır yeni fayl açılır. Pəncərədən  və ya Part seçilir.

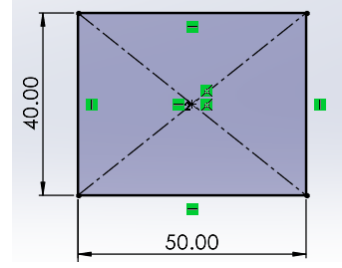




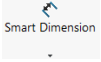
2.  Sketch zolaq menyusunun Sketch komandası vurulur. Ekrandan Top görünüş müstəvisi seçilir və avtomatik ekrana paralel döndərilir.

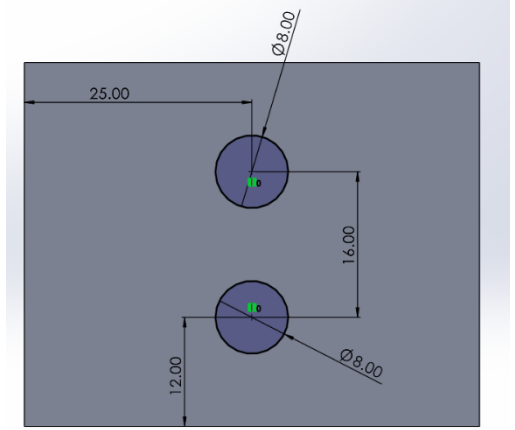


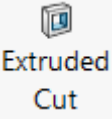
3. Daha sonra ( -Rectangle komandası) ilə düzbucaqlı çəkilir.

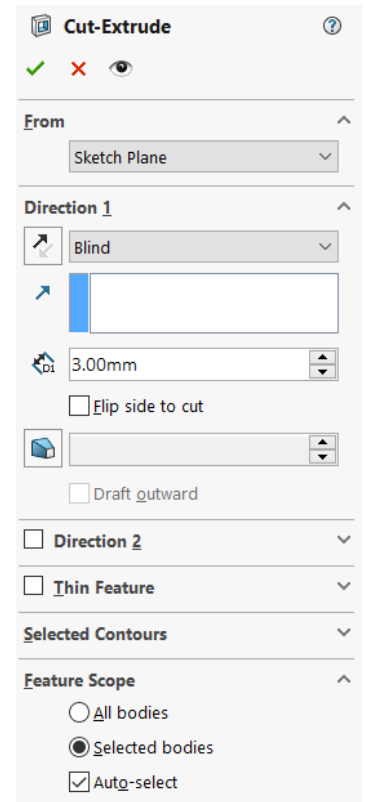
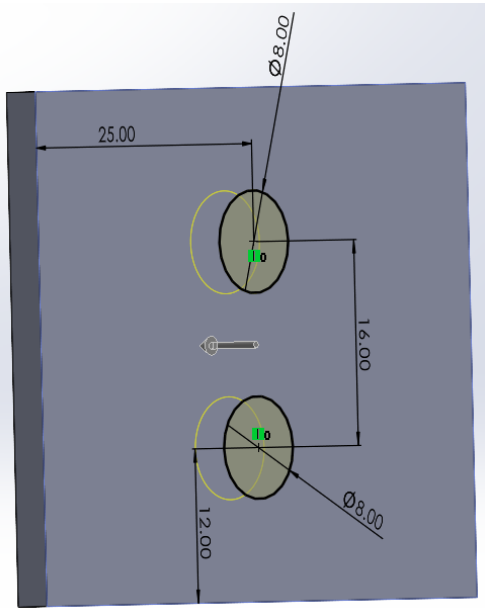
4.  - əmri ilə ölçülər qoyulur.




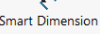
5. Detalda olan deşikləri açmaq üçün detalın səthi seçilir və  sketch əmri seçilir. ( - circle komandası) seçilərək çevrələr çəkilir və  - əmri ilə ölçülər qoyulur.

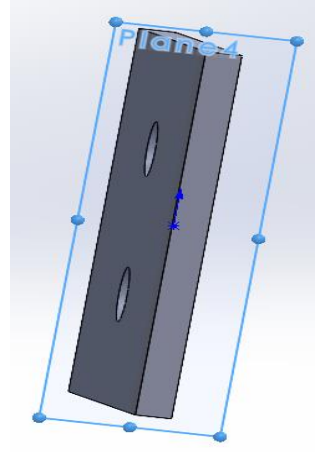
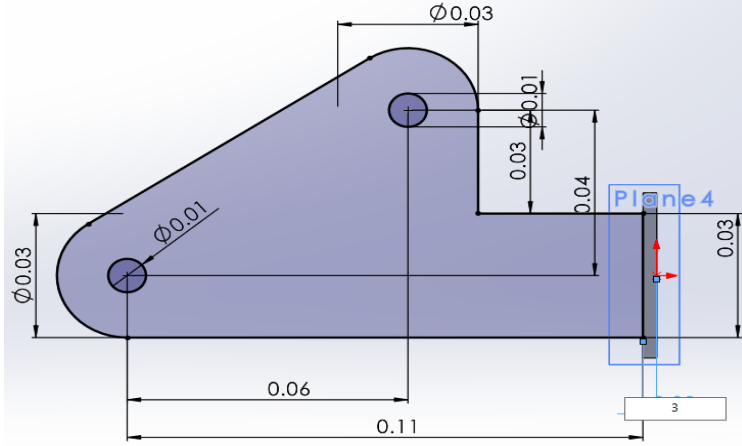


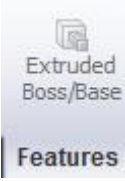
6. Zolağın  Features menyusundan extrude cut komandası ilə kontura 3 mm hündürlük verilərək kəsilib çıxarılır.

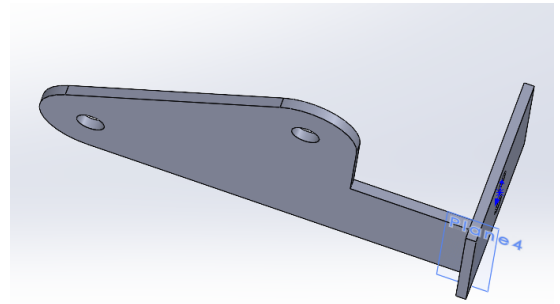



7.  Plane - əmrindən istifadə etməklə. Müstəvi yaradılır və

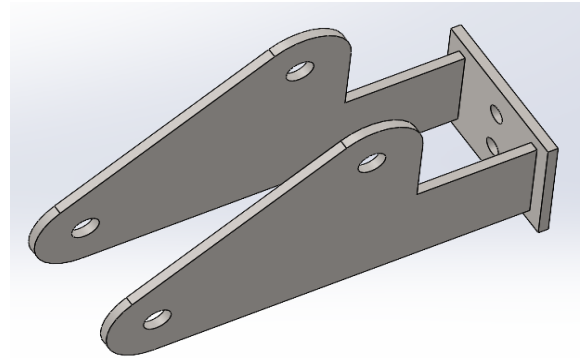
eskiz rejimində modelin kontur xətləri çəkilir və  - əmri ilə ölçülər qoyulur.



8. Zolağın  Features menüsündən Boss extrude komandası ilə kontura 3 mm hündürlük verilərək detalın alt hissəsi yaradılır.



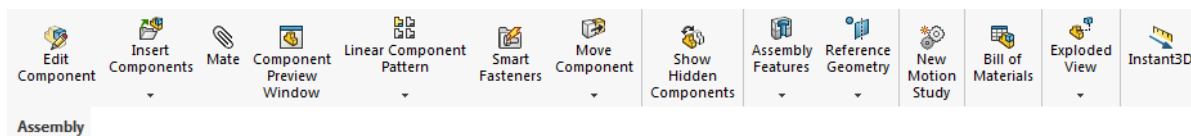
9.  Mirror - əmrindən istifadə etməklə model tam hazırlanır.




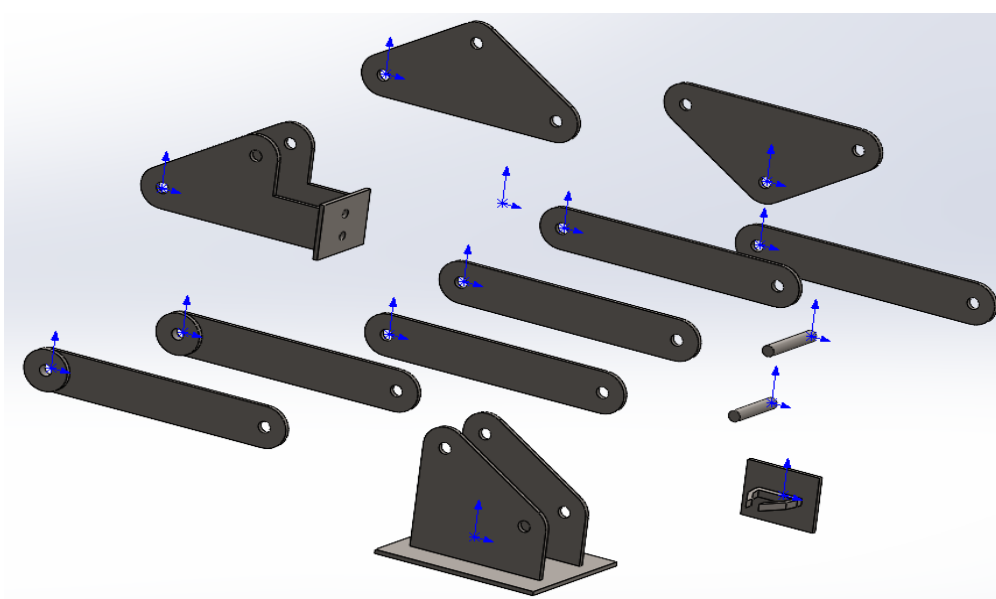
SolidWorks proqramında (**part**) rejimində manipulyatorun elementlərinin 3D modelləri işlənmişdir. Bu manipulyatorun tam şəkildə yığılmasına və ayrı-ayrı elementlərin 2D işçi cizgilərini almağa imkan verir.


2.2 Manipulyatorun 3D modelinin yığılması.

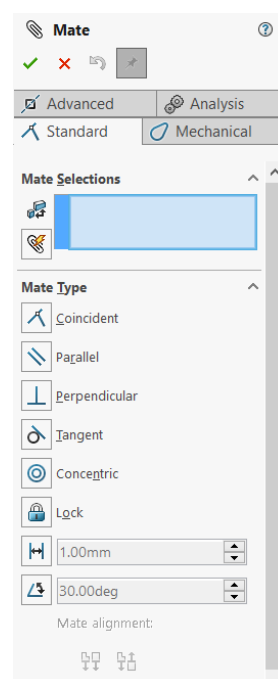
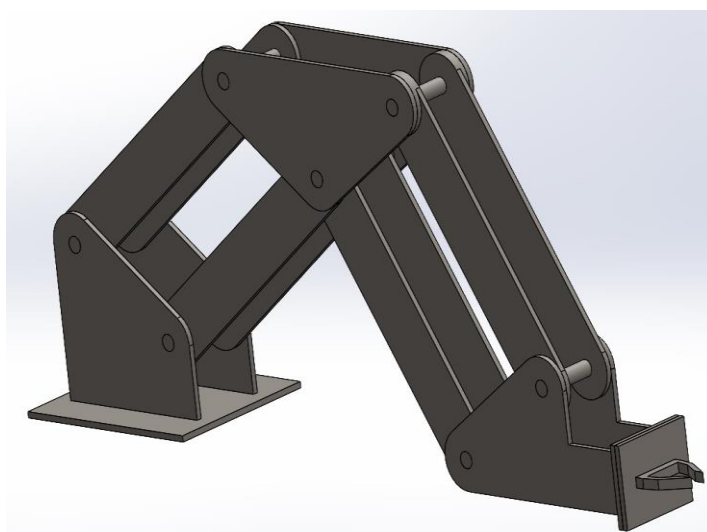
Manipulyatorun yığmaq üçün SOLIDWORKS proqramında **assembly** rejimine daxil olmaq lazımdır. Manipulyatorun yığımı **Assembly** (yığım) lövhəsinin əsas əmrləri ilə yerinə yetirilir.



Part rejmində hazırlanan hissələr  - əmri ilə ekrana gətirilir.[11,12]



 -əməri ilə hissələr qovuşdurulur və bir birindən asılı vəziyyətə salınır.



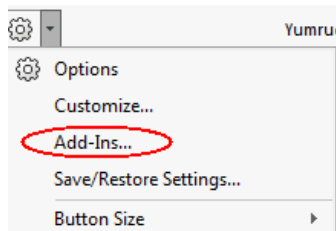
Manipulyatorun 3D modelinin yaradılması müxtəlif iş rejimləri üçün hərəkəti simulyasiya etməyə və müvafiq mühəndis analizləri aparmağa imkan verir. Bu halda manipulyatorun vəziyyətlər, sürətlər və təcillər məsələləri avtomatik rejimdə həll olunur və müvafiq diaqramlar vasitəsi ilə proses əyani təsvir olunur. Bu model həmçinin dinamik analiz aparmağa, bəndlərin möhkəmliyini və sərtliyini yoxlamağa imkan verir.

III FƏSİL. PALET DÜZƏN MANİPULYATORUN KİNEMATİK VƏ DİNAMİK ANALİZİ

3.1. Palet düzən manipulyatorun kinematik analizi

Manipulyatorun kinematik analizinin klassik üsullarla aparılması metodları mövcud ədəbiyyatlarda geniş verilmişdir [9-14]. Sərbəstlik dərəcəsi 3 olan manipulyatorun kinematik analizinin analitik üsullarla aparılması çox mürəkkəb olduğundan SOLIDWORKS proqram paketinin tətbiqi hərəkəti simulyasiya edib manipulyatorun işçi orqanının yerdəyişmə, sürət və təcil diaqramlarını qırmaq mümkündür.

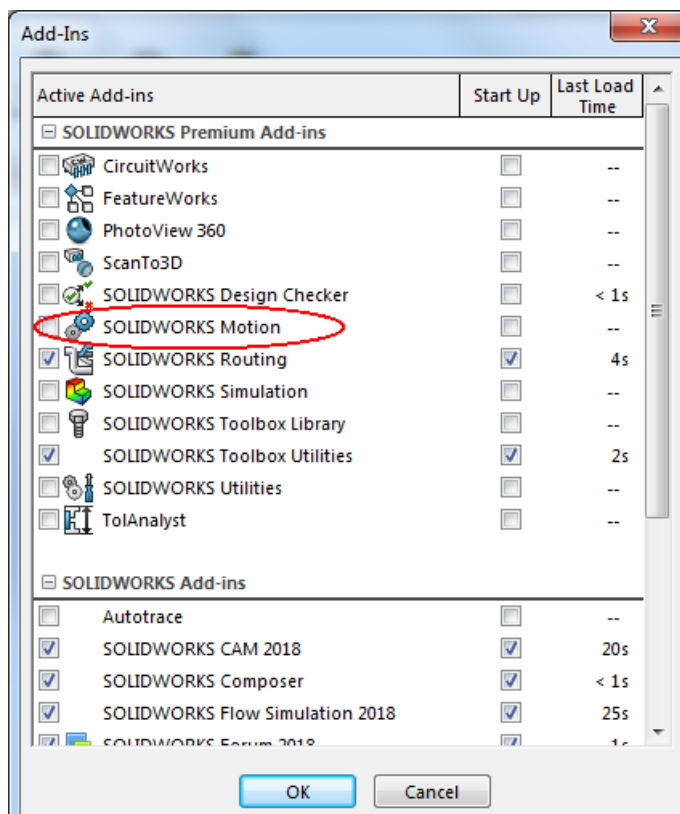
Manipulyatorun kinematik analizini yerinə yetirmək üçün menyü sətrindən



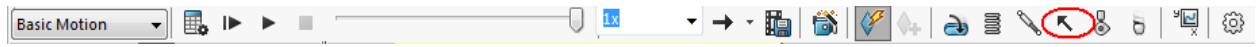
Options (parametrlər)


siyahısından **Add-Ins...** (əlavələr) əmri



işə salınır. [8,13]

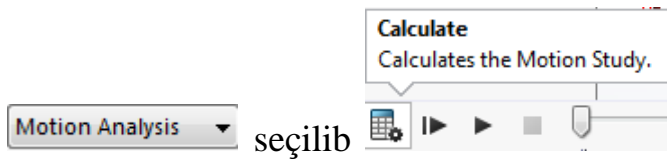


Açılmış eyniadlı pəncərədən SOLDWORKS Motion əlavəsi qoşulur (sol və sağındakı açarlar aktivləşdirilir).

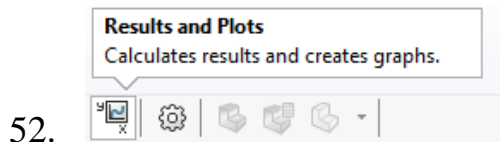




Sonuncu sətərdə **Motion Study 1** üzərində  sağ düymə sıxılır və açılmış kontekst menyudan Create New Motion Study (hərəkətin tədqiqinin yaradılması) əmri seçilir və nəticədə **Motion Study 2** yaradılır.[8,12]

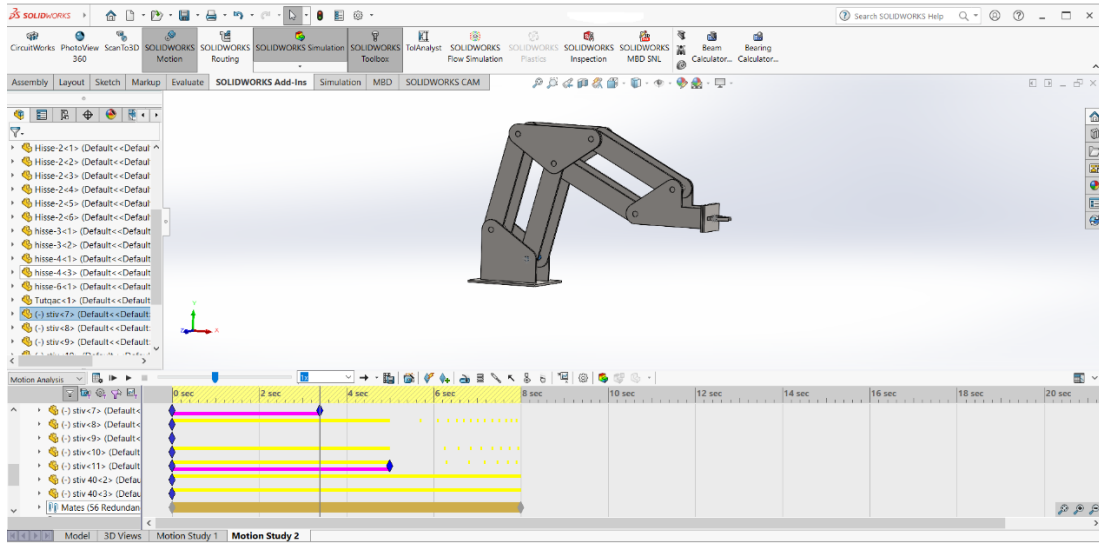
Qolların fırlanma hərəkətini almaq üçün pəncərədən  **Motor** (mühərrik) əmri vurulur. *Manipulyatorun* qolunun qeyd edilən üzü aktivləşdirilir və avtomatik həmin üzə mühərrikin fırlanma itiqamətini göstərən qırmızı rəngli ox işarəsi görünür. Konstruksiya təmə lövhəsindəki **Motor** (mühərrik) pəncərəsində 100 RPM (mühərrikin dövrlər sayı) 2 ilə əvəz edilir və  OK basılır.



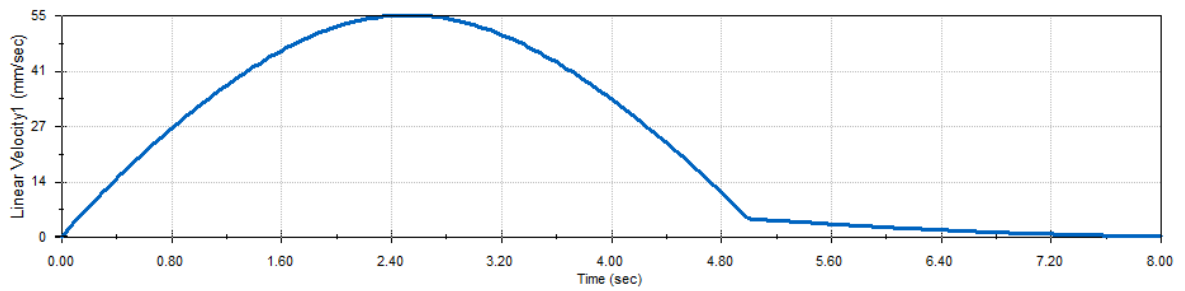
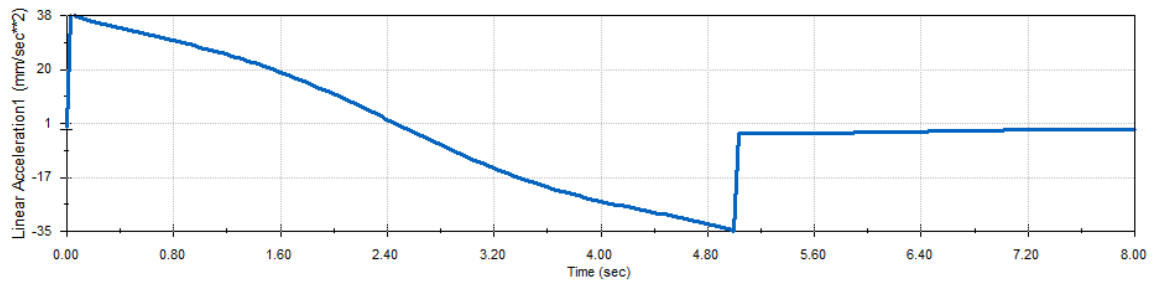
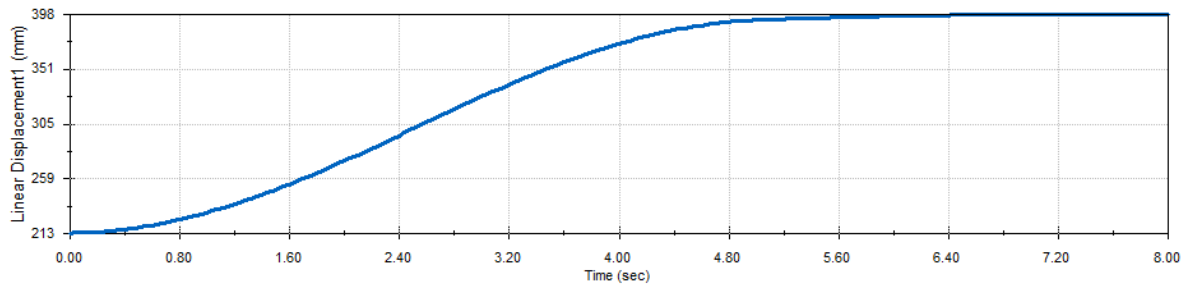
Calculate (hesablama) əmri vurulur və kompüter 8 saniyəlik kadrları hesablayıb animasiyanı yaradır.



52. (Nəticələr və çap) əmrilə kinematik analizin nəticələrinə baxmaq olar.[11,14] Məsələn, qolun yerdəyişməsinin zamandan asılılıq qrafikinə baxaq: açılmış **Results** (nəticələr) pəncərəsindən Result siyahısından 1-ci dən **Displacement/Velocity/Acceleration** (yerdəyişmə/sürət/təcil), 2-ci dən **Linear Displacement** (xətti yerdəyişmə), 3-cü dən **Z Component** z istiqaməti seçilir. Seçmə pəncərəsinin aktiv vəziyyətində  **Face** (göy rəngli) ekrandan itələyici seçilir və  OK basılır.

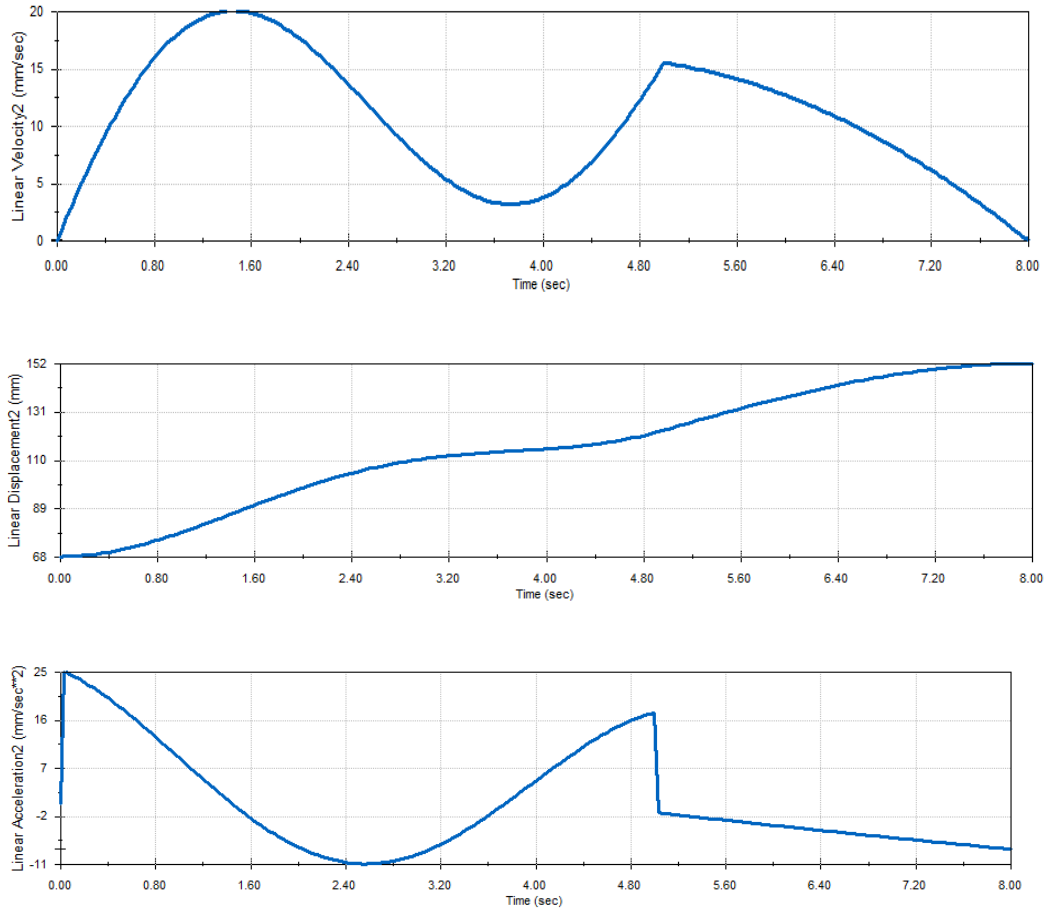


Hər iki qolun eyni anda hərəkəti zamanı x oxu üzrə yerdəyişmə sürət və təcil diaqramları

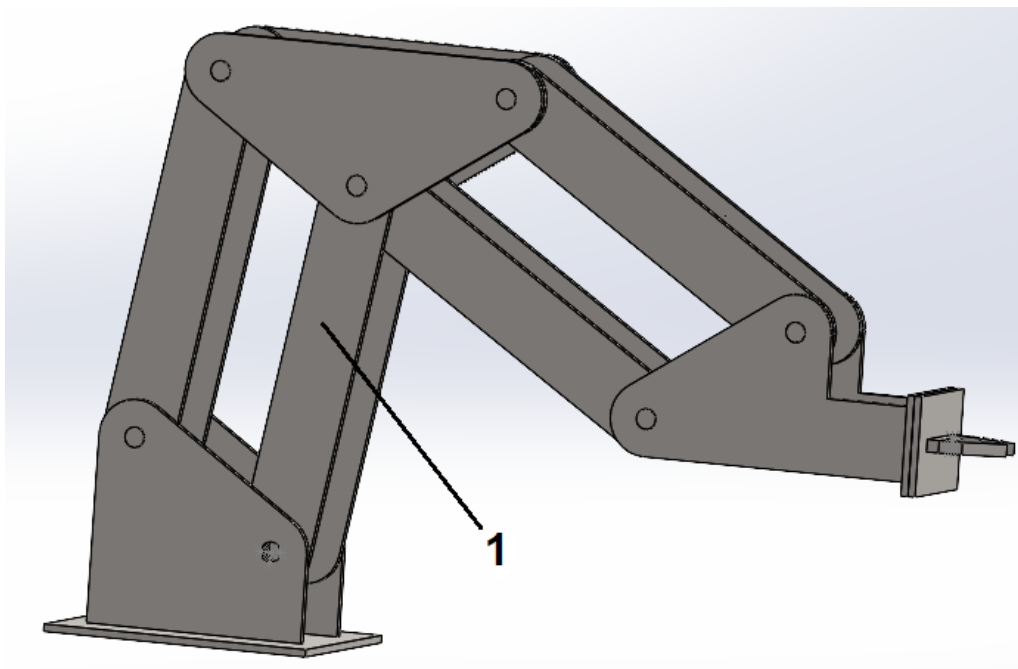


Şək. 3.1.1

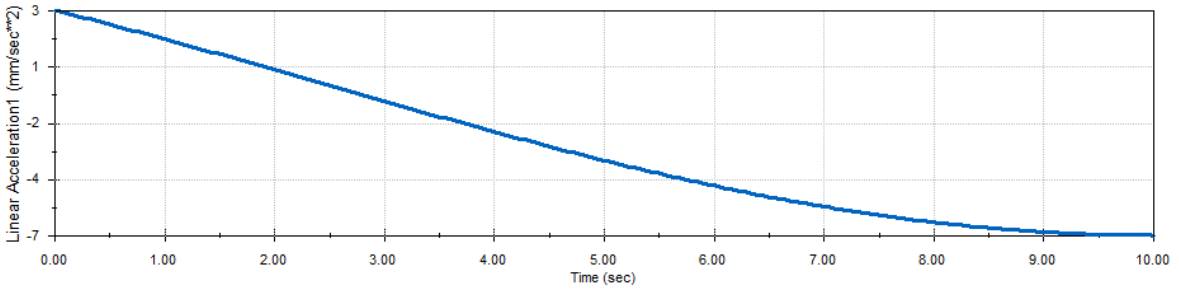
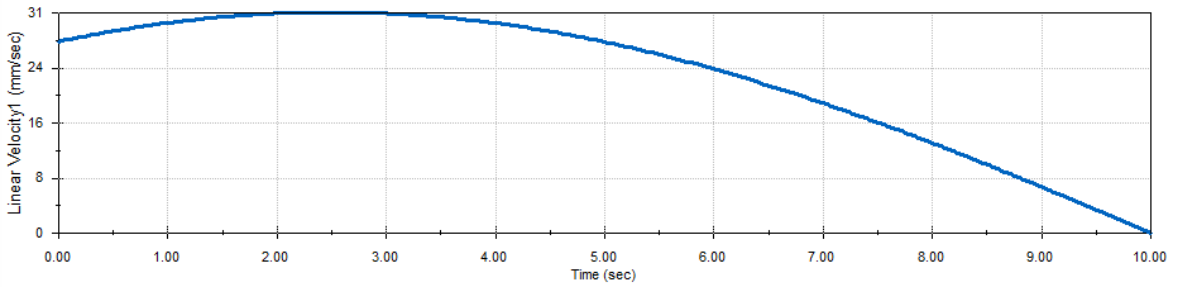
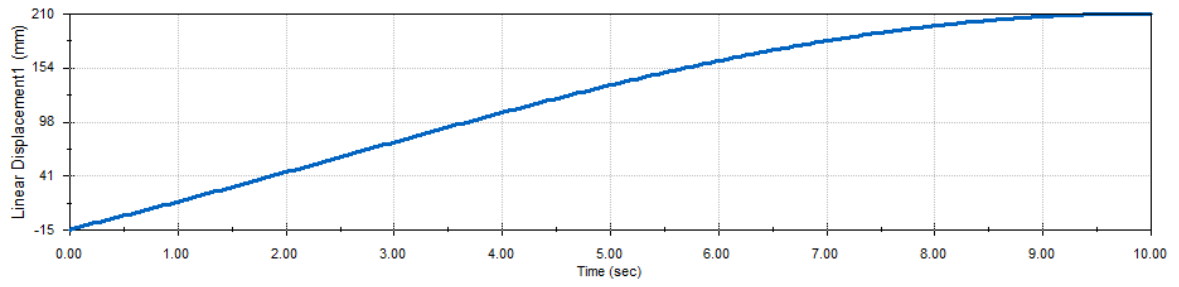
Hər iki qolun eyni anda hərəkəti zamanı y oxu üzrə yerdəyişmə sürət və təcil diaqramları



Şək. 3.1.2

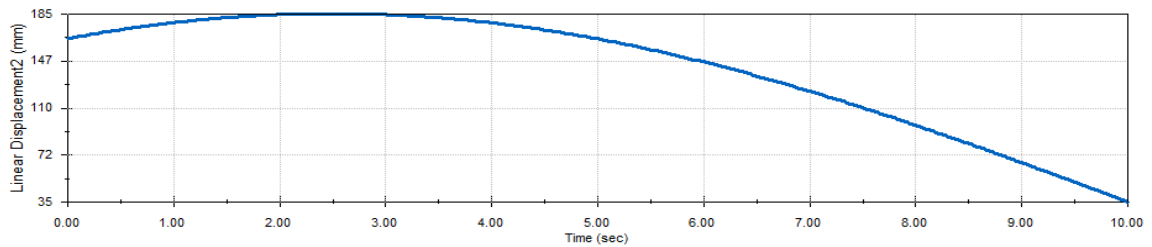


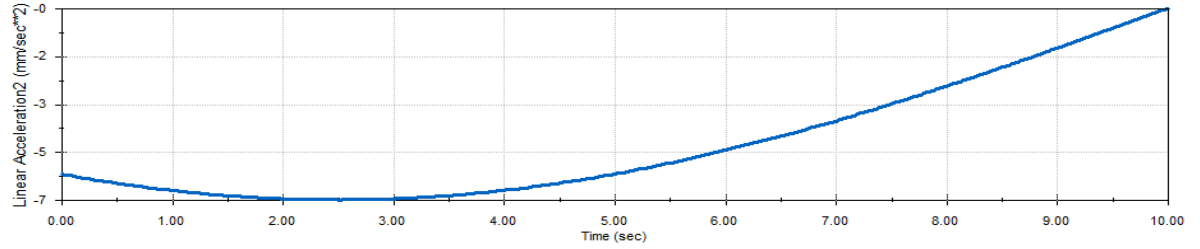
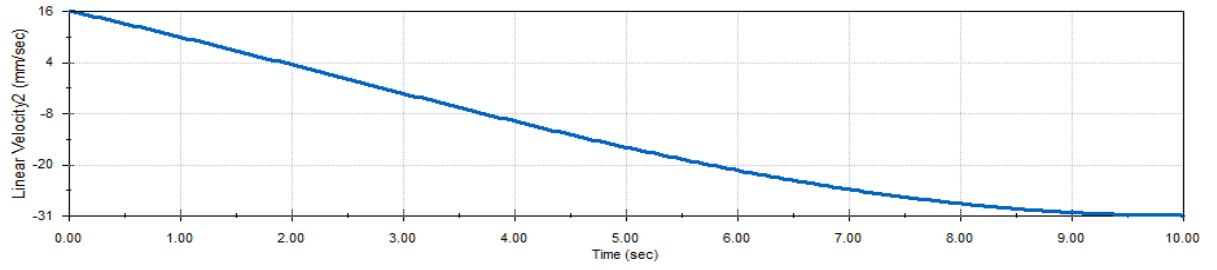
1 qolunun hərəkəti zamanı x oxu üzrə yerdəyişmə sürət və təcil diaqramları



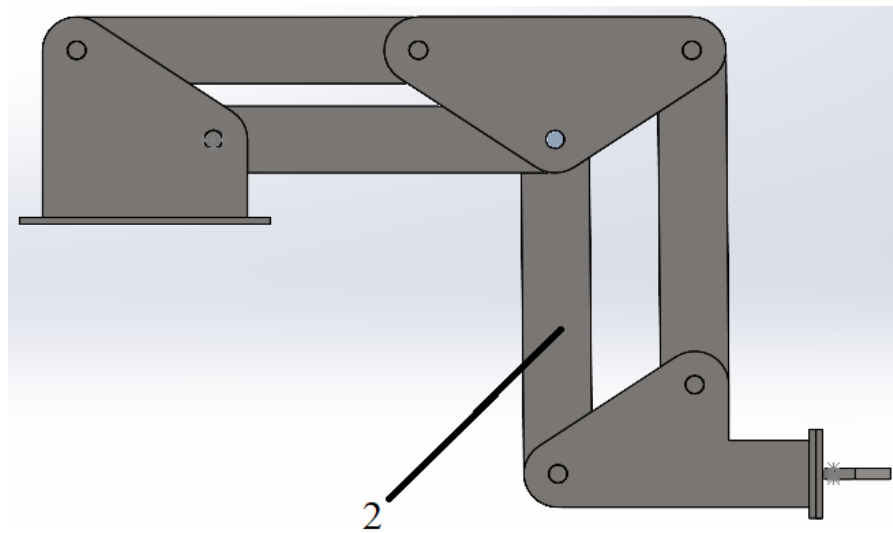
Şək. 3.1.3

1 qolunun hərəkəti zamanı y oxu üzrə yerdəyişmə sürət və təcil diaqramları[8]

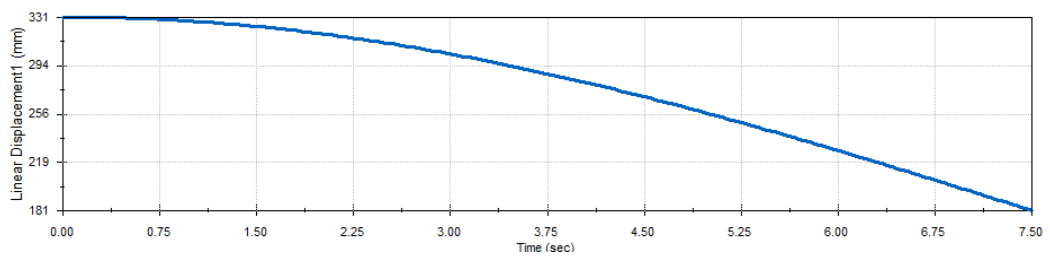


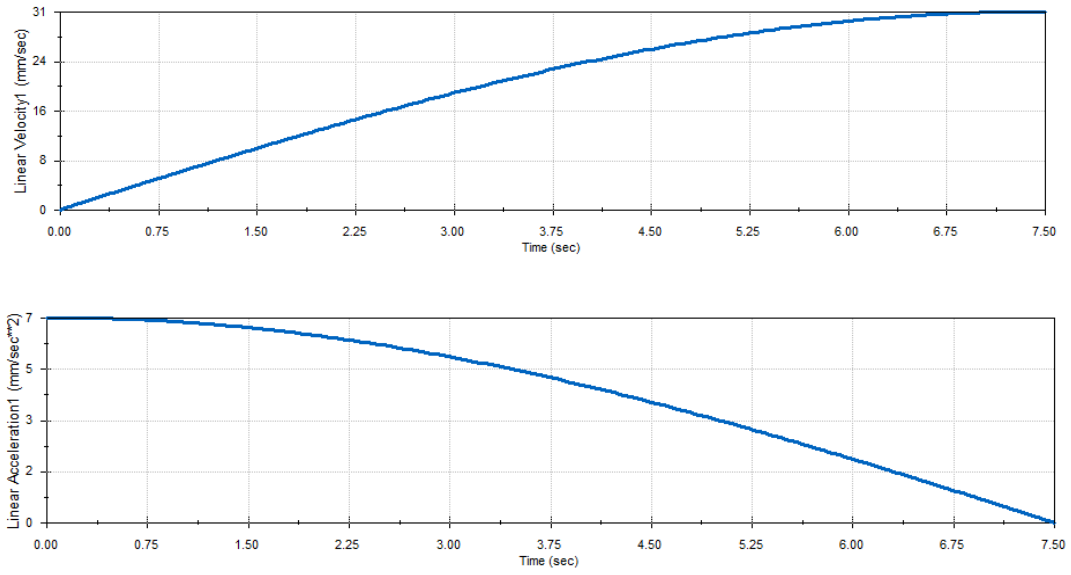


Şək. 3.1.4



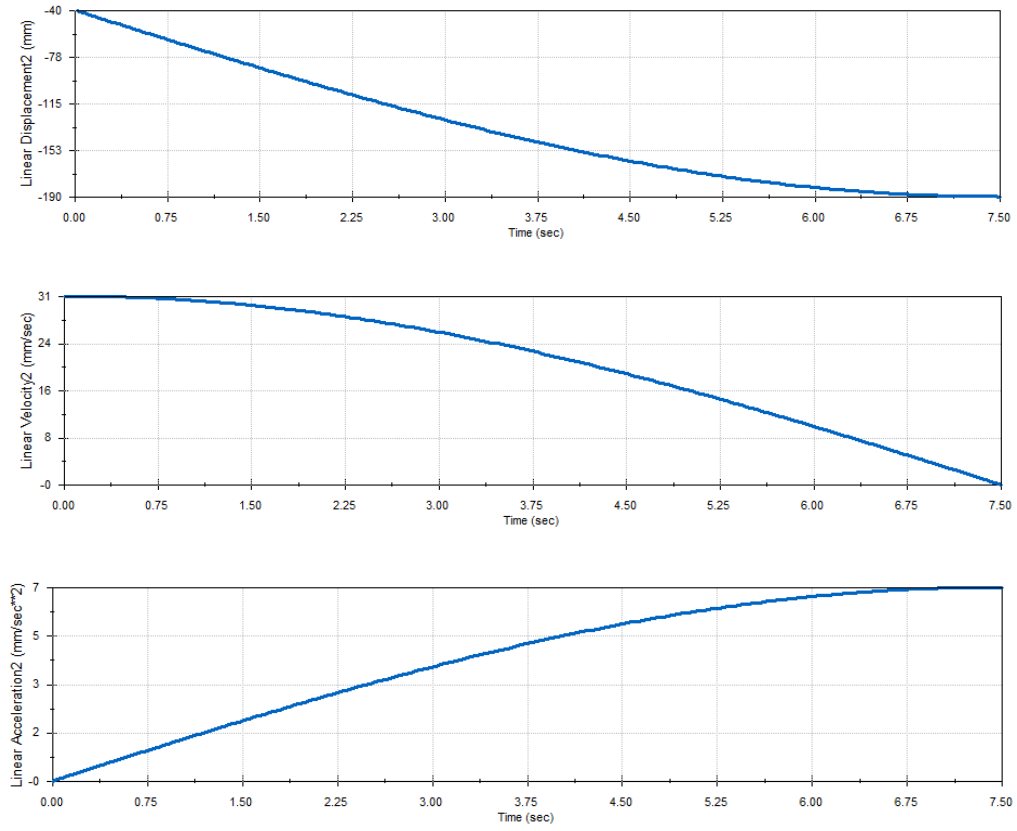
2 qolunun hərəkəti zamanı x oxu üzrə yerdəyişmə sürət və təcil diaqramları





Şək. 3.1.5

2 qolunun hərəkəti zamanı y oxu üzrə yerdəyişmə sürət və təcil diaqramları




Şək. 3.1.6


Aparılmış kinematik analiz nəticəsində əvvəlcə manipulyatorun hər giriş bəndinə ayrılıqda hərəkət verməklə, daha sonra isə hər iki aparıcı bəndə eyni zamanda hərəkət verməklə x və y oxları boyunca yerdəyişmə, sürət və təcil diaqramları qurulmuşdur. Alınmış diaqramlar əyani olaraq hərəkət zamanı meydana gələcək sıçrayışları görməyə imkan verir.

Qurulmuş diaqramlardan görünür ki, verilən iş rejimində təxminən 5-ci saniyədə x və y oxları üzrə aparılan bəndin təcilində müəyyən sıçrayış baş verir ki, bu da yükün səlis aparılıb yerləşdirilməsi üçün münasib deyil. Ona görə də təcil diaqramlarında sıçrayış halını istisna edən hərəkət qanunu aparıcı bəndə verilməlidir. Yəni, əks məsələ həll edilərək çıxış bəndinin səlis hərəkətinə uyğun aparıcı bəndlərin bucaq sürətləri və təcilləri təyin edilməlidir. Bunu manipulyatorun işinin xüsusiyyətindən asılı olaraq optimallaşdırma üsulları ilə həyata keçirmək olar.

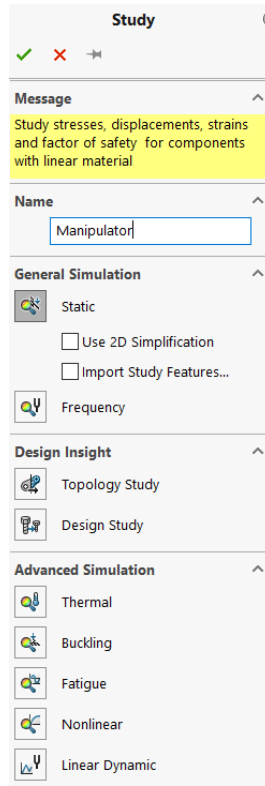
3.2. Manipulyatorun konstruktiv elementlərinin möhkəmliyə və sərtliyə yoxlanılması

Manipulyatorun konstruktiv elementlərinin möhkəmliyə və sərtliyə yoxlanılması ən ağır yüklənmiş hal üçün nəzərdən keçirilmişdir. Bu hal manipulyatorun üfüqi vəziyyətdə tam açılmış halına uyğun gəlir. Sərtliyə yoxlamaq ona görə vacibdir ki, manipulyatorun işçi orqanının ən ağır yüklənmiş hal üçün deformasiyasını bilək. Ona görə ki, deformasiyanın böyük qiymətində palet və daşınan yük hücrəyə dəqiq yerləşdirilməyə bilər. Bundan başqa manipulyatorun qollarının əyilmədə möhkəmliyə yoxlanılması da böyük əhəmiyyətə malikdir.

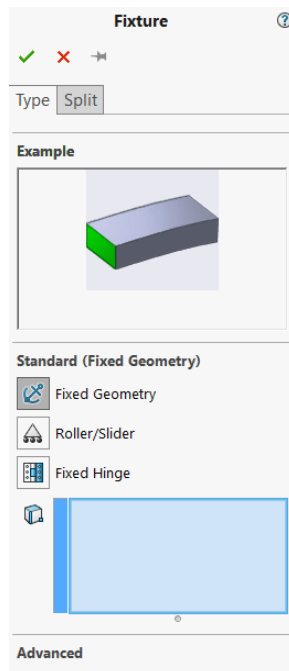
Möhkəmliyin hesablanması üçün əsas lövhədən **Simulation** menyusunun **New Study** (yeni tədqiqat) bölməsindən  **New Study** əmri vurulur və açılmış **Study** pəncərəsində **Static** (statika) rejim seçilib **Study** 1 adı dəyişdirilib hesablamaya *Manipulyator* adı daxil edilib Ok basılır.



Birinci olaraq detala material tətbiq olunur. Konstruksiyaetmə lövhəsində *Manipulyator* üzərində sağ düymə vurulub açılan siyahıdan  **Apply/Edit Material...**

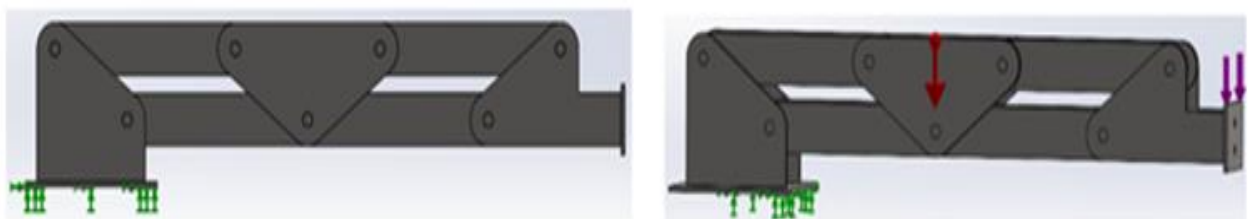
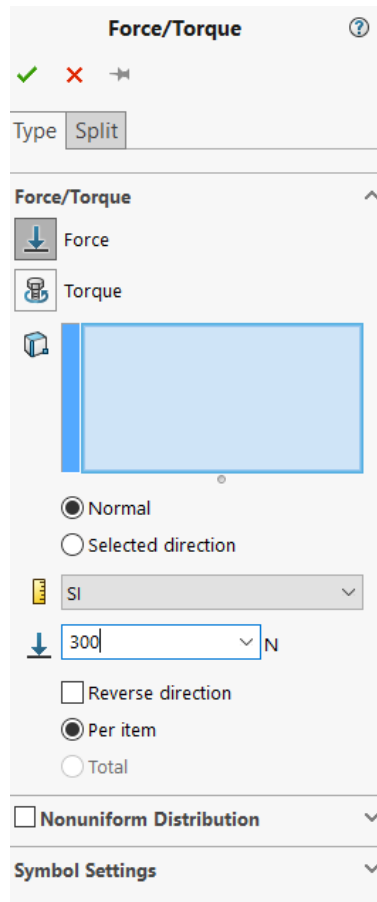
komandası vurulur və açılmış siyahıda material seçilir. Məsələn, **Plain Carbon Steel** (sadə karbonlu polad) seçilir **Apply** >> **Close**.



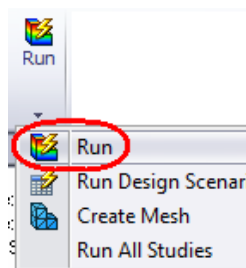
Manipulyator dayağı (*fixtures*) kompüterə tanıtılır. *Manipulyator* konstruksiya lövhəsindən **Fixtures** üzərində sağ düymə vurulub açılan siyahıdan **Fixed Geometry** basılır.[13,14]




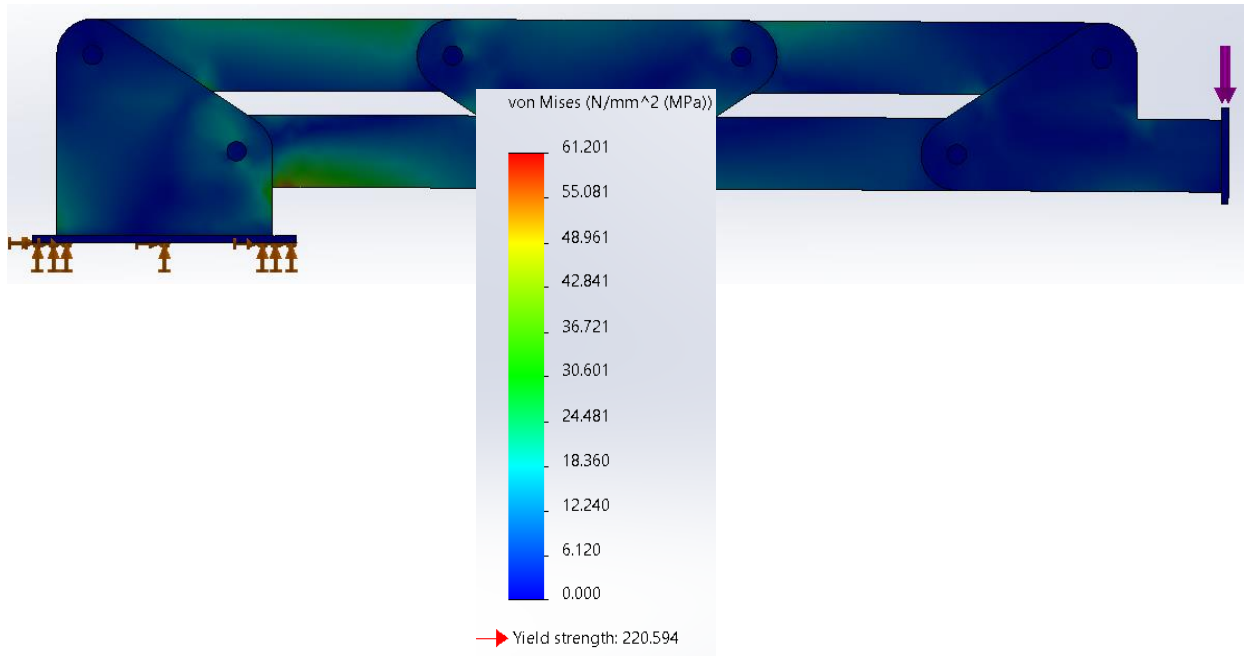
Ektranda *Manipulyator* konstruksiya lövhəsindən  External Loads (xarici yükləmələr) üzərində sağ düymə basılır  Force... (Qüvvə). Digər parametrlər şəkildəki kimi təyin edilir.



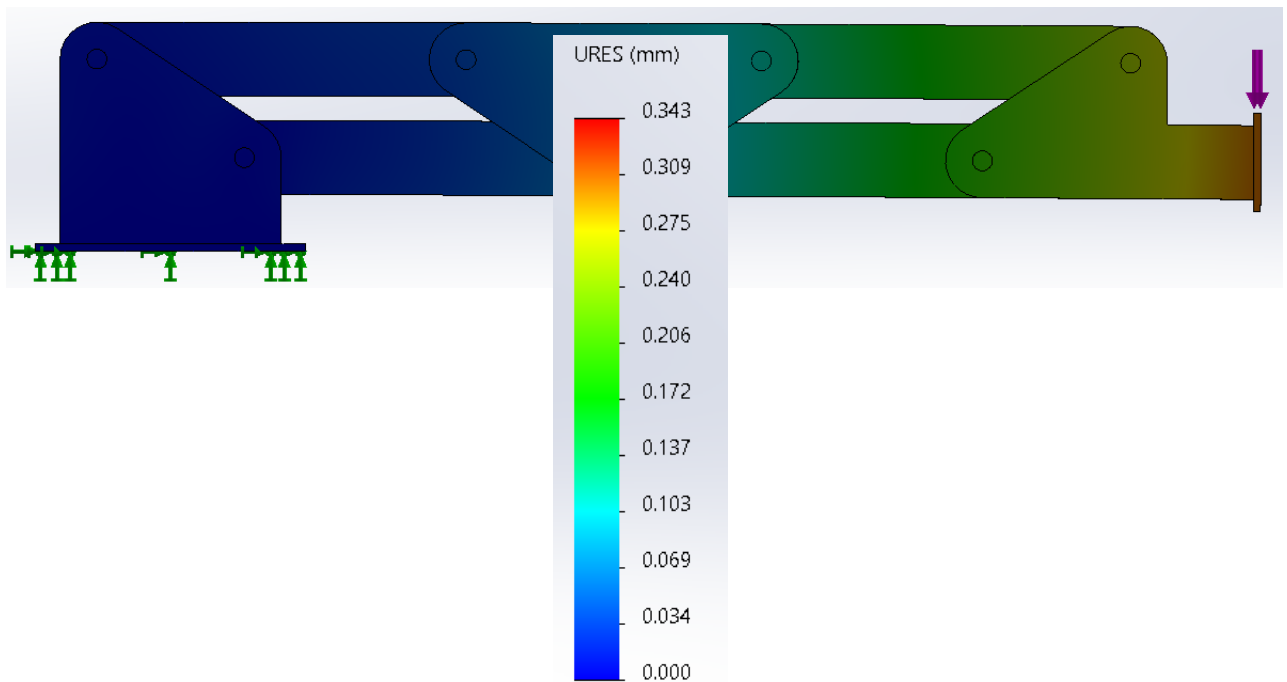
Şək. 3.2.1 Manipulyatorun ən ağır yüklənmiş hal üçün hesabat sxemi



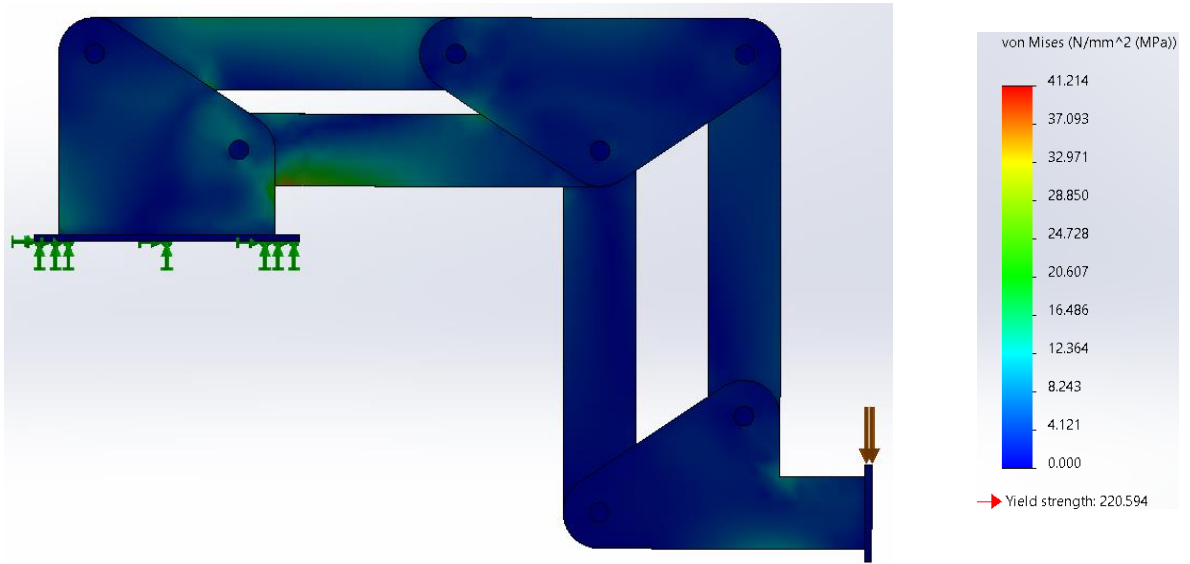
Əsas lövhədən Run vurulur  Run vurulur nəticədə ekranda epür çəkilir. 1-ci Stress-möhkəmlik, 2-ci Displacement-əyilmə.



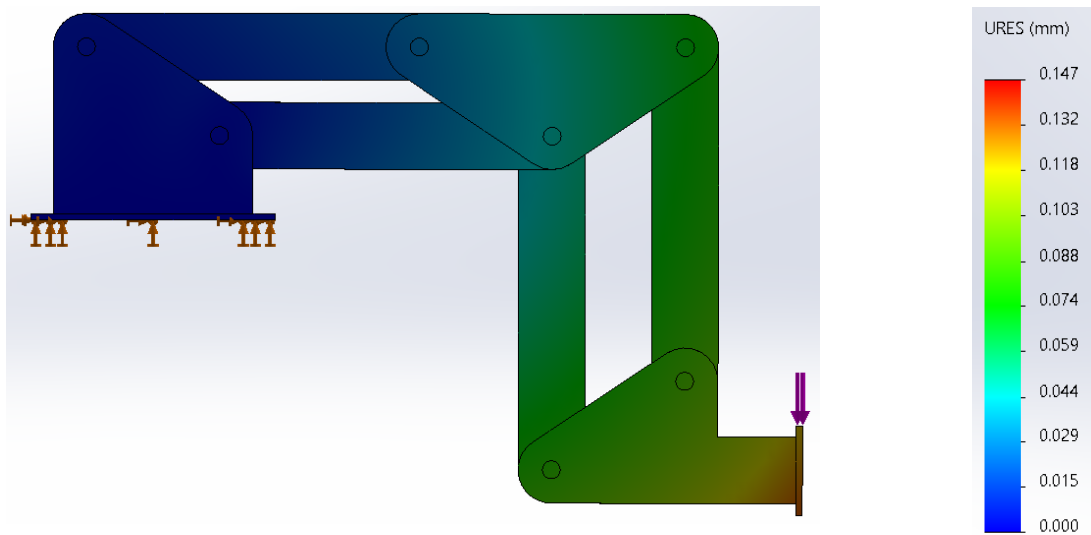
Şək. 3.2.2. Manipulyatorun əyilmədə möhkəmliyə yoxlanması



Şək. 3.2.3. Manipulyatorun əyilmədə sərtliyə yoxlanması



Şək. 3.2.4. Manipulyatorun qolunun ən aşağı vəziyyəti üçün əyilmədə möhkəmliyə yoxlanması



Şək. 3.2.5. Manipulyatorun qolunun ən aşağı vəziyyəti üçün əyilmədə sərtliyə yoxlanması

Hesablamadan alınan nəticələri nəzərdən keçirək. Şəkil 3.2.2-də möhkəmlik epürü verilmişdir. Buraxıla bilən gərginliyin 220 MPa olduğu halda epürdən görünür ki, ən çox yüklənmiş yerdə yaranan gərginlik təxminən (63 MPa) olmuşdur. Bu da buraxıla bilən həddən xeyli aşağıdır. Yəni möhkəmlik şərti tam ödənilir. Şəkil 3.2.3 – də yerdəyişmənin, yəni əyilmə deformasiyanın epürası verilmişdir. Maksimum deformasiya yerdəyişmə təqribən 0,4 *mm* –dir. Bu da buraxıla bilən hədd daxilindədir.

NƏTİCƏLƏR

Aparılmış tədqiqat işlərinə əsasən aşağıdakı nəticələrə gəlmək olar:

1. SolidWorks proqramından istifadə etməklə manipulyatorun 3D modellənməsi layihələndirmə prosesini xeyli asanlaşdırır və konstruksiya tam detallı təsvir olunur.
2. Simulyasiya modeli manipulyatorun iş prosesini tam təsvir etməyə və müxtəlif rejimlər üçün təcrübələr aparmağa imkan verir.
3. Yaradılmış model konstruksiya elementlərinin möhkəmliyə və sərtliyə yoxlanılmasına imkan verir.
4. Proqram təminatının köməyi ilə qurulmuş manipulyatorun işçi orqanının yerdəyişmə, sürət və təcil diaqramlarına görə aparıcı bəndlərin hərəkət qanununu optimallaşdırmaq mümkün olur.
5. Manipulyator sərtliyə və möhkəmliyə görə yoxlanılır və yük qaldırma qabiliyyəti müəyyən olunur.

ƏDƏBİYYAT

1. Bruno Siciliano, Oussama Khatib. Handbook of Robotics, Springer. ISBN: 3319325507. Springer, 2017. 2304 p.
2. <https://cnc360.ru/promyshlennoe-oborudovanie/roboty/fanuc/robot-palletoukladchik-m-410ib-450/>
3. <https://universalroboticinc.com/project/fanuc-lr-mate-200id-7h/>
4. Xəlilov İ.Ə., Məjlumov N.B., Şıxməmmədov İ.N. Solidworks proqramında manipulatorun modellənməsi, simulyasiyası, kinematik və dinamik analizi. “Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar” mövzusunda VII Respublika elmi-texniki konfransı. 25-26 may 2023 Bakı.
5. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ SolidWorks. SolidWorks. Dassault Systemes - SolidWorks Corporation 300 Baker Avenue Concord, Massachusetts 01742 USA / США.
6. Xəlilov İ.Ə., İmanov Ə.S.: SolidWorks proqramında reduktorun parametrik layihələndirilməsi. “Maşınqayırmada intellektual texnologiyalar” Beynəlxalq elmi texniki konfrans, Bakı, 28-30 sentyabr 2016.
7. Xəlilov İ.Ə. Maşınların yaradılmasının texniki əsasları. Bakı, Çarşıoğlu, 2002.176 səh.
8. Анурьев, В.И. Справочник конструктора машиностроителя/ В.И. Анурьев: в 3 т. Т.3. – М.: Машиностроение, 2001. – 859 с.
9. Kəngərli A.M. Maşın və mexanizmlər nəzəriyyəsi. Bakı, 2004.
10. Kəngərli A.M., Əliyev Ş.N., Kərimov S.X. Maşın və mexanizmlər nəzəriyyəsi. Kurs layihəsi. Bakı, 2005.
11. Fərzəliyev M.H. Maşın və mexanizmlər nəzəriyyəsi. Bakı, 2005.
12. Халилов И.А., Керимов С.Х., Рзаева Г.М. Способ синтеза рычажного механизма, обеспечивающего заданный закон движения/ Вестник машиностроения, М.: 2017, №3, 3-5
13. Alizade R.İ.: Structural Synthesis of Robot Manipulators by Using Screw with Variable Pitch. Proceedings of the international Symposium of mechanism and Machine Science, 11-14 September 2017, Baku, Azerbaijan, P. 21-35

14. Rasim Alizade, Çağdaş Bayram. Structural synthesis of parallel manipulators
Mechanical Engineering Department, Izmir Institute of Technology, Urla
35437, Izmir, Turkey Received 5 October 2002; received in revised form 20
January 2004; accepted 24 February 2004