A.A.Yusupov

ISHLAB CHIQARISH JARAYONLARIDA IMITATSION MODELLASHTIRISH



O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM,
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
ANDIJON DAVLAT TEXNIKA INSTITUTI

A.A.YUSUPOV

ISHLAB CHIQARISH JARAYONLARIDA IMITATSION MODELLASHTIRISH

fanidan amaliy va laboratoriya mashg‘ulotlar uchun
o‘quv qo‘llanma

60711600 – Intellektual muhandislik tizimlari (tarmoqlar va sohalar bo‘yicha)
60711400 - Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish (tarmoqlar bo’yicha) yo‘nalishi ta’lim oluvchi bakalvr talabalari va shu soha bo‘yicha ishlaydigan muhandis-texnik mutaxassislar foydalanishlari uchun o‘quv qo‘llanma sifatida tavsiya etiladi.

ANDIJON – 2026 YIL

UO‘K 004.942:658.5(075.8)
KBK 32.81+32.965
Y91

A.A.Yusupov. Ishlab chiqarish jarayonlarida imitatsion modellashtirish. [O‘quv qo‘llanma] – “Omadbek print number one” MCHJ. Andijon: 2026. – 237 b.

Ushbu o‘quv qo‘llanma 60711600 – Intellektual muhandislik tizimlari (tarmoqlar va sohalar bo‘yicha) va 60711400 - Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish (tarmoqlar bo’yicha) bakalavr yo’nalishlari bo‘yicha tahsil olayotgan bakalvr talabalar uchun mo‘ljallangan. O‘quv qo‘llanmada amaliy va laboratoriya mashg‘ulotlarning har bir mavzusiga oid asosiy nazariy bilimlar, modell va modellashtirish dasturlari bilan ishlash, masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar va mustaqil bajarish uchun topshiriqlar keltirilgan. O‘quv qo‘llanmada rivojlangan xorijiy mamlakatlar o‘quv yurtlarining keyingi yillarda qo‘llayotgan imitasion modellashtirish fanlarining dasturlari va adabiyotlaridan foydalanilgan. Fanni o‘qitishdan maqsad Respublikada muhandislik tizimlarini loyihalovchi mutaxassislarning xorijiy hamkasblari bilan raqobatlasha oladigan kadr bo‘lishini ta’minlashdan iborat.

Ushbu o’quv qo’llanma O’zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar azirligining 2026 – yil 22 iyundagi № 5896-056a-3929-7caf-6637-2187-6088 sonli ma’lumotnomasiga asosan nashr etishga ruxsat berildi.

Taqrizchilar:

Sabirov U.K. – Andijon davlat texnika instituti “Intellektual boshqaruv va robototototexnika” kafedrasi professori, i.f.n.

Shokirov B.M. – Andijon qishloq xo‘jaligi va agrotexnologiyalar instituti “Elektr energiyasi va nasos stansiyalaridan foydalanish” kafedrasi mudiri, t.f.d.

ISBN : 978-9910-16-139-1

0396

© A.A.Yusupov
© Omadbek print number one

Kirish

Ushbu fan oliy o‘quv yurtlarida 60711600 – Intellektual muhandislik tizimlari (tarmoqlar va sohalar bo‘yicha) yo‘nalishi hamda 60711400 - Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish (tarmoqlar bo’yicha) yo’nalishi o‘quv rejasiga muvofiq yozilgan. O‘quv qo‘llanma muhandislik tizimlarida imitasion modellashtirishning uslubiy va axborot ta'minoti bilan bog'liq masalalarni, simulyatsiya modellari va ularning elementlarini qurishning umumiy masalalarini, shuningdek, keng qo‘llaniluvchi modellar uchun asosiy bo‘lgan modellashtirish tuzilmalariga oid ba'zi maxsus masalalarni o‘z ichiga oladi. Imitasion modellashtirishning asosiy zamonaviy yondashuvlari va simulyatsiya modellarini yaratish va o‘rganish uchun foydalaniladigan vositalar va ulardan foydalanish masalalarini qamrab oladi.

Imitasion modellashtirish (inglizcha “*imitation”*) - bu analog modellashtirishning keng tarqalgan turi bo‘lib, u maxsus simulyatsiya qiluvchi matematik vositalar to‘plami yordamida amalga oshiriladi. Analog jarayonlar orqali kompyuter xotirasidagi real murakkab jarayonning tuzilishi va funktsiyalarini rejimda maqsadli o‘rganish imkonini beruvchi kompyuter dasturlari va dasturlash texnologiyalari.

Imitsion modeli - bu har qanday murakkab ob'ektning faoliyatini simulyatsiya qilish imkonini beruvchi maxsus dasturiy ta'minot to‘plamida tayyorlangan model xisoblanadi.

Imitasion modellashtirish - bu shunchaki kompyuter ishi bo‘lib, uni improvizatsiya qilingan vositalar bilan amalga oshirish mumkin.

Murakkab tizimlarning ishlash dinamikasini o‘rganish usullarini ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish zamonaviy fanning yangi muammolaridan biridir. Murakkab tizimlar sinfiga odatda yirik texnologik, ishlab chiqarish, energetika, aloqa komplekslari, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari, yuqori unumli ko‘p protsessorli hisoblash tizimlari va boshqa ob’ektlar kiradi. Imitasiya usuli juda murakkab muammolarni hal qilishga imkon beradi; o‘rganilayotgan tizim bir

vaqtning o‘zida uzluksiz va diskret harakat elementlarini o‘z ichiga olishi, murakkab tabiatning ko‘plab tasodifiy omillari ta'siriga duchor bo‘lishi, juda noqulay munosabatlar bilan tavsiflanishi va boshqalar. Imitasiya usuli har bir yangi vazifa uchun maxsus jihozlarni yaratishni talab qilmaydi va o‘rganilayotgan tizimlar parametrlari qiymatlarini va dastlabki shartlarni osongina o‘zgartirishga imkon beradi.

Imitasion usul ba'zan murakkab tizimni, ayniqsa uni loyihalash yoki modernizatsiya qilish bosqichida o‘rganishning yagona amaliy usuli hisoblanadi. Shuni ham ta'kidlash kerakki, imitasion modellarini amalga oshirish uchun ish vaqti va moddiy resurslar to‘liq miqyosli eksperiment bilan bog'liq xarajatlarga nisbatan ahamiyatsiz bo‘lib chiqadi. Shu bilan birga, paydo bo‘ladigan muammolarni amaliy hal qilish uchun ularning qiymati bo‘yicha imitatsion modellashtirish natijalari ko‘pincha tabiiy tajriba natijalariga yaqin bo‘lib chiqadi.

Imitasion modellarni yaratish uchun maxsus dasturiy ta'minot yoki amaliy dasturlar paketi kerak bo‘ladi. Bunday amaliy dasturlar paketlarining o‘ziga xos xususiyatlari ishlash texnologiyasi, til vositalari to‘plami, xizmat ko‘rsatish dasturlari va modellashtirish texnikasi bilan bir birlaridan farq qiladi.

Sanoat ishlab chiqarishini (energetika, transport, mashinasozlik, kosmik texnika va boshqalarni) rivojlantirish va takomillashtirish mashina va agregatlarning ish unumdorligini uzluksiz oshirishni, mahsulot sifatini yaxshilashni, tannarxni pasaytirishni taqozo etadi. Shu o‘rinda O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning “Milliy taraqqiyot yo‘limizni qat`iyat bilan davom ettirib, yangi bosqichga ko‘taramiz” nomli asarida ta`kidlangan quyidagi so‘zlarini keltiramiz: “Barqaror ijtimoiy-iqtisodiy taraqqiyotni innovatsion rivojlanishsiz, keng ko‘lamli ilmiy-texnik kooperatsiyasiz va yangi texnologiyalar, ilm-fan va texnika yutuqlarini joriy etmasdan tasavvur qilib bo‘lmaydi” [1, 35-36 бетлар].

Ushbu dolzarb maqsadlarni amalga oshirish muhandislik tizimlarida, shu jumladan avtomatlashtirilgan (inson-operator ishtirokida) boshqaruv tizimlarida imitasion modellashtirishni joriy etish bilan ta`minlanadi.

Ishlab chiuqarish jarayonlarida imitasion modellashtirish zamonaviy fanlarning biri xisoblanadi. U fundamental (umum ilmiy) fanlarga (masalan, matematika, fizika, axborot texnologiyalari va boshqalarga) va amaliy fanlarga (muhandislik dasturlari, elektronika, mikroprotsessor texnologiyasi, dasturlash va boshqalarga) tayanadi. Ushbu fanning asosiy hususiyati shundaki, u boshqa turli fanlar va fan tarmoqlari doirasida o‘zlashtirgan bilimlarimizni tartiblashtiradi-tizimlashtiradi, keng miqyosda fiklashga o‘rgatadi va bu esa salohiyatimizni o‘sishiga olib keladi. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti SH. M. Mirziyoyevning “Yangi O‘zbekiston strategiyasi” kitobida kadrlar salohiyatiga tegishli quyidagi fikrlar aloxida ta’kidlab o‘tilgan: “...yuksak intellektual salohiyat va yangicha tafakkurga ega, mustaqil fikrlovchi, vatanparvar va o‘z xalqiga sodiq, zamonaviy bilim va ko‘nikmalarni o‘zlashtirgan, yuqori malakali mutaxassislarni jalb qilishga qaratilgan kadrlar siyosatini davom ettiramiz”[1].

Ushbu manba oliy ta`limning “60711600-Intellektual muhandislik tizimlari” yo’nalishi hamda 60711400 - Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish (tarmoqlar bo’yicha) talabalari uchun “Ishlab chiqarishda imitatsion modellashtirish” fanidan amaliy va laboratoriya mashg’ulotlari uchun o‘quv qo‘llanma sifatida tavsiya etilmoqda. “Axborot texnologiyalari”, “Texnologik jarayonlar ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish” magistr talabalari uchun ham qo‘shimch manba sifatida xizmat qilishiga tavsiya etiladi.

Ushbu o‘quv qo‘llanmani tayyorlashda ustozlarning adabiyotlar ro‘yxatida keltirilgan manbalaridan foydalanganligimizni aloxida ta`kidlaymiz.

Ushbu o‘quv qo‘llanma kirish, 5 ta bob, foydalanilgan adabiyotlar va internet manbalari ro‘yxati, imitasion modellashtirishning tayanch bilimlarini aks ettiruvchi glossariy kabi bo‘limlardan tashkil topgan. Har bir bob xulosalar, talabalar uchun induvidual variantlar, nazorat savollari va nazorat savollari bilan ta`minlangan.

[1] Mirziyoyev SH.M. Yangi O‘zbekiston strategiyasi [Matn]/SH.M.Mirziyoyev. - Toshkent: “O’zbekiston” nashriyoti, 2021. - 464 b.

Ushbu o‘quv qo‘llanmani o‘qib, tahlil qilib, yutuq va kamchiliklarini ko‘rsatib taqriz bergan hamkasblar va ustozlarga samimiy minnatdorchiligimizni bildiramiz.

Muallif.

I-BOB. MUHANDISLIK TIZIMLARI VA ULARNI TASHKIL ETUVCHILARI

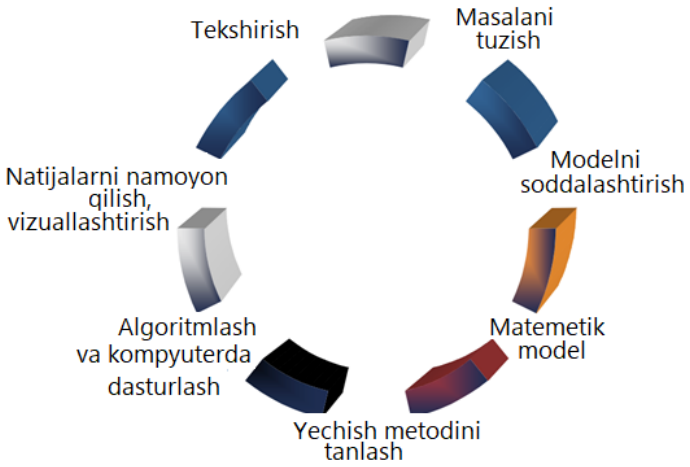
1.1-§. Muhandislik tizimlari dinamik tizimlar sifatida.

Ishdan maqsad: misollar yordamida muxandislik tizimlarini modellashtirish asoslari, tuzilishi, uni qurish prinsiplarini bo‘yicha amaliy ko‘nikmalarga ega bo‘lish.

Nazariy qism.

Hozirgi vaqtda muhandislik tizimlarini loyihalash jarayonida boshqaruv qarorlarini tayyorlash o‘rganilayotgan tizimlar dinamikasiga ta'sir qiluvchi ko‘plab turli omillarni hisobga olishni talab qiladi. Qaror qabul qiluvchilar yuzlab turli stsenariylarni (qaror qabul qilish variantlarini) tahlil qilishlari kerak, bu esa har xil turdagi simulyatsiya modellarini ishlab chiqish, ushbu modellarni ma’lumotlar bazalari va ma’lumotlar omborlari bilan integratsiyalash hamda simulyatsiya modellari uchun optimallashtirish modullarini yaratishni taqozo etadi.

Muxandislik tizimlarini loyihalashda muhim ilmiy muammolaridan biri o‘rganilayotgan ob'ektning vaqt va makondagi harakatini uning dastlabki holati to‘g'risidagi ma'lum bilimlarga asoslangan holda bashorat qilish muammosini hal qilishdir. Bu vazifa x_0 fazoning biror nuqtasida t_0 boshlang'ich vaqtida ob'ekt haqidagi mavjud ma'lumotlarga asoslanib, istalgan vaqtda $t>t_0$ jarayon kelajagini aniqlash imkonini beradigan ma'lum bir qonunni topishga to‘g'ri keladi. Ob'ektning o‘zining murakkablik darajasiga qarab, bu qonun deterministik yoki ehtimollik bo‘lishi mumkin, u ob'ektning faqat vaqt ichida, faqat fazoda rivojlanishini yoki fazoviy-vaqt evolyutsiyasini tasvirlashi mumkin.



1.1.1-rasm. Matematik modellashtirish bosqichlari ketma-ketligi.

Modellashtirish va simulyatsiya murakkab muammolarni hal qilish uchun turli sohalarda qo‘llaniladigan kuchli vositadir. Modellashtirish va simulyatsiya yordamida muammolarni hal qilish uchun amal qilinadigan umumiy jarayon quyidagicha:

1. Muammoni aniqlash: avvalo hal qilmoqchi bo‘lgan muammoni aniq belgilash kerak. U xaqida o‘rganib, maqsad qandayligi, qanday cheklovlar va imkoniyatlar mavjudligi o‘rgqaniladi.

2. Ma'lumot to‘plash: modeli haqida ma'lumot beradigan tegishli ma'lumotlar to‘planadi. Bunga maxsus ma'lumotlar, eksperimental ma'lumotlar yoki adabiyotlar taxlili bo‘yich ko‘rib chiqilgan ma'lumotlar kiradi.

3. Modelni shakllantirish: o‘rganilayotgan tizimni ifodalovchi matematik yoki hisoblash modelini ishlab chiqiladi. Ushbu model tizimdagi asosiy o‘zgaruvchilar va munosabatlarni qamrab olishi kerak.

4. Simulyatsiya dasturini tanlash: model uchun mos simulyatsiya dasturi yoki vositalarini tanlanadi. Bu MATLAB yoki SimPy, Python kabi kutubxonalari mavjud umumiy maqsadli simulyatsiya dasturidan tortib, ma'lum sanoat yoki ilovalarga moslashtirilgan maxsus dasturiy ta'minotgacha bo‘lishi mumkin.

5. Modelni amalga oshirish: matematik modelini kodga tarjima qilinadi yoki uni simulyatsiya dasturiga kiritiladi. Model o‘rganilayotgan tizimni to‘g‘ri aks ettirishiga va uni real vaqt ma’lumotlariga nisbatan tekshirish mumkinligiga ishonch hosil qilinadi.

6. Modelni tasdiqlash: modelni uning bashoratlarini real vaqt rejimida kuzatuvlari yoki eksperimental ma'lumotlar bilan solishtirish orqali tasdiqlanadi. Modelning aniqligi va ishonchliligini oshirish uchun kerak bo‘lganda sozlash ishlari amalga oshiriladi.

7. Simulyatsiyalarni bajarish: turli stsenariylarni o‘rganish, gipotezalarni sinab ko‘rish va turli sharoitlarda tizimning xatti-harakatlari haqida bashorat qilish uchun modelidan foydalanib simulyatsiyalar bajariladi.

8. Natijalarni tahlil qilish: o‘rganilayotgan muammo haqida tushunchaga ega bo‘lish uchun simulyatsiya natijalarini tahlil qilinadi. Tizimni yaxshiroq tushunishga va oqilona qarorlar qabul qilishga yordam beradigan xarakatlar, tendentsiyalar va munosabatlar o‘rganiladi.

9. Takrorlash va takomillashtirish: natijalarni tahlil qilish orqali olingan tushunchalar asosida model va simulyatsiyani takrorlanadi. Tushunish va muammolarni hal qilish qobiliyatini doimiy ravishda yaxshilash uchun modelni takomillashtirish, yangi ma'lumotlarni qo‘shish va muqobil yondashuvlarni sinab ko‘rish zarur bo‘ladi.

Ushbu bosqichlarni bajarish orqali muhandislik va ishlab chiqarishdagi jarayonlarni optimallashtirishdan tortib, aholi salomatligiga qarailgan keng ko‘lamli muammolargacha hal qilish uchun modellashtirish va simulyatsiyadan samarali foydalanish mumkin bo‘ladi.

Muhandislik tizimlarini ko‘pincha dinamik tizimlar sifatida tushunish va tahlil qilish mumkin, bu erda tizimning xatti-harakati vaqt o‘tishi bilan kirishlar, buzilishlar va ichki o‘zaro ta'sirlarga javoban o‘zgaradi.

Dinamik tizim deganda har qanday ob'ekt yoki jarayon tushuniladi, ular uchun holat tushunchasi ma'lum bir vaqtdagi ma'lum miqdorlar yig'indisi sifatida aniq belgilanadi va vaqt davomida dastlabki holatning o‘zgarishini (evolyutsiyasini) tavsiflovchi qonun belgilanadi. Ushbu qonun dinamik tizimning kelajakdagi holatini boshlang'ich holatiga qarab bashorat qilish imkonini beruvchi evolyutsiya qonuni deb ataladi.

Dinamik tizimlarni modellashtirish mohiyatan tizim-dinamik modellashtirish yondashuvining asoschisi hisoblanadi. Ushbu yondashuv yordamida simulyatsiya mexatronika, elektrotexnika, kimyo va boshqa muhandislik sohalarida rivojlanish jarayonida standart qadam sifatida qo‘llaniladi. Matematik nuqtai nazardan dinamik tizim bu o‘zgaruvchilar uchun belgilangan va ularning vaqt o‘tishi bilan o‘zgarishini tavsiflovchi turli xil turdagi holat o‘zgaruvchilari va algebraik differentsial tenglamalar to‘plamidir. Tizim dinamikasidan farqli o‘laroq, bu yerda o‘zgaruvchilar ma'lum bir "jismoniy" ma'noga ega: joylashuv koordinatalari, tezlik, tezlanish, kuch, kontsentratsiya va boshqalar, ular o‘zlarining ma'nolaridan kelib chiqqan holda, uzluksiz bo‘lib, masalan, jami aks ettiruvchi yig'ilgan miqdorlar emas bir nechta obyektlarni tushunish mumkin.

Muhandislik tizimlarini dinamik tizim sifatida quyidagicha kontseptsiyalash va tahlil qilish mumkin:

1. Holat o‘zgaruvchilari: dinamik tizimlarda tizim holati vaqt o‘tishi bilan rivojlanib boruvchi holat o‘zgaruvchilari to‘plami bilan tavsiflanadi. Ushbu o‘zgaruvchilar istalgan vaqtda tizimning ichki shartlarini yoki konfiguratsiyasini ifodalaydi. Masalan, elektr zanjirida turli nuqtalardagi kuchlanish va oqim holat o‘zgaruvchilari bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

2. Dinamik tenglamalar: dinamik tizimlar holat o‘zgaruvchilari vaqt o‘tishi bilan qanday o‘zgarishini tavsiflovchi differentsial yoki farqli tenglamalar bilan boshqariladi. Ushbu tenglamalar tizimdagi sabab-oqibat munosabatlarini qamrab oladi va ko‘pincha saqlanish qonunlari, Nyutonning harakat qonunlari yoki elektr zanjirlaridagi Kirxhoff qonunlari kabi asosiy printsiplardan kelib chiqadi.

3. Kirish va chiqishlar: dinamik tizimlar, odatda, ularning xatti-harakatlariga ta'sir qiluvchi kirishlarga va tizimning ushbu kirishlarga bo‘lgan munosabatini ifodalovchi chiqishlarga ega bo‘ladi. Kirishlar tashqi kuchlar, boshqaruv signallari yoki buzilishlar bo‘lishi mumkin, chiqishlar esa tizim o‘zgaruvchilari yoki ishlash ko‘rsatkichlari bo‘lishi mumkin.

4. Vaqt reaktsiyasi tahlili: muhandislar dinamik tizimlarning turli xil kirish yoki buzilishlarga qanday javob berishini tushunish uchun vaqt o‘tishi bilan ularning

xatti-harakatlarini tahlil qiladilar. Vaqtinchalik javobni tahlil qilish usullari, masalan, vaqtinchalik javob tahlili va chastotali javob tahlili tizimning dinamikasi, barqarorligi va ishlashini tavsiflashga yordam beradi.

5. **Tekshiruv nazorat:** koʻpgina muhandislik tizimlari oʻz xatti-harakatlarini tartibga solish va kerakli ishlash maqsadlariga erishish uchun qayta aloqani boshqarish mexanizmlarini oʻz ichiga oladi. Teskari aloqani boshqarish tizimlari tizim natijalarini oʻlchash, ularni mos yozuvlar qiymatlari yoki belgilangan nuqtalar bilan solishtirish va barqarorlikni saqlash va kerakli ishlashga erishish uchun tizim kirishlarini mos ravishda sozlash uchun sensorlardan foydalanadi.

6. Modellashtirish va simulyatsiya: muhandislar dinamik tizimlarni ifodalash va turli sharoitlarda ularning xatti-harakatlarini simulyatsiya qilish uchun matematik modellardan foydalanadilar. Ushbu modellar tizimning tabiati va tahlil uchun zarur boʻlgan detallar darajasiga qarab chiziqli yoki chiziqli boʻlmagan, uzluksiz yoki diskret, deterministik yoki stokastik boʻlishi mumkin.

7. Tizimni identifikatsiyalash: tizimni identifikatsiyalash usullari eksperimental ma'lumotlar yoki kuzatishlar asosida dinamik tizim modellarining parametrlarini baholash uchun ishlatiladi. Model bashoratlarini oʻlchangan ma'lumotlarga moslash orqali muhandislar modellarni tasdiqlashlari, tizim parametrlarini aniqlashlari va model aniqligini yaxshilashlari mumkin.

8. Boshqaruv tizimini loyihalash: muhandislar barqarorlik, mustahkamlik va ishlash kabi aniq maqsadlarga erishish uchun boshqaruv tizimlarini loyihalashtiradilar. Boshqaruv tizimini loyihalash tegishli boshqaruv algoritmlarini tanlash, kontroller parametrlarini sozlash va simulyatsiya yoki tajribalar orqali tizim ish faoliyatini baholashni oʻz ichiga oladi. Muhandislik tizimlarini dinamik tizimlar nazariyasi ob'ektivi orqali koʻrib chiqish orqali muhandislar ularning xatti-harakatlari haqida chuqurroq tushunchaga ega boʻlishlari, yanada samarali boshqarish strategiyalarini ishlab chiqishlari va murakkab tizimlarni loyihalash, tahlil qilish va optimallashtirishda yaxshi ma'lumotga ega qarorlar qabul qilishlari mumkin.

Muhandislik tizimi dinamikasi - bu mexanik, elektr, suyuqlik va issiqlik kabi turli tizimlarning dinamik xatti-harakatlarini izolyatsiya qilingan ob'ektlar sifatida

yoki ularning o‘zaro ta'sirida, ular bog'langan ko‘p pog’onali tizimlar bo‘lganda o‘rganadigan fan. Ushbu intizomga xos xususiyat shundan iboratki, turli fizik maydonlarga tegishli tizimlar o‘xshash matematik modellar bilan tavsiflanadi (ko‘pincha differentsial tenglamalar sifatida ifodalanadi); shuning uchun bir xil matematik apparatdan turli soha tizimlarini tahlil qilish yoki loyihalash uchun foydalanish mumkin. Ushbu o‘xshashlik tizimlar o‘rtasida o‘xshashliklar ko‘rinishida ko‘chish imkonini beradi, shuningdek, bog'langan maydon muammolariga unitar yondashuvni qo‘llaydi.

Tizim dinamikasi differensial tenglamalar, matritsalar algebrasi va fizika kabi ilgari o‘rganilgan mavzularga va tizimlar dinamikasiga (mexanik, elektr va suyuqlik yoki issiqlik) tayanadi, ular ehtimol bakalavriatdagi birinchi muhandislikka yo‘naltirilgan materialda birlashtiriladi. Muhandislik tizimi dinamikasi dinamik tizimlarni jismoniy va matematik modellashtirish bilan bog'liq bo‘lib, bu xatti-harakatni boshqaradigan matematik modellarni olishni anglatadi.Ushbu tizimlarning ushbu matematik modellarni yechish va tizim javobini olish. Mexanik tizimlar uchun Nyutonning ikkinchi harakat qonuni yoki elektr tizimlar uchun Kirxgof qonunlari kabi ma'lum modellashtirish protseduralariga qo‘shimcha ravishda, Lagrange tenglamalari, to‘g'ridan-to‘g'ri va teskari Laplas o‘zgarishlari, uzatish funktsiyasi, holat kabi yangi texnikalarni o‘rganib yoki mustahkamlab boriladi.

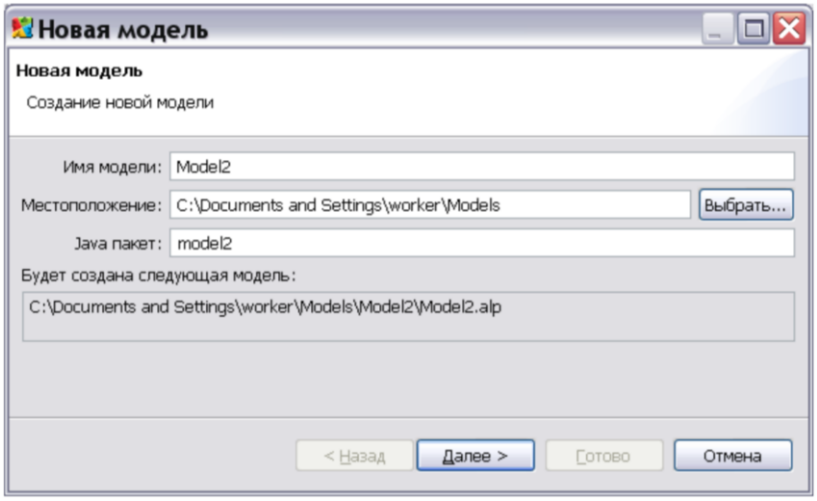
Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar.

Masalani qo‘yilishi: tebranish jarayoni quyidagi shakldagi garmonik tebranishlarning diskret tenglamasi bilan tavsiflanuvchi uzluksiz garmonik tebranishlar jarayonini o‘rganish uchun model tuzing.

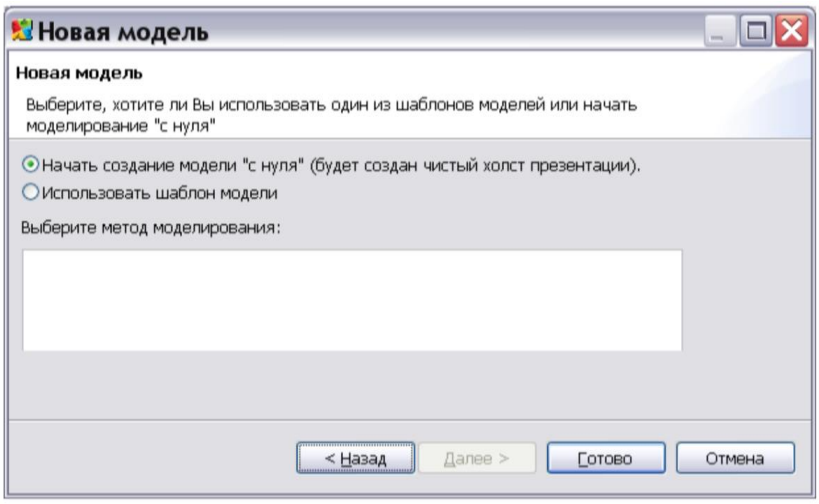
$$x[n] = a\sin\varphi_0 \quad \varphi = \omega t[n] + \varphi$$

Bu yerda, φ – tebranishlar fazasi; φ_0 – boshlang’ich faza; ω – burchak chastotasi; $t[n]$ – diskret vaqt; a – tebranishlar amplitudasi. Diskret vaqt quyidagi formula bo‘yicha ifodalanadi: $t[n]=T_0 \cdot n$, bu yerda $n=0,\ldots,\infty$; T_0 – modelning diskretizasiya davri.

Yangi model yaratish uchun menyu buyrug'idan quyidagi amallarni bajarish kerak: AnyLogic dasturida: «Файл» > «Создать» > «Модель». Kerak model faylining nomini tanlang va keyin noldan yaratish uchun model ekanligini ko‘rsating.



1.1.2-rasm. AnyLogic dasturida yangi modelni yaratishning birinchi bosqichi oynasi.



1.1.3-rasm. Model turini tanlash oynasi.

AnyLogic muhitida modellashtirishda modelning asosiy ob'ekti ildiz ob'ekti Main - avtomatik ravishda yaratiladi.

Model ushbu ob'ektning grafik maydonida tegishli palitrali asboblar yordamida quriladi. Ob'ektning grafik maydoniga o‘zgaruvchilar va parametrlarni joylashtiramiz. Modellashtirishda qaysi model qiymatlari parametrlar va qaysi o‘zgaruvchilar bilan ifodalanishini aniqlash kerak. O‘zgaruvchilar - bu modellashtirish jarayonida o‘zgaruvchan qiymatlar xisoblanadi. Parametrlar

simulyatsiya davrida doimiy bo‘lib qoladigan qiymatlar sifatida tanlanadi yoki ular o‘zgaruvchilarning hisoblangan qiymatlariga ta'sirini aniqlash uchun model tadqiqotchisi tomonidan o‘zgartirilishi mumkin.

1.1.1-jadvalda modelning o‘zgaruvchilari va parametrlarining tasnifi keltirilgan.

1.1.1-jadval

o	Model xususiyatlari	Xarakteristikalar turi
	Tebranish amplitudasi (a)	Parametr
	Tebranish chastotasi (w)	Parametr
	Namuna olish davri (t_0)	Parametr
	Dastlabki bosqich (φ_0)	Parametr
	Diskret vaqt (t_n)	O‘zgaruvchi
	Joriy qiymat tebranish jarayoni (x_n)	O‘zgaruvchi
	Diskret qadam hisoblagichi jarayon (n)	O‘zgaruvchi

Modellashtirish jarayonida dastlabki bosqich deb taxmin qilamiz tebranishlar φ_0 nolga teng. Namuna olish davri t_0 ni 0,1 sekundga teng deb olamiz.

Asosiy ob'ektning grafik maydoniga kerakli elementlarni joylashtirish uchun "Основная" palitrasi yorlig'idan foydalaning. Drag&Drop texnologiyasidan foydalanib, 1.1.4-rasmda ko‘rsatilganidek, "Параметр" belgisi va "Простая переменная" belgisini ob'ekt maydoniga ko‘chiriasiz va ularni namunadaqi kabi joylashtiriasiz.



1.1.4-rasm. Model o‘zgaruvchilari va parametrlari.

AnyLogic modellashtirish muhitida dastur kodi ob'ektga yo‘naltirilgan Java dasturlash tilida yoziladi.

Buning uchun sichqonchaning chap tugmachasini Asosiy ob'ekt maydonining istalgan joyiga bosib, ob'ekt xususiyatlari oynasida funktsiya kodini kiritishingiz kerak. Kod "Дополнительные" bo‘limida yozilgan va 1.1.5-rasmda ko‘rsatilgan shaklga ega bo‘lishi kerak.

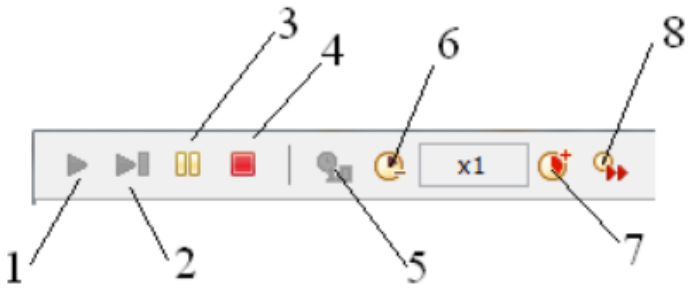
Дополнительный код класса:

```
public void getX(){
n++;//шаг
tn=t0*n;//дискретное время
double phi;
phi=w*tn+phi0;//аргумент
xn=a*Math.sin(phi);
}
```

1.1.5-rasm. Funktsiya kodi.

Funktsiya kodi, AnyLogic modeli uchun yozilgan har qanday boshqa kod kabi, Java dasturlash tilida yozilgan. Kod yozishda siz uni funksiya sifatida yozishingiz kerak. Java dasturlash tili C++ dasturlash tilining keyingi rivojlanishi sifatida yaratilgan. Sintaksis va ko‘plab boshqaruv tuzilmalari C++ tilidan olingan. C++ tilidan farqli o‘laroq, Java tili butunlay ob'ektga yo‘naltirilgan. Ilova amaliy modellarni yaratish uchun zarur bo‘lgan Java tili haqida ma'lumot beradi.

Modelni bajarish jarayonini boshqarish uchun 1.1.6-rasmda ko‘rsatilgan boshqaruv paneli tugmalari to‘plamidan foydalaning.

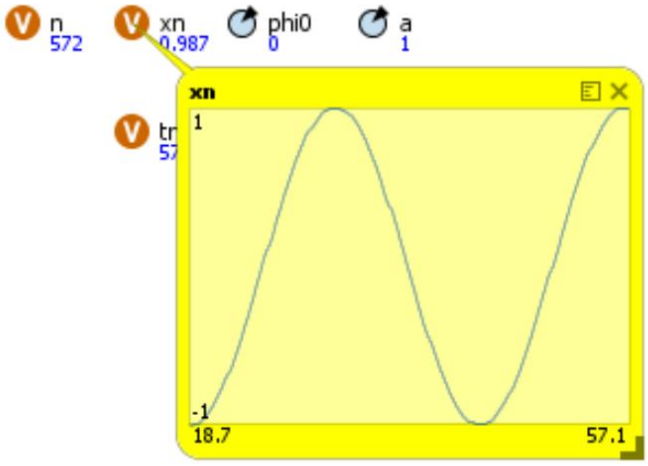


1.1.6-rasm. Asosiy boshqaruv tugmalari

Mazkur tugmalarning ma'nosi quyidagicha:

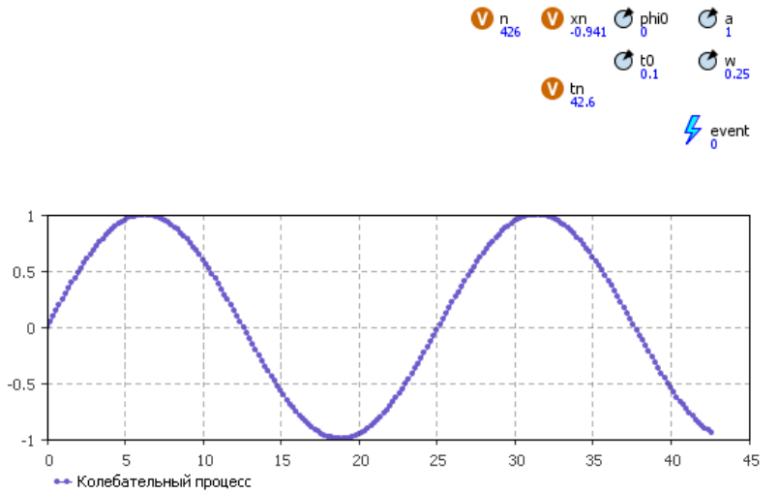
1. Hozirgi holatdan boshlang;
2. Bosqichni yakunlang;
3. Ijroni to‘xtatib turish;
4. Ijroni to‘xtatish
5. Haqiqiy vaqt rejimini tanlang;
6. Sekinlashtiring;
7. Tezlashtirish;
8. Real/Virtual vaqt.

1.1.7-rasmda model oynasi ko‘rsatilgan, unda *x* o‘zgaruvchisi qiymatining o‘zgarishi grafigi ko‘rsatilgan.



1.1.7-rasm. x_n qiymatidagi o‘zgarishlarni ko‘rish.

Bundan tashqari, marker rangini va chiziq rangini o‘zgartirish mumkin. Diagrammaning o‘lchami uning maydonlarining o‘lcham belgilaridan foydalangan holda o‘rnatiladi. Ishga tushgandan keying holatda model oynasi ko‘rinishi 1.1.8-rasmda ko‘rsatilgan.



1.1.8-rasm. Model oynasi.

Mustaqil bajarish uchun topshiriq: matematik bog'liqliklari quyidagicha berilgan tebranuvchi yangi diskret modelini tuzing.

$$y[n] = y_0 e^{-\delta t[n]} sin\varphi \text{y}$$

Bu yerda $y[n]$– chiqish qiymatini o‘g’ishi; y_0 – boshlang’ich amplituda e – natural logarifm asosi; δ – so‘nish koeffisenti; $\omega_{so'nish} = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ – tebranish fazasi. Boshlang’ich amplituda 2 metr, so‘nish koeffisenti 0,05. Boshlang’ish faza 0 radian, tebranishlar chastotasi ω_0= 0,25 c^{-1}.

Yuqorida berilgan namunadagi kabi AnyLogic dasturi yordamida dinamik modelni quring va tadqiq qiling.

Nazorat savollari

1. AnyLogic modeli qanday tuzilishga ega?
2. Oddiy o‘zgaruvchi qanday asosiy xossalarga ega?
3. AnyLogic modellarida parametrlar nima uchun ishlatiladi?
4. Ko‘rish oynasi nima?
5. Kod ko‘rish oynalarini qanday boshqaradi?

6. AnyLogic hodisalarini tasniflang.

7. Taym-aut bo‘yicha sodir bo‘ladigan hodisalarning batafsil tasnifini keltiring.

8. Oddiy model hodisalarini qanday sozlash mumkin?

9. Voqealarni dasturiy boshqarish uchun Event tizimi sinfining qanday usullaridan foydalaniladi.

10. Oddiy hodisaning dinamik hodisadan farqi nimada?

11. Dinamik hodisalar qanday rejalashtiriladi va saqlanadi?

12. Oddiy AnyLogic tajribasini qanday o‘rnatasiz?

13. Aktiv model sinf nima va uning tuzilishi qanday?

14. Faol sinf replikatsiyasi qanday amalga oshiriladi?

15. Replikatsiya qilingan sinflarning xossalarini so‘rov qilish qanday dasturlashtirilgan?

16. Dastur kodi matn maydoniga qanday xizmat qiladi?

17. Statik matnga kirish qanday dasturlashtiriladi?

18. Slayder elementi dastur kodi bilan qanday ishlatiladi va saqlanadi?

19. Buyruq tugmalari dastur kodi bilan qanday saqlanadi?

1.2-§. Muhandislik tizimini ifodalashda qo’llaniladigan matematik sxemalar.

Ishdan maqsad: Talabalarga muhandislik tizimlarini matematik sxemalar (differensial tenglamalar, strukturaviy va diskret modellar) orqali ifodalash kompetensiyasini shakllantirishdan iborat.

Nazariy qism.

Muhandislik tizimlarini matematik ifodalashda qo‘llaniladigan sxemalar tizimning xususiyatlari, murakkabligi va tadqiqot maqsadlaridan kelib chiqib tanlanadi. Ushbu modellar real ob’ektning virtual analogi bo‘lib, qimmat yoki xavfli tajribalarni virtual muhitda o‘tkazish imkonini beradi.

1. Algebraik modellar

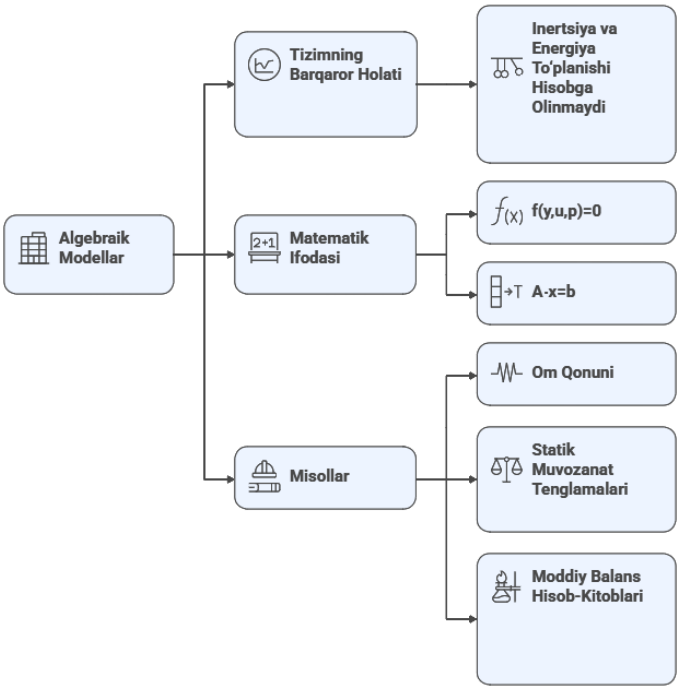
2. Differensial tenglamalar

3. Holat fazosi
4. Uzatish funksiyasi
5. Grafik tasvirlar
6. Diskret modellar
7. Stoxastik va Gibrid modellar
8. Raqamli egizak modellar

Algebraik tenglamalarnik matematik ifodalanishi quyidagicha:

$$F(x_1,x_2,...,x_n)=0$$

Algebraik modellar tizimning vaqtga bog‘liq bo‘lmagan yoki barqarorlashgan holatlarini tasvirlash uchun ishlatiladi. Bunda tizimdagi inertsiya yoki energiya to‘planishi kabi dinamik jarayonlar hisobga olinmaydi.



1.2.1-rasm. Algebraik modellarni ifodalanishi.

Differensial tenglamalar tizimning vaqt va fazodagi o‘zgarishlarini, ya’ni uning dinamikasini tasvirlaydi. Ular tizimning inertsiya va energiya saqlash xususiyatlarini ifodalashda asosiy apparat hisoblanadi.

ODE - Oddiy differensial tenglamalar, bitta mustaqil o‘zgaruvchiga (odatda vaqtga) bog‘liq bo‘lib, jamlangan parametrli (lumped parameters) tizimlar uchun ishlatiladi. Masalan, "massa-prujina-dempfer" mexanik tizimi.

PDE - Xususiy hosilali differensial tenglamalari, bir nechta mustaqil o‘zgaruvchilarga (vaqt va fazoviy koordinatalar) bog‘liq bo‘lib, taqsimlangan parametrli (distributed parameters) tizimlarni (masalan, issiqlik tarqalishi yoki turbulent suyuqlik oqimi) tavsiflaydi.

Xususiy hosilali differensial tenglamalari muhandislikda asosan taqsimlangan parametrli tizimlarni tavsiflash uchun ishlatiladi. Bunday tizimlarda jarayonni ifodalovchi o‘zgaruvchilar (masalan, harorat yoki konsentratsiya) nafaqat vaqtga, balki fazoviy koordinatalarga (x,y,z) ham bog‘liq holda o‘zgaradi.

Ushbu turdagi tenglamalar yordamida quyidagi muhandislik jarayonlari modellashtiriladi:

- Issiqlik tarqalishi: qattiq jismlar yoki suyuqliklardagi issiqlik oqimi va harorat taqsimotini tavsiflashda qo‘llaniladi.

- Suyuqlik va gazlar dinamikasi: turbulent oqimlar yoki quvurlardagi suyuqlik harakatini o‘rganishda PDE asosiy apparat hisoblanadi.

- Diffuziya jarayonlari: masalan, quvur ichidagi suyuqlikka solingan bo‘yoqning vaqt o‘tishi bilan fazoda tarqalishi diffuziya tenglamasi (PDE shaklida) orqali ifodalanadi.

- Issiqlik almashinuvchilari: trubali issiqlik almashinuvchilarida suyuqliklar harorati quvur bo‘ylab hamda vaqt bo‘yicha o‘zgarishi sababli, ularning aniq modeli PDE yordamida tuziladi.

PDElar nazariy jihatdan cheksiz miqdordagi oddiy differensial tenglamalar (ODE) yig‘indisiga teng deb qaralishi mumkin. Ularning analitik yechimini topish murakkab bo‘lgani sababli, amaliyotda chekli elementlar usuli (FEM) kabi raqamli algoritmlar va yuqori quvvatli hisoblash resurslaridan foydalaniladi.

PDE o‘rniga ODE modellari amaliy muhandislikda, ayniqsa boshqarish tizimlarini loyihalashda keng qo‘llaniladi, chunki ODElarni yechish ancha oson va ular barqaror holatda oddiy algebraik tenglamalarga aylanadi. Biroq, bu model real

jarayonning ma’lum darajadagi yaqinlashuvi (approksimatsiyasi) ekanligini yodda tutish lozim

Holat fazosi modeli - bu zamonaviy boshqaruv nazariyasining asosi bo‘lib, tizimning n-tartibli differensial tenglamasini n ta birinchi tartibli differensial tenglamalar sistemasiga o‘tkazishga asoslanadi. Uning matematik ifodalanishi quyidagicha:

x(t)=Ax(t)+Bu(t) - holat tenglamasi, va y(t)=Cx(t)+Du(t) - chiqish tenglamasi kabi matritsaviy shaklda bo‘ladi.

Ushbu modellar ko‘p o‘lchamli tizimlar, robototexnika, dronlar va kosmik apparatlarni boshqarishda keng qo‘llaniladi.

Uzatish funksiyasi - klassik boshqaruvda qo‘llaniladigan ushbu sxema Laplas almashtirishi yordamida dinamikani vaqt sohasidan s-sohaga (kompleks chastota sohasi) o‘tkazadi. U chiqish signalining Laplas tasvirining kirish signaliga nisbati sifatida aniqlanad:

$$(G(s)=Y(s)/U(s)).$$

Tizimning barqarorligini uning qutblari orqali aniqlashda juda qulay xisoblanadi.

Grafik tasvirlar. Murakkab tizimlarning strukturaviy bog‘lanishlarini ko‘rsatish uchun grafik sxemalar ishlatiladi. Masalan, blok-sxemalar: har bir elementni alohida blok sifatida tasvirlaydi va ular orasidagi signal yo‘nalishlarini o‘qlar bilan ko‘rsatadi. Signal oqim diagrammalari (SFG), blok-sxemalarning yanada ixcham ko‘rinishi bo‘lib, unda umumiy uzatish funksiyasini topish uchun Meyson formulasi qo‘llaniladi.

Diskret modellar. Raqamli kompyuterlar va kontrollerlar diskret vaqt intervallarida ishlagani sababli, uzluksiz modellarni farqli tenglamalarga o‘tkazish talab etiladi. Bunda Z-almashtirish va ZOH (Zero-Order Hold) mexanizmlari asosiy matematik vosita hisoblanadi.

Stoxastik va Gibrid modellar. Real dunyodagi tasodifiy shovqinlar, o‘lchash xatoliklari va noaniqliklarni hisobga oladi (masalan, Markov zanjirlari yoki Navbatlar

nazariyasi). Gibrid modellarda, ham uzluksiz fizik jarayonlarni, ham diskret mantiqiy jarayonlarni o‘z ichiga olgan tizimlarni tavsiflaydi.

Raqamli egizak modellar (Digital Twins). Bu sxemalar nafaqat matematik model, balki IoT datchiklari orqali real ob’ekt bilan doimiy ma’lumot almashib turadigan "tirik" virtual nusxalardir. Ular sun’iy intellekt bilan birlashib, tizimning holatini 95% aniqlikda bashorat qilish imkonini beradi.

Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar.

Masalani qo‘yilshi: Rezervuar nasos yordamida suyuqlik bilan to‘ldirilmoqda, rezervuarning pastki qismida suyuqlik oqib chiqadigan teshik mavjud. Rezervuar mukammal silindr shakliga ega bo‘lib, silindr vertikal holatda joylashgan. Tsilindrning kesimi doimiy va suyuqlik darajasiga bog'liq emas. Rezervuarning pastki qismida suyuqlik o‘z-o‘zidan oqib chiqadigan teshik bor. Teshik maydoni doimiy. Suyuqlik bir hil. Suyuqlik zichligi doimiy, suyuqlik siqilmaydi. Suyuqlik bosimi faqat suyuqlik ustunining balandligi bilan belgilanadi. Suyuqlik oqim tezligi funktsiyasi ishlaydigan nasos tomonidan aniqlanadi.

Masalani yechilishi: Reervuardagi suyuqlik miqdori (massasi) ning o‘zgarishi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$\frac{dM}{dt} = pQ_{in} - pQ_{out}$$

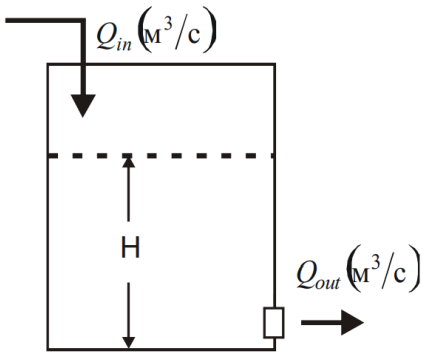
Rezervuardagi suyuqlikning massasi rezervuarning kesma maydoni, suyuqlik sathi va zichligi bilan ifodalanadi:

$$M = pSh$$

Oqib chiqib ketayotgan suyuqlikni tzligi:

$$Q_{out} = k\sqrt{h}$$

k – teshikning proporsianal kattaligi



1.2.2-rasm. Rezervuarni suyuqlik bilan to‘ldirish.

Modeni tuzish uchun ifodalovchi formulalarni tuzib chiqamiz.

$$\frac{d(pSh)}{dt} = pQ_{in} - pk\sqrt{h}$$

$$rS\frac{dh}{dt} = pQ_{in} - pk\sqrt{h}$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{S}(Q_{in} - k\sqrt{h})$$

Suyuqlikning balandligi h ni quyudagicha ifodalash mumkin:

$$\frac{dh}{dt} = \alpha(t) - \beta\sqrt{h}$$

Dasturni kodi quyudagicha:

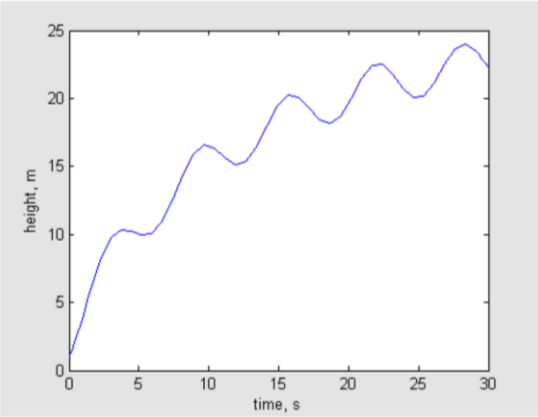
tankfill.m

```
function dhdt = tankfill(t,h)
A = 10 + 5*sin(t);
S = 3;
H = 2*sqrt(h);
dhdt = (A - H)/S;
```

Vaqtning boshlang'ich momentida t=0, rezervuardagi suyuqlik balandligi, bizning taxminlarimizga ko‘ra, h_0 =1. Integratsiya uchun vaqt oralig'i 0 dan 30 gacha olingan.

```
tankfill_main.m
tspan = [0 30]; %интервал интегрирования
h0 = 1; % начальная высота
[t h] = ode45('tankfill', tspan, h0);
plot(t, h) %построение графика h(t)
xlabel ('time, s')
ylabel ('height, m')
```

Dasturning natijasi quyidagicha:



1.2.3-rasm. Idishdagi suyuqlik balandligining vaqtga bog'liqligi.

Mustaqil o‘rganish uchun.

1. Rezervuarni suyuqlik bilan ta'minlaydigan nasosning ishlashini ideallashtiring. Suyuqlik bilan ta'minlash tezligi doimiyligini (A=10) o‘rnating va olingan natijani oldingi bilan solishtiring. Grafiklardagi farqlarni tushuntiring.

2. Chiqish teshigining kesma maydonini bir necha marta kamaytiring. Tankdagi suyuqlik darajasi boshlang'ich darajadan oshib keta boshlaydi, maksimal darajaga etadi va keyin egri to‘yinganlikka erishadi. Natijangizni tushuntiring.

3. Rezervuarga suyuqlik yetkazib berishni to‘xtating (A = 0). Rezervuardan suyuqlik oqimining egri chizig'ini kuzating. Egri chiziq shaklini tushuntiring. Agar kerak bo‘lsa, integratsiya oralig'ini o‘zgartiring.

4. A = 5|sin(t)| rezervuarga suyuqlik berish funksiyasini o‘zgartiring. Natijalaringizni solishtiring.

5. Teshikni yoping. Tankdagi suyuqlik darajasining o‘zgarishini kuzating.

Topshiriqlar:

1. Algebraik modellar bo’yicha. Berilgan statik tizim uchun matematik model tuzing. Rezistor qiymati R bo'lgan oddiy elektr zanjiri berilgan. Om qonunidan foydalanib, kuchlanish (V) va tok (I) o'rtasidagi chiziqli bog'liqlik modelini tuzing. Agar V=10V va R=1000Ω bo'lsa, tizimning chiqish signali (I) ni aniqlang. Ushbu modelda inertsiya yoki vaqtga bog‘liqlik nima uchun hisobga olinmasligini tushuntiring.

2. Dinamik modellar bo’yicha. Mexanik yoki elektr tizimning dinamikasini tasvirlang. "Massa-prujina-dempfer" (mass-spring-damper) mexanik tizimi uchun Nyutonning ikkinchi qonuniga asoslangan ikkinchi tartibli oddiy differensial tenglamani (ODE) yozing. Parametrlar: m (massa), b (ishqalanish), k (qattiqlik) va F(t) (tashqi kuch).

Agar tizimda b=0 bo‘lsa (ishqalanishsiz), harakat qanday xarakterga ega bo‘lishini differensial tenglama ildizlari orqali tushuntiring.

3. Holat fazosi modelini tuzish bo’yicha. Dinamik modelni matritsaviy shaklga o‘tkazing. Vazifa: 2-topshiriqdagi ikkinchi tartibli differensial tenglamani ikkita birinchi tartibli tenglamalar sistemasiga o‘tkazing. Tizimning A,B,C,D matritsalarini aniqlang. Nima uchun murakkab ko‘p o‘lchamli (MIMO) tizimlarda ushbu sxema uzatish funksiyasidan ko‘ra afzal hisoblanadi?

4. Grafik sxemalar va Meyson formulasi bo’yicha: Murakkab tizimning umumiy uzatish funksiyasini toping. Berilgan signal oqim diagrammasi (SFG) uchun Meyson formulasini qo‘llang. To‘g‘ri yo‘llar (Pk) sonini aniqlang. Yopiq konturlar (Li) va ularning tegmaslik (non-touching) xususiyatini tekshiring. Diagrammaning determinantini (Δ) hisoblang.

5. Raqamli egizaklar. Raqamli egizak (Digital Twin) va oddiy matematik simulyatsiya modeli o‘rtasidagi farqlarni jadval ko‘rinishida ifodalang. Haqiqiy vaqt rejimida sensorlardan kelayotgan ma'lumotlar modelning aniqligiga qanday ta'sir qiladi?

Nazorat savollari:

1. Simulyatsiya modellashtirishning o‘ziga xos xususiyatlari nimada?

2. Simulyatsiya modellashtirishdan qanday sharoitlarda foydalanish maqsadga muvofiq?

3. Simulyatsiya modellashtirishning qanday qiyinchiliklari bor?

4. Nega simulyatsiya modellarida tajribalar o‘tkaziladi?

5. Simulyatsiya yordamida qanday tizimlarni tajriba qilish mumkin? Misollar keltiring.

6. Hali mavjud bo‘lmagan tizimda simulyatsiya tajribasini o‘tkaza olmasligingiz to‘g'rimi yoki noto‘g'ri?

7. Tizimlarni tadqiq qilishda imitatsion modellashtirishdan foydalanishning afzalliklari nimada?

8. Tizimlarning qanday turlari mavjud?

9. Jismoniy modellarni olish va ulardan foydalanishda qanday qiyinchilik bor?

10. Matematik modellar qanday yechimga ega?

11. Simulyatsiya boshqa tizimli tadqiqot usullari orasida qanday o‘rin tutadi?

12. Simulyatsiya modellashtirishning mohiyati va asosiy g’oyasi nimadan iborat?

13. Simulyatsiya modellashtirish odatda nimada amalga oshiriladi?

1.3 § Muhandislik tizimlari strukturasini ifodalashdagi matematik apparatlar: graflar, Petra to’ri, chekli avtomatlar, Markov zanjiri.

Ishdan maqsad: Talabalarda muhandislik tizimlari strukturasini ifodalashda qo‘llaniladigan matematik apparatlar, xususan graflar, Petra to’ri, Markov zanjiri asosida modellashtirish bo‘yicha amaliy bilim va ko‘nikmalarni shakllantirishdan iborat.

Nazariy qism.

Murakkab muhandislik tizimlarini tahlil qilish va modellashtirish jarayonida ularning nafaqat dinamik xatti-harakatini, balki ichki tuzilmasi va elementlararo bog‘lanishlarini ham aniqlash muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa, zamonaviy ishlab

chiqarish tizimlari, robototexnik komplekslar, transport tizimlari va axborot-boshqaruv tizimlarida jarayonlar ko‘pincha diskret hodisalar, parallel ishlov berish va ehtimollik xarakteriga ega bo‘ladi. Shu sababli bunday tizimlarni ifodalashda klassik differensial tenglamalar bilan bir qatorda maxsus matematik apparatlardan foydalaniladi. Ular qatoriga graflar, Petri to‘rlari, chekli avtomatlar va Markov zanjirlari kiradi.

Graflar muhandislik tizimlari strukturasini ifodalashning eng sodda va intuitiv vositalaridan biri hisoblanadi. Graf tugunlar va ularni bog‘lovchi qirralardan iborat bo‘lib, tugunlar tizim elementlarini, qirralar esa ular orasidagi bog‘lanishlarni ifodalaydi. Graflar yordamida tizimning topologiyasi, ya’ni elementlararo aloqalar aniq ko‘rsatiladi. Yo‘naltirilgan graflar signallar yoki material oqimining yo‘nalishini aks ettirsa, og‘irlikli graflar esa bog‘lanishlarning kuchi yoki qiymatini ifodalash imkonini beradi. Masalan, transport tizimlarida graflar chorrahalar va yo‘llarni modellashtirishda, elektr tizimlarida esa tugunlar va liniyalar o‘rtasidagi bog‘lanishni ifodalashda keng qo‘llaniladi. Biroq graflarning asosiy kamchiligi shundaki, ular tizimning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini va dinamik xususiyatlarini to‘liq aks ettira olmaydi.

Diskret hodisali tizimlarni modellashtirishda esa Petri to‘rlari samarali matematik apparat sifatida qo‘llaniladi. Petri net modeli joylar, o‘tishlar va tokenlardan tashkil topgan bo‘lib, tizimning joriy holati tokenlar taqsimoti orqali ifodalanadi. Petri to‘rlarining asosiy ustunligi shundaki, ular parallel jarayonlarni, resurslar uchun raqobatni va tizimdagi bloklanish holatlarini aniqlash imkonini beradi. Ishlab chiqarish liniyalarida mahsulotlarning ketma-ket ishlov berilishi, robotlarning bir nechta operatsiyani parallel bajarishi kabi jarayonlar aynan Petri to‘rlari yordamida samarali modellashtiriladi. Shu bilan birga, tizim murakkablashgan sari Petri modelining o‘zi ham katta hajmga ega bo‘lib, tahlil qilish qiyinlashadi.

Muhandislik tizimlarida boshqaruv mantiqini ifodalash uchun chekli avtomatlar keng qo‘llaniladi. Model tizimni chekli sondagi holatlar majmui va ular orasidagi o‘tishlar orqali ifodalaydi. Har bir holat tizimning muayyan ish rejimini

bildiradi, o‘tishlar esa tashqi yoki ichki signallar ta’sirida amalga oshadi. Chekli avtomatlar ayniqsa mikroprotsessorli boshqaruv tizimlari, avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish liniyalari va robotlar harakat algoritmlarini ishlab chiqishda muhim rol o‘ynaydi. Ushbu modelning asosiy afzalligi — boshqaruv jarayonining mantiqiy tuzilishini aniq va formal tarzda ifodalash imkoniyatidir. Biroq murakkab tizimlarda holatlar sonining keskin ortishi modelni murakkablashtirib yuboradi.

Noaniqlik va tasodifiy omillar mavjud bo‘lgan tizimlarni modellashtirishda Markov zanjirlari qo‘llaniladi. Markov chain modeli ehtimollik nazariyasiga asoslangan bo‘lib, tizimning kelajakdagi holati faqat uning joriy holatiga bog‘liq degan prinsipga asoslanadi. Bu xususiyat Markov xossasi deb ataladi. Markov zanjirlari yordamida navbat tizimlari, ishonchlilik tahlili, transport oqimlari va xizmat ko‘rsatish tizimlari samarali o‘rganiladi. Masalan, texnik tizimning ishlash, nosozlik va ta’mirlash holatlari o‘rtasidagi o‘tishlar ehtimolliklar orqali ifodalanadi. Ushbu modelning afzalligi shundaki, u real tizimlardagi noaniqliklarni hisobga oladi, ammo uning cheklanishi — tizim xotirasining faqat joriy holat bilan chegaralanganligidir.

Shunday qilib, muhandislik tizimlari strukturasini ifodalashda turli matematik apparatlar bir-birini to‘ldiradi. Graflar tizimning topologik tuzilishini ochib bersa, Petri to‘rlari jarayonlarning ketma-ketligi va parallelligini ko‘rsatadi, chekli avtomatlar boshqaruv mantiqini ifodalaydi, Markov zanjirlari esa tasodifiylik va ehtimollikni hisobga olish imkonini beradi. Zamonaviy muhandislik amaliyotida ko‘pincha ushbu apparatlar birgalikda qo‘llanilib, tizimni yanada to‘liq va adekvat modellashtirishga erishiladi.

Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar

1-qadam. Fizik tizimni tavsiflash va sxemasini chizish. Dastlab tizimning tarkibiy qismlari va ularga ta’sir etuvchi kuchlarni aniqlash lozim. Bunda ob’yekt m massali yuk bo’lib, elementlar prujina (qattiqligi k), dempfer (ishqalanish koeffitsienti b) va tashqi kuch $Fin(t)$. Yukning muvozanat nuqtasidan siljishi $x(t)$ bilan belgilanadi.

2-qadam. Kuchlar balansini tuzish. Nyutonning ikkinchi qonunini qo‘llash uchun barcha kuchlar yo‘nalishini aniqlaymiz:

-Inertsiya kuchi: $mx\ddot{}$ -bu tezlanishga bog‘liq.

-Prujina kuchi: $-kx$ siljishga teskari yo‘nalgan.

-Dempfer kuchi: $-bx\dot{}$ tezlikka teskari yo‘nalgan.

-Tashqi kuch: $Fin(t)$.

3-qadam. Matematik modelni hosil qilish. Nyuton qonuniga ko‘ra, massaga ta’sir etuvchi kuchlar yig‘indisi uning massasi va tezlanishi ko‘paytmasiga teng ($\sum F=ma$): $Fin(t)-kx-bx\dot{}=mx\ddot{}$

Tenglamani standart ko‘rinishga keltiramiz: $mx\ddot{}+bx\dot{}+kx=Fin(t)$

Bu ikkinchi tartibli oddiy differensial tenglama (ODE) bo‘lib, tizimning dinamikasini to‘liq tavsiflaydi.

4-qadam. Holat fazosi (State-Space) modeliga o‘tish

Murakkab tizimlarni kompyuterda simulyatsiya qilish uchun yuqori tartibli tenglamani birinchi tartibli tenglamalar sistemasiga o‘tkazish qulayroqdir.

1. Holat o‘zgaruvchilarini aniqlaymiz:
   - $x1=x$ (joylashuv)
   - $x2=x\dot{}$ (tezlik).
2. Hosilalarni hisoblaymiz:
   - $x\dot{}1=x2$
   - $x\dot{}2=x\ddot{}=m1[Fin(t)-bx2-kx1]$.

5-qadam. Matritsa shaklida ifodalash

Tizimni standart $x\dot{}=Ax+Bu$ ko‘rinishida yozamiz: $[x\dot{}1 x\dot{}2]=[0 -mk1 -mb][x1 x2]+[0 m1]Fin(t)$ Chiqish tenglamasi (agar bizni faqat joylashuv qiziqtirsa): $y=[10][x1 x2]$ Ushbu matritsalar (A,B,C) tizimning ichki dinamikasini va boshqarish imkoniyatlarini to‘liq aks ettiradi.

Nazorat savollari:

1. Muhandislik tizimlarining strukturasi deganda nimani tushunasiz va uni ifodalash nima uchun zarur?
2. Graf nazariyasida tugun (vertex) va qirra (edge) tushunchalari qanday ma’noni anglatadi?

3. Yo‘naltirilgan va yo‘naltirilmagan graflar o‘rtasidagi asosiy farqlar nimadan iborat?

4. Petri to‘rining asosiy elementlari (pozitsiya, tranzitsiya, token) qanday vazifani bajaradi?

5. Petri to‘ri qanday jarayonlarni modellashtirishda eng samarali hisoblanadi?

6. Chekli avtomat (finite automaton) nima va uning asosiy komponentlari nimalardan iborat?

7. Deterministik va nondeterministik chekli avtomatlar o‘rtasidagi farqni tushuntiring.

8. Markov zanjiri nima va u qanday tizimlarni modellashtirishda qo‘llaniladi?

9. Markov jarayonida “xotirasizlik xossasi” (memoryless property) nimani anglatadi?

10. Graf, Petri to‘ri, chekli avtomat va Markov zanjiri o‘rtasidagi asosiy farqlar va qo‘llanish sohalarini solishtiring.

II-BOB. IMITASION TIZIMLARNI QURISH PRINSIPLARI VA ALGORITMLARI

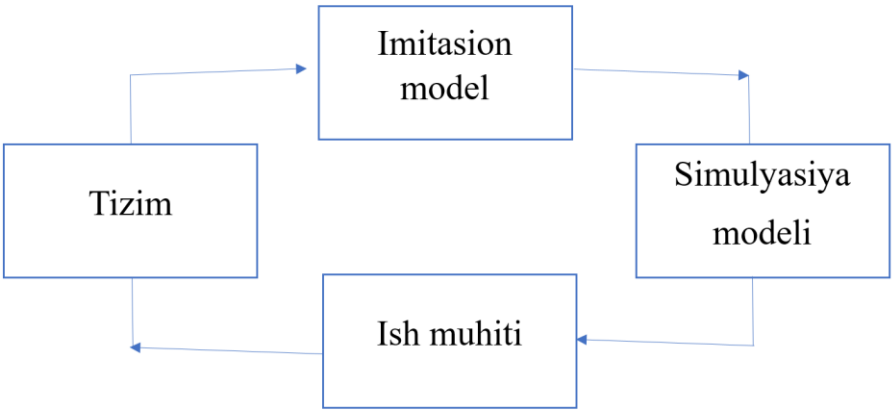
2.1-§. Imitasion tizimlarni qurish prinsiplari.

Ishdan maqsad: misollar yordamida imitasion tizimlarni qurish prinsiplarini bo‘yicha amaliy ko‘nikmalarga ega bo‘lish.

Nazariy qism.

Ideal holatda simulyatsiya modellari o‘xshash qonunlar yoki printsiplar asosida tizimni loyihalash va takomillashtirish uchun tuziladi va foydalaniladi. Quyida simulyatsiya loyihalarini ishlab chiqish va amalga oshirishda foydali bo‘lgan ba'zi umumiy tamoyillar keltirilgan, ammo ularning ko‘pchiligida asosiy ilmiy qonunlardan kelib chiqish yoki qat'iy eksperimental sinovlar yetishmaydi.

Simulyatsiya modelini yaratish va uni tizimli loyihalash va takomillashtirishda qo‘llash jarayonining bir ko‘rinishi 1-2-rasmda keltirilgan.



2.1.1-rasm. Simulyatsiya modellarini qurish ketma - ketligi.

Arena - bu muhandislik sohasidagi dinamik modellarini yaratish va tuzilgan modelni optimallashtirish imkonini beruvchi simulyatsiya modellash tizimidir. Arena dasturi qulay ob'ektga yo‘naltirilgan interfeys bilan jihozlangan va turli mavzularga moslashish uchun keng funksionallikka ega.

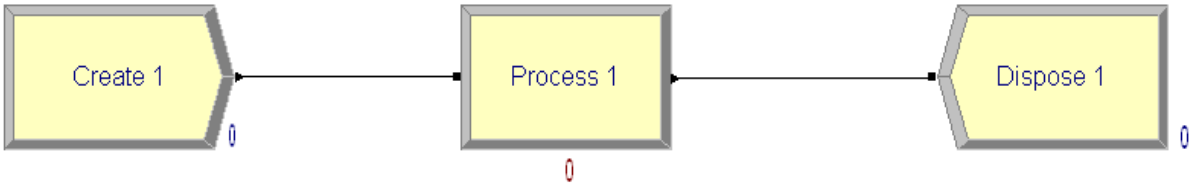
Arena modellashtirish texnologiyasining asosini SIMAN modellash tili va Cinema Animation animatsiya tizimi tashkil etadi. U moslashuvchan va ifodali

modellashtirish vositalariga ega. Arenada simulyatsiya natijalarini ko‘rsatish Cinema Animation yordamida amalga oshiriladi. Modellashtirish jarayoni quyidagicha tashkil etilgan. Birinchidan, foydalanuvchi Arena dasturining vizual muharririda bosqichma-bosqich model quradi. Keyin tizim SIMAN-da tegishli kodni yaratadi, shundan so‘ng Cinema Animation avtomatik ravishda ishga tushiriladi. Arena modellashtirish bloklari (modullari) va operatsiyalardan (ob'ektlar) iborat. Ob'ektlar modullar o‘rtasida xizmat ko‘rsatilayotganda harakatlanadi.

Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar

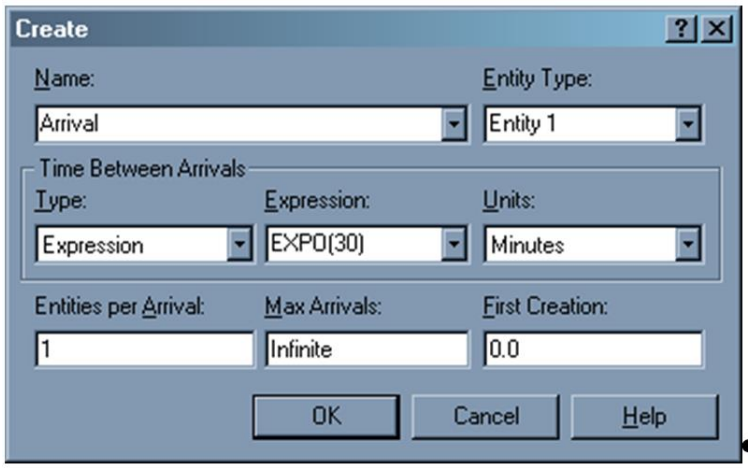
Misol tariqasida Arena dasturida oddiy simulyatsiya modelini qurib ko‘raylik. Bunda tizimga kiradigan so‘rovlar vaqti eksponent ravishda taqsimlanadi, agar xizmat ko‘rsatuvchi qurilma band bo‘lsa, so‘rov navbatga qo‘yiladi; Xizmat vaqtlari o‘rtacha 24 daqiqa bilan eksponent ravishda taqsimlanadi.

Create, Process и Dispose modullarini ishchi modul oynasiga joylashtiramiz.



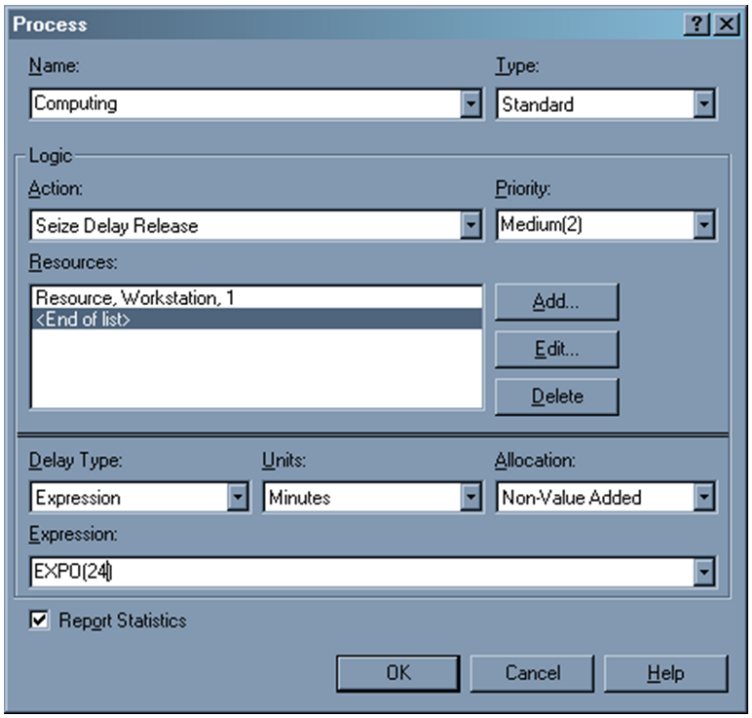
2.1.2-rasm. Arena dasturining ish stantsiyasini ishlashining simulyatsiya modeli.

Grafik modulning xususiyatlarini o‘rnatish uchun ustiga ikki marta bosing va dialog oynasida shartga muvofiq parametr qiymatlarini o‘rnating.

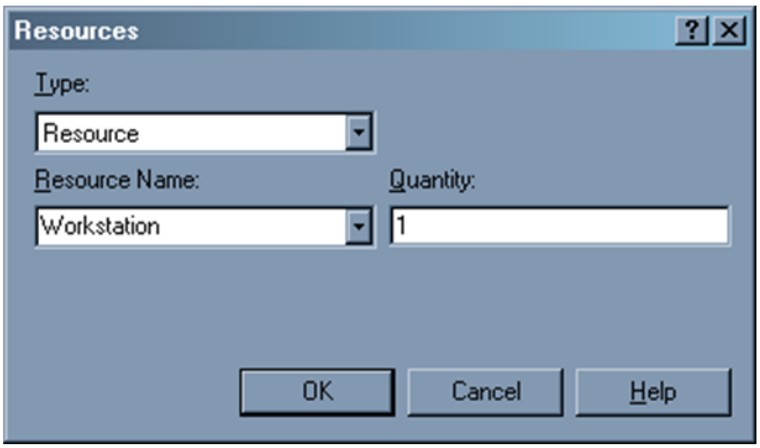


2.1.3-rasm. Create modulini xususiyati oynasi.

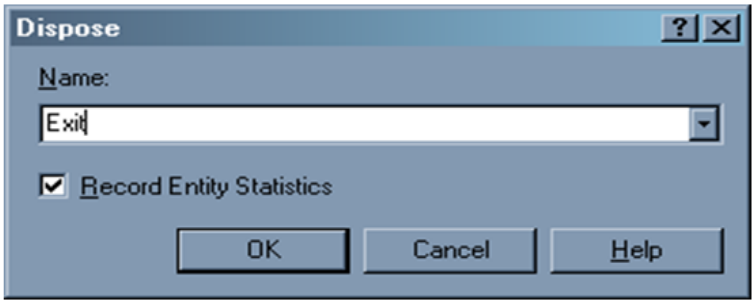
Resurslar maydoni ushbu moduldagi ob'ektlarga ishlov beradigan resurslar yoki resurslar guruhlarini belgilaydi. Resurs qo‘shish paydo bo‘lgan oynada "Add" tugmasi yordamida amalga oshiriladi, hosil bo‘lgan oynada bitta resursdan foydalanishni belgilang.



2.1.4-rasm. Process moduli oynasi.

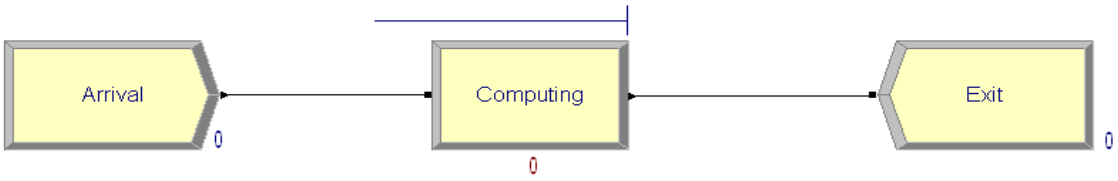


2.1.5-rasm. Process modulida topshiriqlar bilan ishlash oynasi.



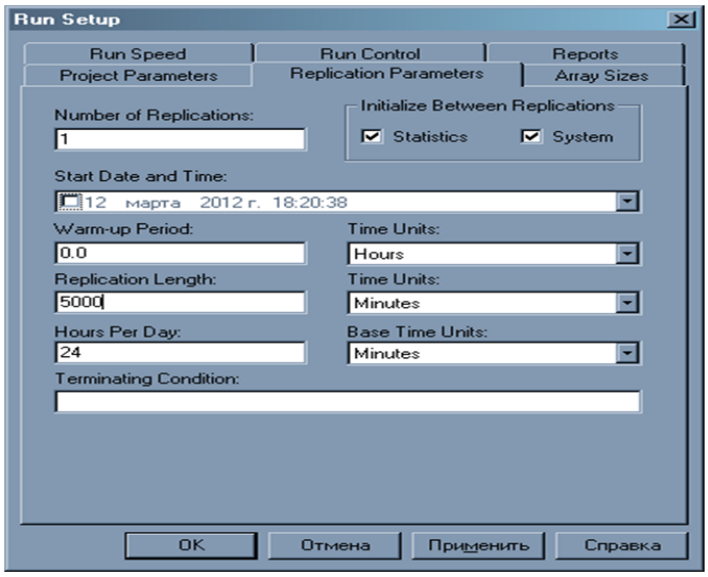
2.1.6- rasm. Dispose oynasi moduli.

Har bir modulga topshiriqlar yuklangandan so‘ng, model quyidagicha ko‘rinish oladi:

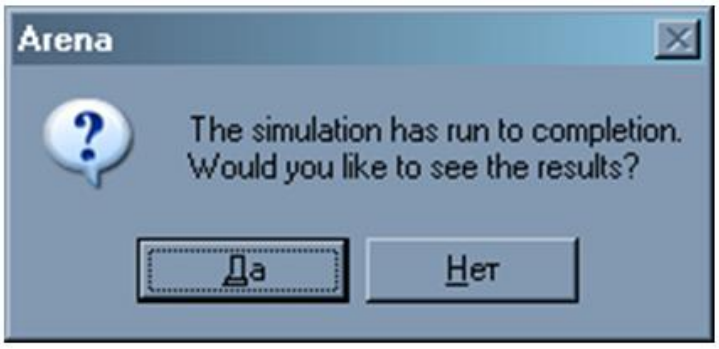


2.1.7- rasm. Ish stansiyasining imitasion modeli ko‘rinishi.

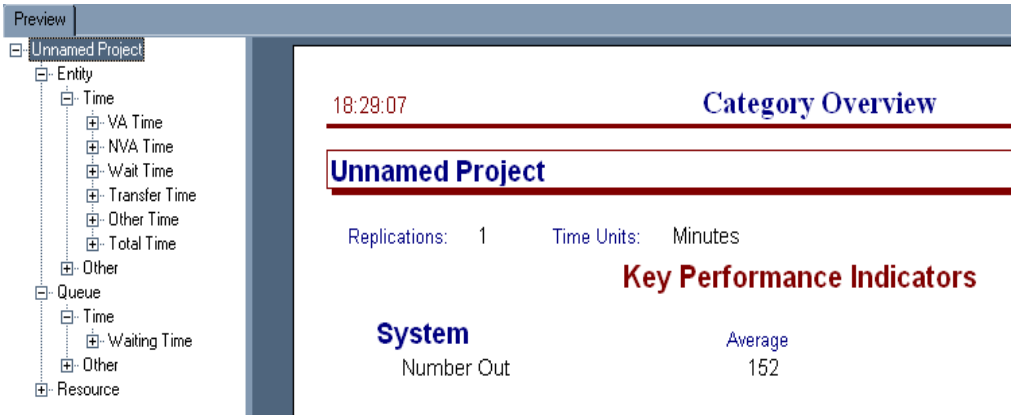
Simulyatsiya davomiyligini belgilash uchun Run/Setup menyusiga o‘ting. Replikatsiya uzunligi maydonida davomiylikni 5000 ga, Vaqt birliklari maydonida vaqt birligini Minutes ga o‘rnating. Base Time Units da daqiqalarda hisobot yaratish uchun Minutes ham belgilanadi.



2.1.8-rasm. Modellashtirish oynasi.



2.1.9-rasm. Modellashtirish yakunida “Ha”ni bosing.



2.1.10-rasm. Modelni o‘ynasi natijalari to‘g'risida hisobot oynasi.

2.1-Jadval. Model simulyatsiyasi natijalari.

Xarakteristikasi	Qayerdan topiladi?	Qiymati
Tizimda so‘rovlarning o‘rtacha qolish muddati	Chap tomondagi paneldan – Preview Entity – Time – Total Time (Average) Total Time: Average; Entity 1: 127.30	127,30 minut
Navbatdagi so‘rovlarning o‘rtacha soni	Queue – Other – Number Waiting (Average) Number Waiting: Average; Computing.Queue: 3.0727	3,07 so‘rovnoma
So‘rovlar navbatda turishining o‘rtacha davomiyligi	Queue – Time – Waiting Time (Average) Waiting Time: Average; Computing.Queue: 100.41	100,41 minut
Qayta ishlangan so‘rovlarning o‘rtacha soni	Resourse – Usage – Number Busy (Average) Number Busy: Average; Workstation: 0.7977	0,80 so‘rovlar
Tizimdagi so‘rovlarning o‘rtacha soni	So‘rovnomalarni o‘rtacha qiymati (Number Waiting) + So‘rovnomalarni o‘rtacha qiymatini qayta ishlash (Number Busy)	3,07+0,80= 3,87

Simulyatsiya natijalariga ko‘ra, QS statsionar ishlaydi, ya'ni cheksiz navbat hosil bo‘lmaydi; tizimdagi so‘rovlarning o‘rtacha soni 3,87 ga teng, qoniqarli deb hisoblash mumkin. Modelni qayta ishlatish uchun Run/End buyrug'i bilan oldingi simulyatsiyani to‘xtatish kerak bo‘ladi.

Nazorat savollari:

1. Arena muhandislik dasturi vazifasi, imkoniyatlari qanday?
2. Simulyatsiya modellarini qurish ketma – ketligi qanday?
3. Replikatsiya uzunligi maydoni nima uchun xizmat qiladi?
4. Modelni o‘ynasi natijalari to‘g'risida hisobot qanday tayyorlanadi?
5. Imitasion modellashtirishda nimalarga ahamiyat beriladi?

2.2-§. Muhandislik tizimlarining faoliyati jarayonini imitasiyalash.

Ishdan maqsad: Muhandislik sohasida biron bir tizim faoliyati jarayonini imitasion modellashtirish orqali amaliy ko‘nikmalarga ega bo‘lish.

Nazariy qism.

Ishlab chiqarish jarayonlarini simulyatsiya modellashtirish sanoat korxonalari faoliyatini tahlil qilish va optimallashtirish uchun kuchli vositadir. U ishlab chiqarish tizimining virtual modelini yaratish, turli omillar va parametrlarni hisobga olish, jarayonlarni tahlil qilish va asoslangan qarorlar qabul qilish imkonini beradi.

Sanoat jarayonlarini simulyatsiya qilishning asosiy maqsadi zavod faoliyatini tekshirish va optimallashtirish, mahsuldorlikni oshirish, xarajatlarni kamaytirish va samaradorlikni oshirishdir. Buning uchun haqiqiy korxonaning asosiy xususiyatlari va jarayonlarini aks ettiruvchi virtual model yaratiladi. Modelda har bir ishlab chiqarish elementi alohida agent tomonidan ifodalanadi va ularning o‘zaro ta'siri ma'lum qoidalar va parametrlarga muvofiq modellashtiriladi.

Ishlab chiqarish jarayonini simulyatsiya qilishning asosiy afzalliklaridan biri turli strategiya va stsenariylarni o‘rganish va optimallashtirish qobiliyatidir. Virtual model korxona faoliyatining eng maqbul variantlarini aniqlash uchun parametrlarni o‘zgartirish va turli o‘zgarishlarni amalga oshirish imkonini beradi. Misol uchun, turli ishlab chiqarish rejalari, resurslarni taqsimlash va ish oqimini tashkil etishning o‘simliklarning unumdorligi va samaradorligiga ta'sirini tekshirish mumkin.

Simulatsion modellashtirishning yana bir afzalligi, stoxastik omillar va noaniqliklarni hisobga olish qobiliyatidir. Haqiqiy ishlab chiqarish jarayonlari

tebranishlar va tasodifiylikka duchor bo‘ladi va model yaratishda bu o‘zgaruvchanlikni hisobga olish muhimdir. Simulyatsiya modellashtirish tasodifiy ishlov berish vaqtlari va buyurtmalarning kelishi kabi stoxastik omillarni hisobga olishga imkon beradi, bu esa aniqroq natijalar va prognozlarni olish imkonini beradi.

Bundan tashqari, simulyatsiya turli ishlab chiqarish elementlarining o‘zaro ta'sirini va ularning umumiy hosildorlikka ta'sirini tahlil qilish imkonini beradi. Masalan, turli mashina va uskunalar, ish joyini loyihalash, materiallar oqimi va boshqa omillarning mahsuldorlik va mahsulot sifatiga ta'sirini tekshirish mumkin. Shunday qilib, eng yaxshi natijalarga erishish uchun uskunaning optimal sxemasi, ishlab chiqarish sxemasi va optimal ish jarayonlari aniqlanishi mumkin bo‘ladi.

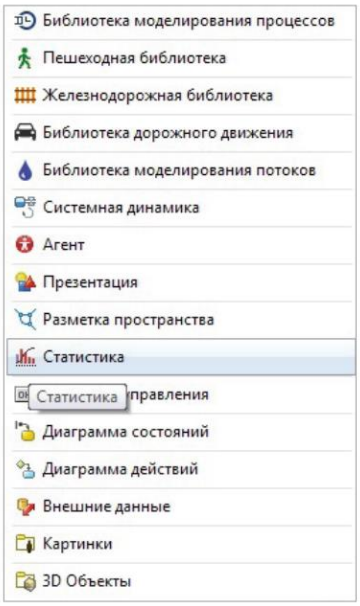
Ishlab chiqarish jarayonlarini imitatsion modellashtirishni qo‘llashga misollardan biri avtomobil zavodining ishlashini optimallashtirishdir. Misol uchun, ishlab chiqarish vaqtini qisqartirish va avtomobillar sifatini yaxshilash uchun optimal ishlab chiqarish jadvalini va resurslarni boshqarishni aniqlash uchun ishchi oqimi, ishlab chiqarish liniyalari, qayta ishlash va yig'ish vaqtlari kabi turli parametr va omillarni hisobga olgan modelni yaratishingiz mumkin.

Shunday qilib, ishlab chiqarish jarayonlarini simulyatsiya modellashtirish sanoat korxonalari faoliyatini tahlil qilish va optimallashtirish uchun kuchli vositadir. U ishlab chiqarish tizimining virtual modelini yaratish, stoxastik omillarni hisobga olish, turli parametrlar va strategiyalarni tahlil qilish, asoslangan qarorlar qabul qilish imkonini beradi. Simulyatsiya modellashtirish orqali zavod faoliyatini optimallashtirish, samaradorlikni oshirish va turli sohalarda mahsuldorlikni oshirish mumkin bo‘ladi.

Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar

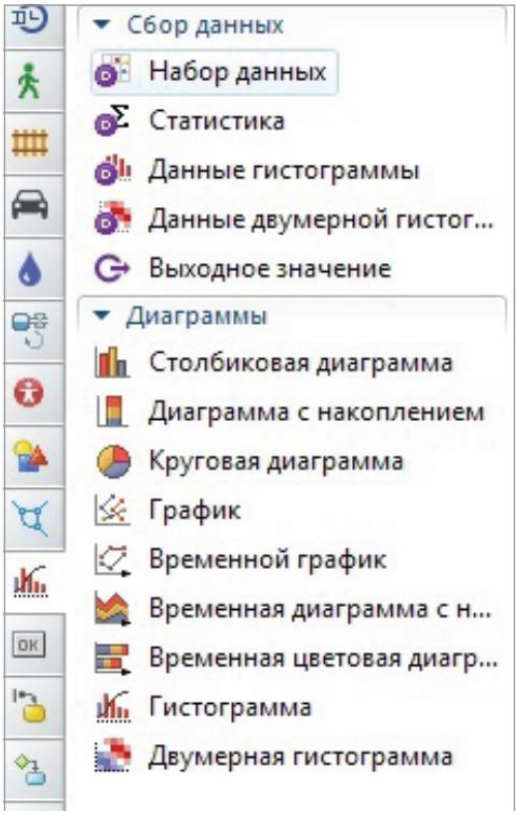
Misol tariqasida ishlab chiqarish tsexi faoliyatini ilgari ishlab chiqilgan modelini statistik ma'lumotlar bilan to‘ldiramiz, ya'ni yig'ish jarayonida ishchilar va robotlarning operatsiyalarda bandligi bo‘yicha statistik ma'lumotlarni to‘playlik.

Statistik ma'lumotlar bilan ishlash uchun asboblar Palitra yorlig'ining Statistika kutubxonasida to‘plangan (2.2.1-rasm).

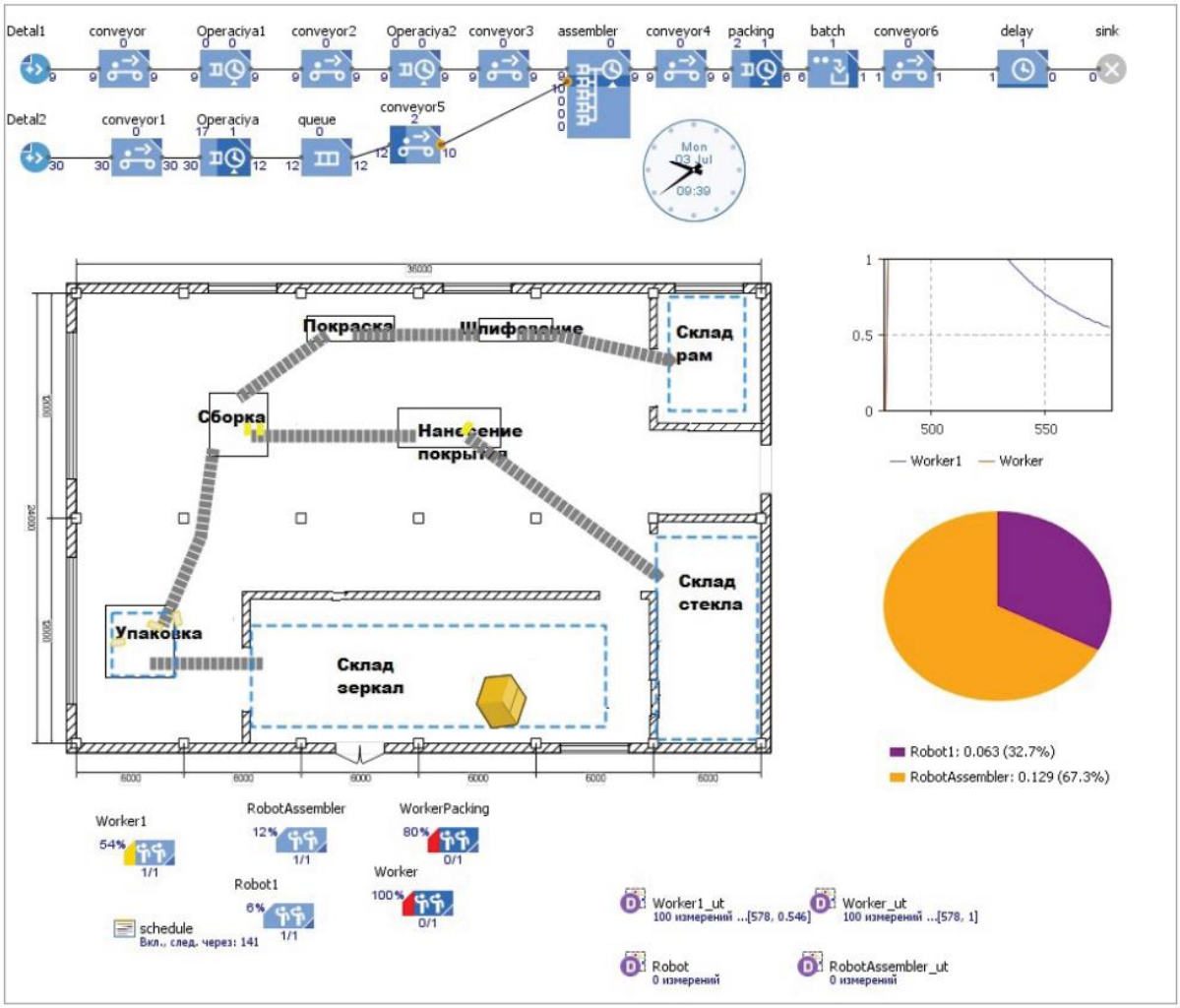


2.2.1-rasm. Palitra yorlig’idan Statistika kutubxonasini tanlash.

Modelni bajarish jarayonida statistik ma'lumotlarni to‘plash uchun “Набор данных” buyrug’i elementidan foydalaniladi.



2.2.2 – rasm. “Набор данных” oynasi, ya’ni ma’lumotlarni to‘plash.



2.2.3- rasm. Ishlab chiqarish tsexini faoliyatini yakuniy modeli ko‘rinishi.

Mustaqil o‘rganish uchun topshiriq. AnyLogic dasturi yordamida biron bir umumiy faoliyat olib boradigan xizmat korxonasini ish jarayonini statistic taxlil qilish uchun modelini tuzing va tadqiq qiling.

Nazorat savollari:

1. Sanoat jarayonlarini simulyatsiya qilishning asosiy maqsadi qanday?
2. AnyLogic muhandislik dasturi qanday dastur va uning imkoniyatlari qanday?
3. Korxona faoliyatida Virtual model nima uchun ishlatiladi?
4. Virtual model qanday sozlanadi?
5. Modellashtirish korhona faoliyatiga qanday tasir o‘tkazadi?

2.3-§. Muhandislik tizimlari ekvivalent strukturaviy o‘zgartirish algoritmlari.

Ishdan maqsad: modellashtirish jarayonida faoliyat algoritmini tuzish bo‘yicha amaliy ko‘nikmalarga ega bo‘lish.

Nazariy qism.

Algoritmik fikrlash - muammolarni tahlil qilish va algoritmlar yordamida mantiqiy yechimlarni ishlab chiqish qobiliyati xisoblanadi. Bu dastur tuzishda muhim rol o‘ynaydi, chunki u murakkab masalalarni oddiyroq bosqichlarga bo‘lish va ularni ketma-ket hal qilish imkonini beradi.

Algoritmik fikrlashning asosiy jihatlari quyidagilar:

Vazifalarga ajratish: avvalo murakkab vazifani kichikroq kichik vazifalarga bo‘lish kerak. Bu qaror qabul q ilish jarayonini boshqarishga yordam beradi. Muammoning umumiy tavsifi bilan boshlanadi va uni ketma-ket oddiyroq bosqichlarga bo‘linadi, ularning har biri alohida hal qilinadi.

Abstraktsiya: muammoning muhim jihatlarini ajratib olib, keraksiz tafsilotlarni e'tiborsiz qoldirish qobiliyati algoritmni ishlab chiqishni soddalashtirishga olib keladi. Natijada ta'sir qilmaydigan tafsilotlarga tegmasdan, yechimning asosiy bosqichlari va mantig'iga e'tibor qaratiladi.

Mantiqiy qoidalar: shartlar (if-else) va tsikllarni (for, while) tushunish va qo‘llash algoritm oqimini boshqarishga yordam beradi. Shartlar ko‘rsatilgan shartlarga qarab ma'lum harakatlarni bajarishga imkon beradi va tsikllar shart bajarilgunga qadar ma'lum harakatlarni takrorlaydi.

Algoritmlarni tahlil qilish va takomillashtirish: algoritmlarni baholash va tahlil qilish ko‘nikmalarini rivojlantirish. Qaysi algoritmlar samarali va qaysilarini yaxshilash mumkinligini bo‘yicha ko‘rib chiqiladi. Muammoni hal qilishda turli yondashuvlarni solishtiriladi va eng maqbulini tanlanadi.

Dasturlashda dasturning ekvivalentligini tekshirish vazifasi - berilgan ikkita dastur, dasturlarning bir xil harakat qilish yoki yo‘qligini aniqlash - ikki tomonlama rol o‘ynaydi. Bir tomondan, bu vazifa dastur kontseptsiyasi rasmiylashtirilgan

hisoblash modelining murakkabligi koʻrsatkichi boʻlib xizmat qiladi: ekvivalentlik muammosining murakkabligini baholash orqali tanlangan rasmiy dastur modeli qanchalik mos ekanligini aniqlash mumkin. Dastur xatti-harakatlarini tahlil qilishning boshqa muammolarini hal qilishda amaliy foydalanish maqsadda ekvivalentlik masalasi dastur diagrammalari nazariyasida oʻrganiladi. Boshqa tomondan, dasturlarni tekshirish va optimallashtirishning koʻplab muammolari dasturning ekvivalentligini tekshirish vazifasiga qisqartiriladi. Agar ekvivalentlik masalasi samarali hal qilish algoritmiga ega boʻlsa, u holda koʻplab boshqa tizimli muammolarni hal qilish uchun universal yordamchi protsedura sifatida foydalanish mumkin.

Dastur ekvivalentini tekshirish algoritmlari tizim dasturlashda juda keng qoʻllanish doirasiga ega. Uning yordami bilan ba'zi muammolarni hal qilish mumkin:

• ma'lum algoritmlarni amalga oshiradigan dastur kodlari fragmentlarini aniqlash bilan bog'liq boʻlgan dasturni refactoring qilishda;

• dasturni modernizatsiya qilishda yuzaga kelishi mumkin boʻlgan xatolarni aniqlash uchun kodining regression tahlili;

• kompilyatorlarda optimallashtirish protseduralarini tekshirish va tasdiqlash;

• turli funksiyalarni amalga oshiradigan bir nechta kod fragmentlarini bitta dasturga toʻg'ri birlashtirish uchun dastur tarkibi;

• xatoliklar yoʻqligiga ishonch hosil qilish uchun ma'lumotlar oqimining xavfsizligini tekshirish [7,36];

• zararli kod boʻlaklarini aniqlash ("viruslarni").

Ammo tekshirish algoritmlarini qoʻllashning eng muhim sohasi bu ekvivalentlik - dastur oʻzgarishlarini optimallashtirishni ishlab chiqish xisoblanadi.

Masalalarni yechishga doir koʻrsatmalar

Algoritmlarni tavsiflashning quyidagi usullari mavjud:

1) tabiiy tilda yozish (og'zaki tavsif);

2) diagramma koʻrinishidagi tasvir (grafik tavsif);

3) algoritmik tilda yozish (dasturni kompilyatsiya qilish).

Algoritmlarni og'zaki tavsiflash usullari ishlatiladigan metall tillarda (dasturlash tilini tavsiflash uchun mo‘ljallangan tillar) farqlanadi.

Masalan, $ax+bx+c = 0$ kvadrat tenglamani yechish algoritmining og'zaki tavsifi quyidagicha ko‘rinadi:

1) D := b2 – 4ac;

2) agar D < 0 bo‘lsa, 4 ga o‘ting;

3) x1 := (–b + D) / (2 a);

x2 := (–b – D) / (2 a);

4) Tamom.

Amaldagi hisoblash jarayonining turiga ko‘ra chiziqli (to‘g'ridan-to‘g'ri), tarmoqlanuvchi va tsiklik algoritmlar farqlanadi.

Chiziqli algoritmlar bosqichlari birin-ketin va ketma-ket bajariladigan chiziqli hisoblash jarayonini tavsiflaydi.

Tarmoqli algoritm hisoblash jarayonini tavsiflaydi, uni amalga oshirish bir nechta oldindan belgilangan yo‘nalishlardan birida sodir bo‘ladi. Hisoblash jarayoni amal qilishi mumkin bo‘lgan yo‘nalishlarga shoxlari deyiladi. Hisoblashning muayyan tarmog'ini tanlash ba'zi mantiqiy shartlarning bajarilishini tekshirish natijalariga bog'liq. Sinov natijalari: agar shart bajarilgan bo‘lsa, "to‘g'ri" (ha), agar shart bajarilmasa, "noto‘g'ri" (yo‘q).

Tsiklik algoritm qadamlari ko‘p marta takrorlanadigan hisoblash jarayonini tavsiflaydi. Boshqa sikllarni o‘z ichiga olmaydigan oddiy tsikllar va bir nechta tsikllarni o‘z ichiga olgan murakkab (ichiga joylashtirilgan) tsikllar mavjud. Davrni bajarish shartlarining joylashishiga qarab, oldingi shartli tsikllar va keyingi shartli tsikllar o‘rtasida farqlanadi. Bajarish shartining turiga ko‘ra, halqalar parametrli halqalarga va iterativ halqalarga bo‘linadi.

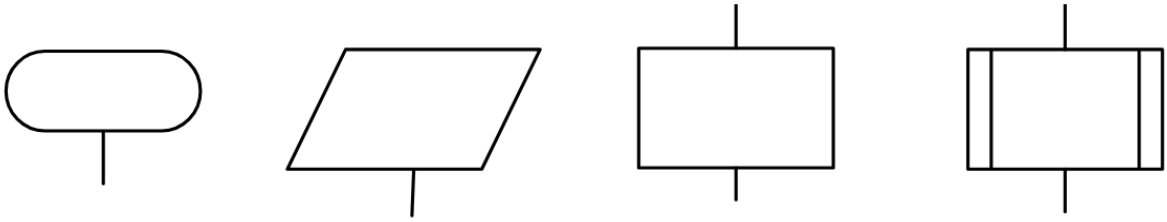
Haqiqiy hayotdagi ko‘plab algoritmlar aralash xarakterga ega, ya'ni, chiziqli bo‘limlar, shoxlar, ma'lum takroriy sonli halqalar va iterativ halqalarni o‘z ichiga olishi mumkin. Shu munosabat bilan, algoritmlarni darhol to‘liq shaklda kompilyatsiya qilish qiyin. Shuning uchun murakkab algoritmlarni tuzish uchun dasturni yuqoridan pastga loyihalashdan foydalanish tavsiya etiladi (bosqichma-

bosqich tafsilotlash usuli, ketma-ket takomillashtirish usuli). Uning mohiyati: algoritmning umumiy tuzilishi dastlab uning alohida qismlarini batafsil ishlab chiqmasdan o‘ylab topiladi. Keyinchalik, oldingi bosqichda batafsil ko‘rsatilmagan alohida bloklar ishlab chiqiladi. Shunday qilib, har bir rivojlanish bosqichida algoritmning bir qismini amalga oshirish ko‘rsatiladi, ya'ni. oddiyroq muammo hal qilinmoqda.

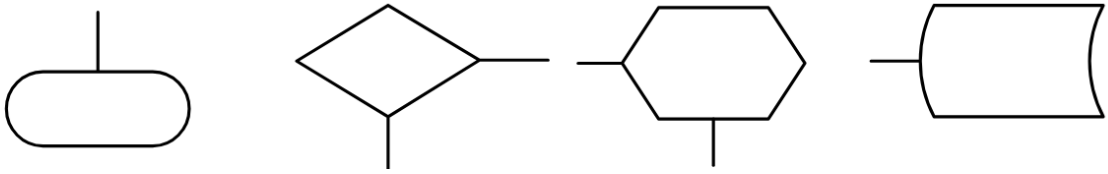
Algoritmning grafik tavsifi algoritmning har biri algoritmning keyingi bosqichi (boshqaruv) mazmunini aks ettiruvchi bloklar (geometrik shakllar) ketma-ketligidan tashkil topgan diagramma ikki o‘lchovli chizma) ko‘rinishidagi tasviridan iborat bo‘ladi.

Raqamlar ichida bajarilayotgan harakat qisqacha yoziladi. Ushbu diagramma algoritm oqim sxemasi deb ataladi.

2.3.1-rasmda algoritmni grafik qayd qilishda foydalaniladigan asosiy belgilar keltirilgan.



Jarayonni boshlanishi | Kirish-chiqish ma’lumotlari | Jarayon | Funksiya

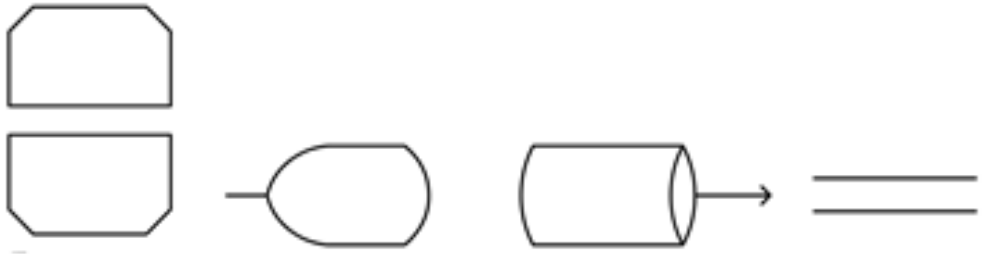


Jarayonni tugashi | Shart bajarish | Tayyorgarlik | Ma’lumotlarni saqlash



Izoh | Boshqa joyga | Joriy sahifaga | Ko‘rsatkichlar

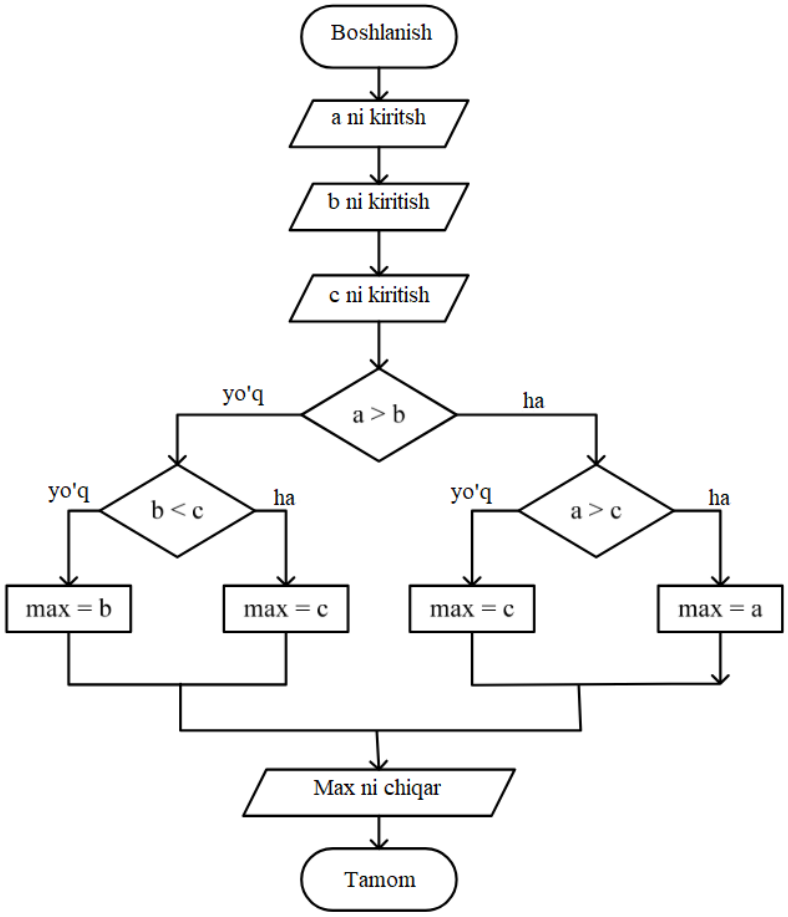
havola qilish havola qilish



Tsikl chegarasi Displeyda Ko‘rsatish Xotiraga olish qurilmasi Parallel rejim

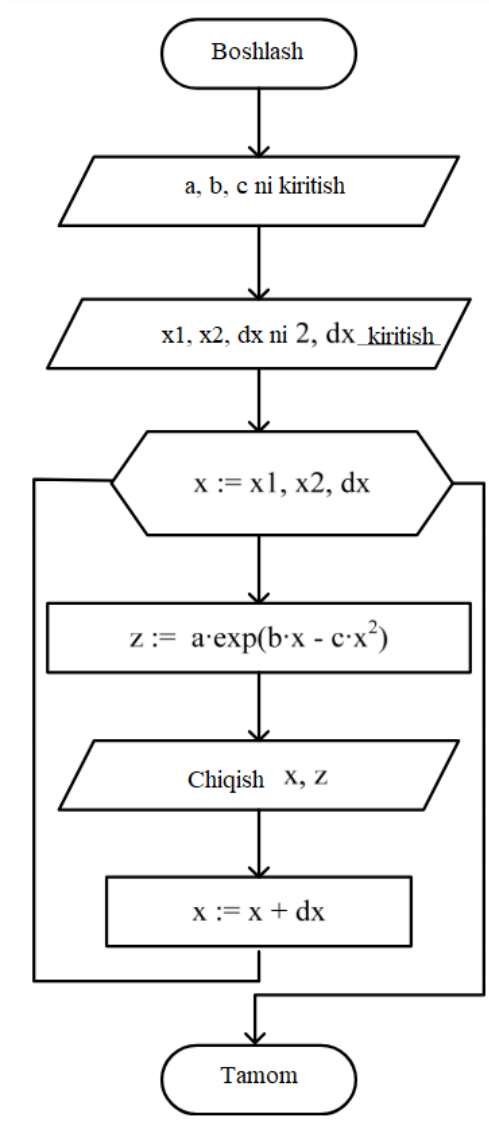
2.3.1-rasm. Algoritm qurishda blok sxemalarda ishlatiladigan shartli belgilar.

Misol tariqasida 2.3.2-rasmda berilgan uchta sondan eng katta sonni topish algoritmining blok-sxemasi ko‘rsatilgan, bunda tarmoqlanish algoritmi qo‘llanilgan.



2.3.2-rasm. Uchta sondan eng katta sonni topish algoritmining blok-sxemasi.

2.3.3-rasmda ma’lum takrorlanishlar soniga ega bo‘lgan siklik hisoblash jarayoni qo‘llaniladigan funksiya grafigini berilgan intervalda hisoblash algoritmining blok diagrammasi misol tariqasida ko‘rsatilgan.



2.3.3-rasm. Ma’lum takrorlanishlar soniga ega bo‘lgan siklik hisoblash jarayoni qo‘llaniladigan funksiya grafigini berilgan intervalda hisoblash algoritmi.

Algoritm va dastur tushunchalari aniq farqga ega emas. Shunday qilib, algoritmik tilda yozilgan dastur muayyan ijrochiga (kompyuter yoki dasturlash tili) qaratilgan masalani yechish algoritmining yakuniy versiyasi xisoblanadi.

Mustaqil bajarish uchun topshiriq.

1. $ae^{(bx-cx)}$ haqiqiy funksiyani berilgan oraliqda berilgan qadam bilan hisoblash algoritmi va blok-sxemasini tuzing.

2. Berilgan *4* ta sondan minimal (maksimal) sonni topish algoritmi va blok-sxemasini tuzing.

3. Faktorialni hisoblash algoritmi va blok-sxemasini tuzing.

4. Massivga noma'lum uzunlikdagi statik ketma-ketlikni kiritish algoritmi va blok-sxemasini keltiring.

5. *1* dan berilgan *n* songacha bo'lgan sonlar yig'indisini topish algoritmi va blok-sxemasini tuzing.

Nazorat savollari

1. Algoritmlarni yozish usullari qanday?
2. Algoritm tushunchasini birinchi marta kim va qachon kiritgan?
3. Algoritmning asosiy xususiyatlari qanday?
4. Asosiy algoritmik tuzilmalarni sanab bering va ularga tavsif bering.
5. Algoritm tuzishning asosiy tamoyillari qanday?
6. Algoritmlar yoziladigan shakllarning xilma-xilligini nima tushuntiradi?

III BOB. TURLI SOHALARDA MUHANDISLIK TIZIMLARNING IMITASION MODELINI YARATISH

3.1-§. Neft gaz sanoati jarayonlarining imitasion modelini yaratish.

Ishdan maqsad: misollar yordamida neft va gaz sanoatida dinamik tizimlarni modellashtirish bo‘yicha amaliy ko‘nikmalarga ega bo‘lish.

Nazariy qism.

Neft va gaz sanoatidagi muammolarni avvaldan yaxshilab o‘ylab, samarali hal qilish talab etiladi. Bunda mavjud muammolarni hal qilishda innovatsion yondashuvni talab qilib, bu mavjud jarayonlarni optimallashtirish va ularga zamonaviy texnologiyalarni integratsiyalashni anglatadi.

Muhandislik dasturlaridan AnyLogic dasturi bilan simulyatsiya modellashtirish orqali samarali o‘zgarishlarni amalga oshirish mumkin, yani, ishlab chiqarish jarayonlarini har bir detalini aks ettira oladigan virtual muhitda tahlil qilish, optimallashtirish va tajriba o‘tkazish mumkin bo‘ladi.

Ushbu dasturlar neftni qayta ishlash zavodlarida modellashtirish vaziyatni tahlil qilish va qaror qabul qilishga yordam beradi. Zavod tizimlari va jarayonlarini simulyatsiya qilish va tajriba qilish mumkin bo‘ladi. Dasturlar orqali simulyatsiya operatorga turli jarayon natijalarini darhol ko‘rish va eng yaxshi variantni tanlash imkonini beradi. Bundan tashqari, neftni qayta ishlash zavodlarini ta'minot zanjiri kabi boshqa, kengroq tizimning bir qismi sifatida modellashtirish imkoni tug’iladi.

Neft va gaz sanoatida imitasion modellashtirish quyidagi vazifalarni yecha oladi:

- ✓ operatsiyalarni rejalashtirish, texnik xizmat ko‘rsatishni rejalashtirish, yo‘nalishlar va transport vositalari va jihozlarni joylashtirish;
- ✓ ishlab chiqarishni optimallashtirish, ishlamay qolish vaqtini kamaytirish va maksimal foyda olish;
- ✓ temir yo‘llar, transport vositalari va portlar yordamida neftni tashish;

- ✓ barcha shartlar va talablarni hisobga olgan holda maxsulotni saqlashni boshqarish;
- ✓ kapitalni tejash, daromadlarni oshirish va quvur liniyasini loyihalash;
- ✓ neftni qayta ishlash zavodlarida jarayonlarni tahlil qilish va sinovdan o‘tkazish.

Modellashtirishda boshqa dasturlardan farqli jixati AnyLogic dasturi differensial va algebraik tenglamalar bilan ishlashda o‘zgaruvchilarni belgilash uchun maxsus elementlarni taqdim etadi:

 saqlash - differentsial tenglamalar uchun.

 dinamik o‘zgaruvchilar - formulalar uchun.

AnyLogic differensial, algebraik va aralash tenglamalar tizimlarini yechish uchun bir nechta raqamli usullarni qo‘llab-quvvatlaydi. Raqamli usul AnyLogic ish vaqti moduli tomonidan modellashtirilgan tizimning xatti-harakatlariga muvofiq avtomatik ravishda tanlanadi. Birinchi tartibli differensial tenglamalarni yechishda birinchi navbatda qat'iy qadamli Runge-Kutta usuli qo‘llaniladi. Algebraik va aralash tenglamalar tizimlarida AnyLogic Nyuton usulidan foydalanadi va kerakli aniqlikka erishish uchun integratsiya bosqichini o‘zgartiradi.

Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar

Topshiriq: Neft va gaz korxonasida maxsulotni tarqatish jarayonini modellashtiring.

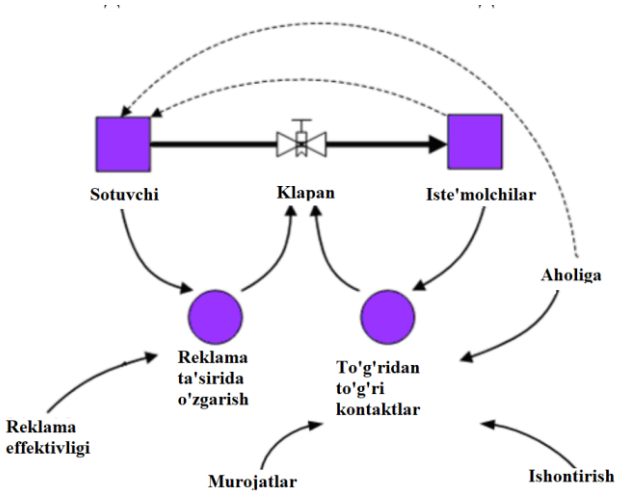
Avvalo, tizim dinamikasi nuqtai nazaridan uni qanday tasvirlash mumkinligini aniqlash uchun modelni tahlil qilish kerak. Modelning asosiy o‘zgaruvchilari va ularning bir-biriga qanday ta'sir qilishini aniqlash kerak bo‘ladi. So‘ngra modelning oqim diagrammasini yaratish zarur. Sxemani yaratishda qaysi o‘zgaruvchilar akkumulyatorlar, qaysi biri oqimlar va qaysi dinamik o‘zgaruvchilar bilan ifodalanishi kerakligini hisobga olish kerak bo‘ladi.

Rezervuarlar - ma'lum resurslar jamlangan haqiqiy ob'ektdir. Ulardagi maxsulot miqdori doimiy ravishda o‘zgarib turadi. O‘z navbatida, tizim oqim qiymatlarini ham o‘zgaradi.

Dinamik o‘zgaruvchilar bir raqamli qiymatni boshqasiga aylantirishga yordam beradi; ularning qiymatlari o‘zgartirishi yoki doimiy bo‘lishi mumkin.

Neft maxsulotining oqim diagrammasini yaratishda vaqt o‘tishi bilan qiymatlarni to‘playdigan o‘zgaruvchilarni aniqlash kerak. Bu modelda iste'molchilar soni va mahsulotning potentsial iste'molchilari saqlash rezervuarlari, mahsulotni sotib olish jarayoni esa aks etuvchi parameter bu -oqimdir.

Ushbu modelning tizimli dinamik ko‘rinishi quyidagi 3.1.1-rasmda ko‘rsatilgan. Saqlash rezervuarlar to‘rtburchaklar, oqim klapnlar va dinamik o‘zgaruvchilar doiralar bilan ifodalanadi. Yo‘nalish chiziqlari modeldagi munosabatlarini ko‘rsatadi.

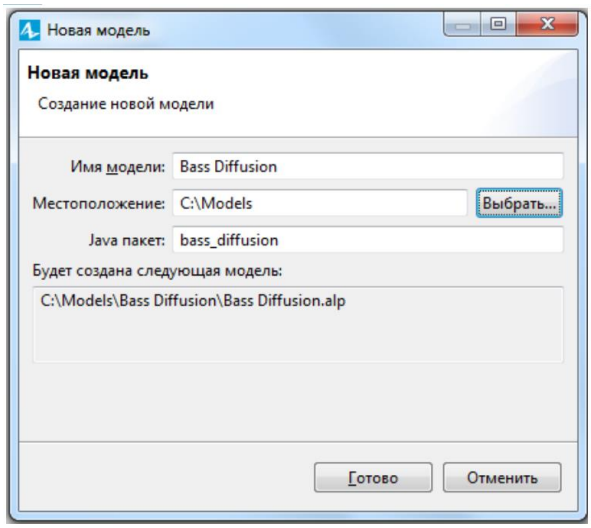


3.1.1- rasm. Neft va gaz maxsulotlarini tizimli dinamik ko‘rinishi.

Masalani tahlil qilib, uni yechish uchun AnyLogic dasturida modeli tuzib chiqiladi.

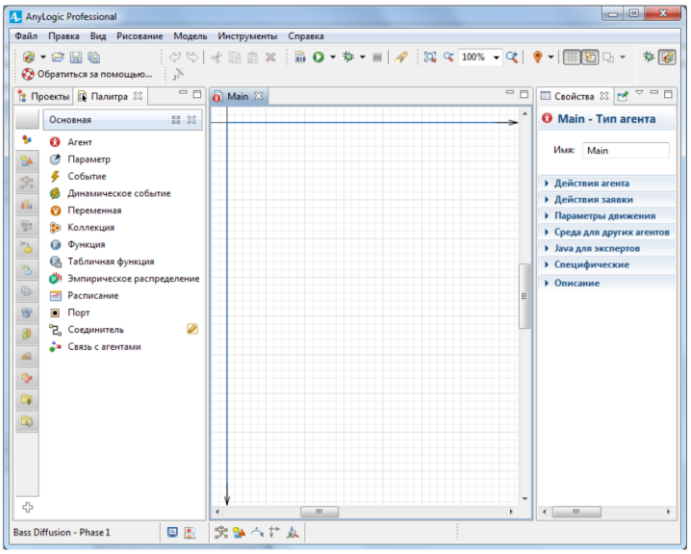
1. Yangi model yaratish. Sichqoncha ko‘rsatkichi bilan  - asboblar panelidan **Создать** yozuviga bosing. **Новая модель. –** yangi model oynasi ochiladi.

Имя модели – ko‘rsatilgan joyga modelni **Bass Diffusion** nomini kiriting (3.1.2-rasm).



3.1.2- rasm. Yangi modelga nom berish oynasi.

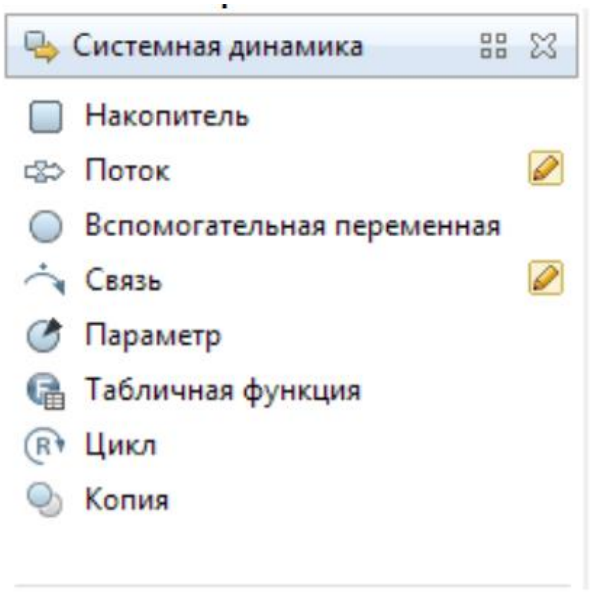
Yangi oyna ochilgach, loyihaning parametrlariga oid ish joyi yaratiladi. Model loyihasini saqlab qo‘yishni unutmang.



3.1.3-rasm. Yangi modelning asosiy ish joyi oynasini ko‘rinishi.

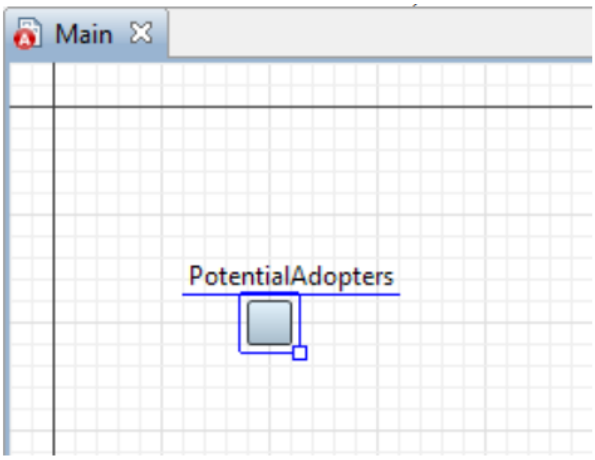
2. Saqlash rezervuarlarini loyihalash.

Avvalo, Palitra panelining tizim dinamikasi yorlig'ini oching. Palitra panelining istalgan yorlig'ini ochish uchun ushbu palitraning sarlavhasini bosishingiz kerak.



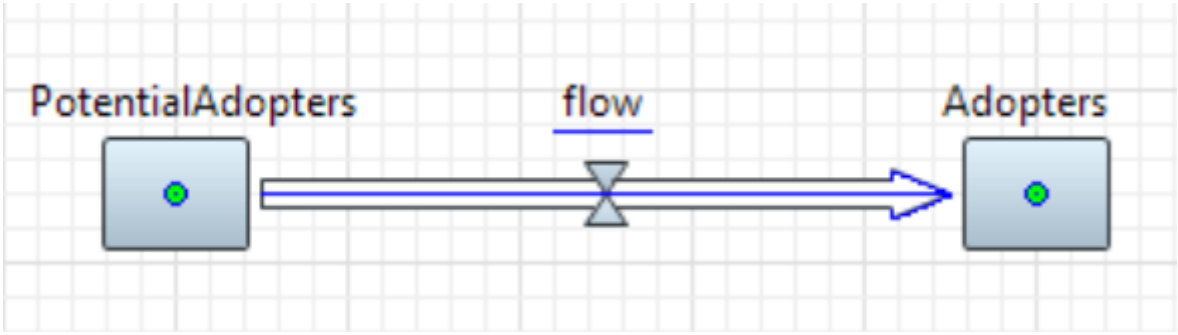
3.1.4-rasm. Tizim o‘zgaruvchilarni tuzish oynasi.

Palitradan **Накопитель** belgisini sichqoncha bilan ushlab ish joyiga torting. Diagrammada kichkina ko‘k rangdagi to‘rtburchak hosil bo‘ladi. Bu miqdori o‘zgaruvchi rezervuarni bildiradi.

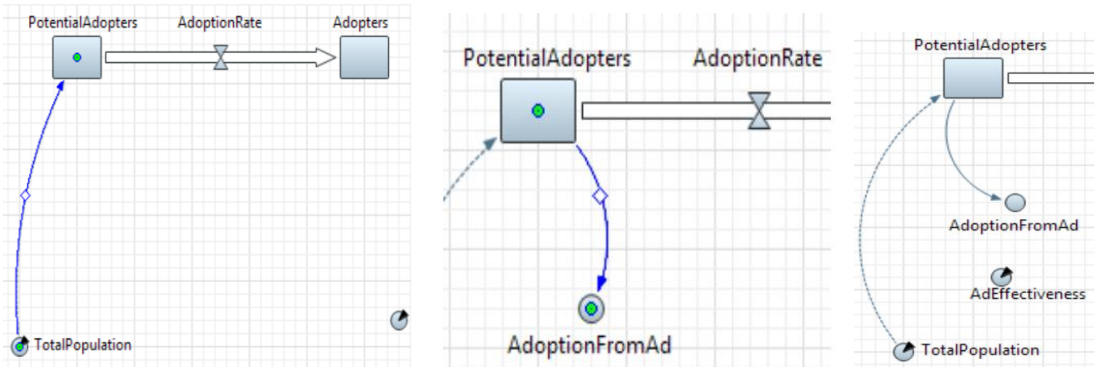


3.1.4- rasm. O‘zgaruvchilarni loyihalash oynasi.

Xuddi shu tarzda modeldagi barcha elementlar tuzilib chiqiladi va ularning munosabatlari bog’lanadi. Blok nomlari AnyLogic dasturida ingliz tilida ko‘rsatiladi. (3.1.6-3.1.7 rasmlar).

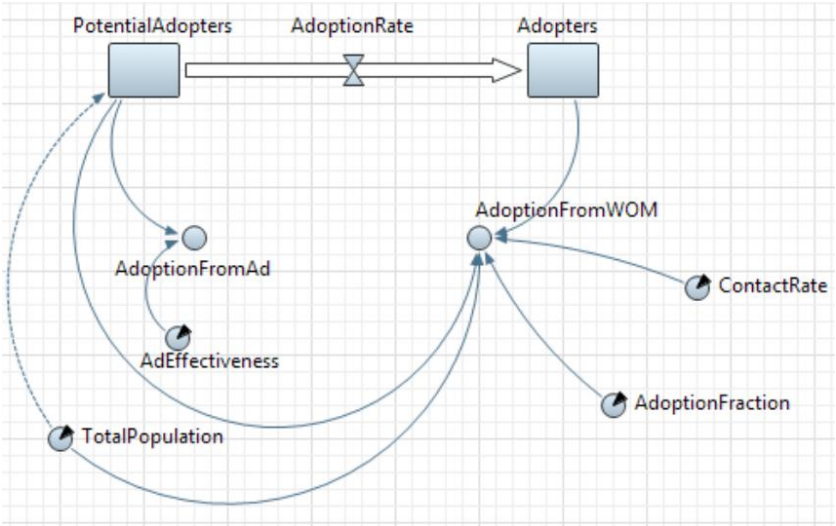


3.1.6-rasm. Model bloklarini bo‘g’lanishi.



3.1.7 -rasm. Bloklarni bog’lanishida munosabatlarni kiritish jarayoni.

Natijada 3.1.8-rasmda ko‘rsatilgan yakuniy modelga keladi. Shundan so‘ng mahsulotni sotib olish oqimining formulasini aniqlash mumkin bo‘ladi. Oqimning qiymati uning ikkita mustaqil komponentining yig'indisi bilan belgilanadi - reklama ta'siri natijasida sotish va mahsulot iste'molchilari bilan muloqot ta'siri ostida sotish.



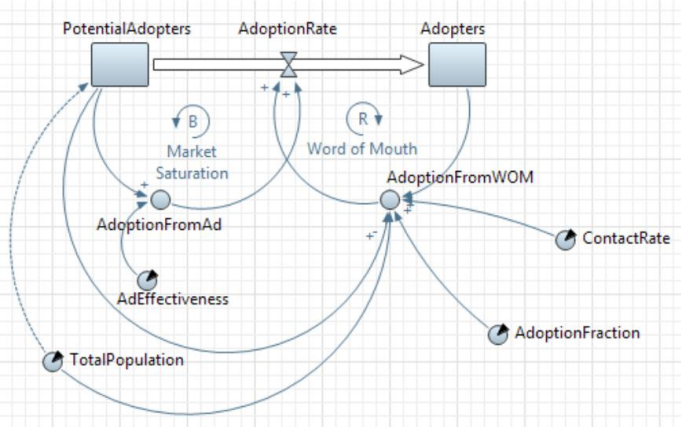
3.1.8-rasm. Neft va gaz maxsulotlarini sotish tizimini yakunlangan modeli ko‘rinishi.

Bloklarni ulanishlari qutbli tarzda ijobiy yoki salbiy bo‘lishi mumkin:

Ijobiy ulanish tizim dinamikasining ikkita elementi o‘z qiymatlarini bir xil yo‘nalishda o‘zgartirishini anglatadi, ya'ni ulanish yo‘naltirilgan elementning qiymati kamaysa, boshqa elementning qiymati ham kamayadi. Xuddi shunday, agar bitta elementning qiymati oshsa, unga bog'liq elementning qiymati ham ortadi.

Salbiy munosabat tizim dinamikasining ikkita elementi o‘z qiymatlarini qarama-qarshi yo‘nalishda o‘zgartirishini anglatadi, ya'ni, agar ulanish yo‘naltirilgan elementning qiymati kamaysa, boshqa elementning qiymati ortadi va aksincha.

Ushbu havolalarning qutbliligini ko‘rsatish uchun havolalar yoniga teg qo‘shish mumkin. Odatda ulanish o‘qi yonidagi +/- belgilar bilan ko‘rsatiladi. Natijada, modelda mustaqil o‘zgaruvchining qiymati o‘zgarganda, unga tobe o‘zgaruvchi o‘z qiymatini qanday o‘zgartirishini ko‘rish mumkin.

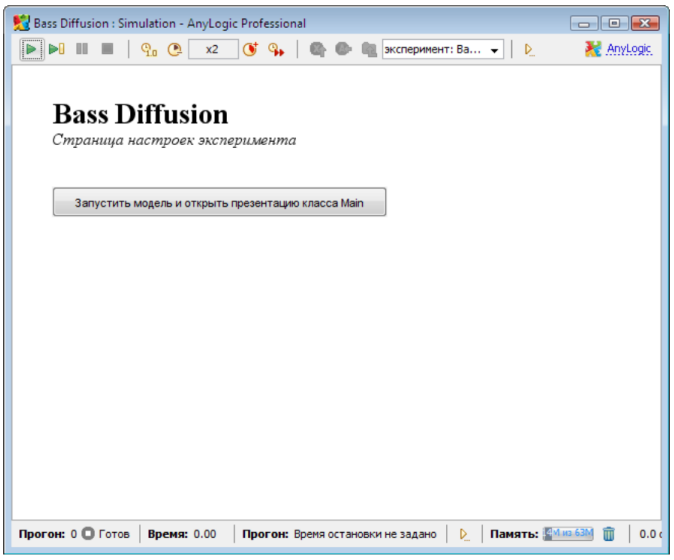


3.1.9-rasm. Ulanishlar qutblarini ko‘rsatuvchi yakuniy model ko‘rinishi.

Modelni ishga tushirishdan oldin uning bajarilish rejimini tanlaymiz. AnyLogic modeli virtual yoki real vaqtda ishlashi mumkin.

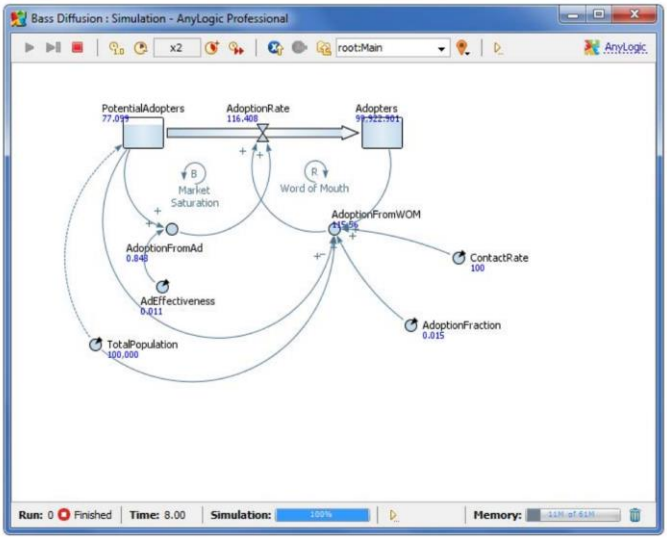
Virtual vaqt rejimida model vaqtni hisobga olmasdan ishlaydi - u imkon qadar tez ishlaydi. Ushbu rejim juda uzoq vaqt davomida tizimning ishlashini simulyatsiya qilish kerak bo‘lganda eng mos keladi.

Haqiqiy vaqtda model vaqti va fizik vaqt o‘rtasidagi bog'liqlik o‘rnatiladi, ya'ni bir soniyada bajariladigan model vaqti birliklari soni o‘rnatiladi. Bu ko‘pincha model animatsiyasi real hayotdagi kabi tezlikda ko‘rsatilishini xohlaganida talab qilinadi.



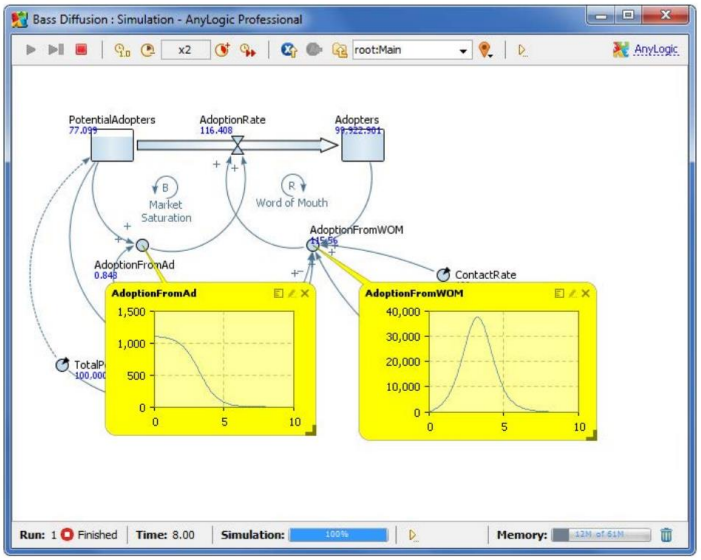
3.1.10-rasm. Modelni simulyasiyasini ishga tushirish jarajoni oynasi.

Oynaning yuqorisidagi **Play** buyrug’ini bosishingiz bilan simulyasiya jarayoni ishga tushib ko‘rsatiladi.



3.1.11-rasm. Model simulyasiyasi oynasi.

Yana ham modelni ish jarayonini aniq ko‘rish uchun grafiklar bilan ifodalash mumkin. (3.1.12-rasm.)



3.1.12-rasm. Modelni grafiklar bilan tahlil qilish.

Ishlab chiqilgan model masalada qo‘yilgan muamoga to‘liq mos keladi. Model to‘g’ri tuzilgach u bilan boshqa har qanday tajriba o‘tkazish mumkin bo‘ladi.

Masalan, ta'minot zanjirini o‘zgartirish va ularning bozor ulushlarini taqsimlashga qanday ta'sir qilishini o‘rganish mumkin.

Ta'minot zanjiri tizim dinamikasi yordamida emas, balki hodisalarni diskret modellashtirish yondashuvidan foydalangan holda modellashtirilishi mumkin. Bunday holda, yetkazib berish vaqtlarini modellashtirish ancha oson bo‘ladi va jarayonni batafsilroq modellashtirish imkon beradi.

Nazorat savollari:

1. Modellarni tahlil qilishda grafiklarni ahamiyati qanday?
2. Real vaqt va virtual vaqtlarning farqini ayting?
3. Rezervuar nima va uning texnik parametrlari qanday?
4. Yuqoridagi misolda bloklarni ulanishlari qutbli tarzda ijobiy va salbiy ulanishlar nimani ifodalaydi?
5. Neft va gaz maxsulotlarini tizimli dinamik modellashtirishda assosiy tashkil etuvchilarini ayting?

3. 2-§. Transport tizimlarini boshqarishini imitasion modellashtirish.

Ishdan maqsad: misollar yordamida transport tizimlarini modellashtirish bo‘yicha amaliy ko‘nikmalarga ega bo‘lish.

Nazariy qism.

Transport oqimlarini muhandislik dasturlari asosida modellashtirish transport tizimlarini tahlil qilishning samarali vositasi hisoblanadi. Shu kungacha mavjud asbob-uskunalar transport muhandislari uchun juda murakkab tizimlar uchun to‘laqonli imkoniyatlarni ta'minlay olmaydi. Ishlab chiqilgan modellar asosan ikki turdagi foydalanish uchun mo‘ljallangan:

1. Transport muhandislari tizim modellarini yaratadilar va ular bilan tajriba o‘tkazadilar;

2. Simulyatsiya dasturchilari yangi elementlarni qo‘shish orqali tizimni samaradorligini oshiradilar. Grafik dizayner modellashtirish jarayonini soddalashtiradi.

Bugungi kunda katta shaharlarda transport oqimining ko‘payishi mavjudlarni rekonstruksiya qilish va yangi transport uzellarini yaratish zarurligini brogan sari dolzarb muammoga aylanib bormoqda. Ham shaxsiy, ham jamoat transporti sonining ko‘payishi shahar yo‘llarining tirbandligiga, soatlab tirbandlikka, piyodalar harakatining qiyinlashishiga, baxtsiz hodisalar sonining ko‘payishiga olib kelmoqda.

Harakatni boshqarish tizimidagi ob'ekt - bu texnik vositalardan (avtomobillar, mototsikllar, avtobuslar va boshqalar) iborat transport oqimi xisoblanadi.

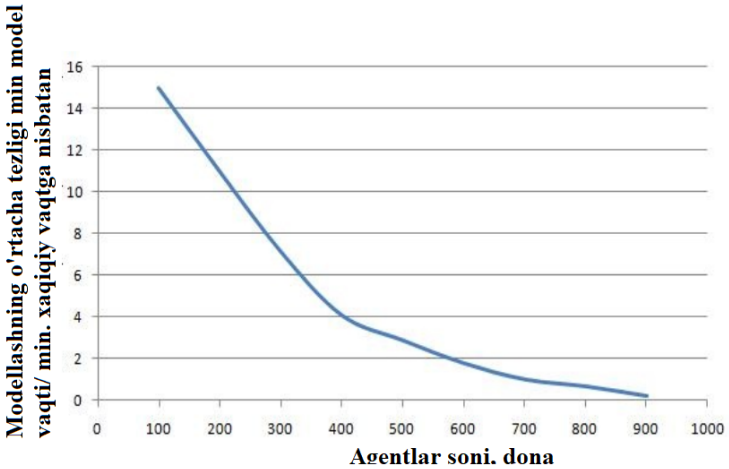
Imitasion modellashtirish kichik va o‘rta transport tizimlarining sig'imi va boshqa xususiyatlarini tahlil qilishning samarali usuli hisoblanadi. Hozirgi vaqtda transport tizimlarini imitasion modellashtirish uchun bir nechta vositalar mavjud bo‘lib, ko‘rib chiqilgan barcha tizimlar, AnyLogic 5 transport kutubxonasidan foydalanib kelishadi. Bugungi kunda AnyLogic 6 versiyasidan boshlab uning imkoniyatlari sezilarli oshirilgandir.

Simulyatsiya muhitining qaror qabul qilish algoritmlarining murakkabligi jadvalda keltirilgan (3.2.1-jadval):

3.2.1-jadval

Qaror qabul qilish darajasi	Qarorning intensivligi	Qaror qabul qilish algoritmlarining murakkabligi
Strategik	agentning hayoti davomida 1 dan bir necha martagacha	O(n2ln(n)) bu yerda n-modellashtilgan maydonning yo‘l sxemasini ifodalovchi grafikdagi cho‘qqilar soni
Taktik	Model vaqtining daqiqasiga 1 dan 15 martagacha	O(n*ln(n)) bu yerda n-ko‘rib chiqilayotgan agent bilan bir xil yo‘l uchastkasidagi agentlar soni
Operativ	Model vaqtining soniyasiga 1 dan 5 martagacha	O(n2ln(n)) bu yerda n-ko‘rib chiqilayotgan agentning diqqat doirasidagi agentlar soni

3.2.1-rasmda *10* ta chorraha va *18* ta yo‘l segmentiga ega o‘rtacha transport tizimini simulyatsiya qilishda simulyatsiya tezligining agentlar soniga nisbati ko‘rsatilgan. Ko‘rinib turibdiki, muhit real vaqt rejimida 715 agent bilan simulyatsiyani ta'minlashga qodir.



3.2.1-rasm. transport tizimini simulyatsiya qilishda simulyatsiya tezligining agentlar soniga nisbati.

Ishlab chiqilgan simulyatsiya modeli (rasmga qarang) quyidagi tarkibiy elementlarni o‘z ichiga oladi:

- har tomondan tutashgan yo‘llar bilan to‘rt tomonlama kesishuv;

- har bir yo‘lni har bir yo‘nalishda uchta bo‘lakli ikkita qatnov qismiga ajratuvchi mediana;

- model agentlarini ishlab chiqarish tizimi - ikki turdagi transport vositalari: engil avtomobil va yuk ko‘tarish quvvati *2* dan *6* tonnagacha bo‘lgan yuk mashinasi;

- avtomobil harakati mantiqining to‘rtta bloki (har bir yo‘nalish uchun bittadan);

- yorug'lik signalizatsiya elementlarining modellari - T.1.l tipidagi svetoforlar;

- svetofor signallarini ikki halqali fazaga ko‘ra almashtirish mantiqini modellashtirish holati diagrammasi;

- yo‘l kesishmasi boshqaruvchisining ishlashini modellashtiruvchi tizim dinamikasi moduli;

- modelni boshqarish parametrlari bloki;

- model parametrlarini boshqarish;

- tashqi MSExcel faylidan qattiq boshqaruv sikli parametrlarini o‘qish moduli;

- agent parametrlari statistikasini yig'ish moduli;

- eksperiment davomida barcha transport vositalarining o‘rtacha kechikish vaqtini ko‘rsatadigan transport vositalarining kechikishini taqsimlash gistogrammasi.

Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar

Yuqoridagi masala yuzasidan AnyLogic dasturida model tuzish, uni bloklarini bo‘glash tushintirilgani kabi bunda ham model tuziladi.

1. Modelning kirish parametrlaridagi ketma-ket o‘zgarishlarning turli kombinatsiyalariga asoslangan test dasturi tuzilib chiqiladi.

2. Har bir test uchun algoritmlar uchun umumiy qabul qilingan Webster algoritmi yordamida asosiy soat sikllarining davomiyligi hisoblanadi.

2.1. To‘yinganlik oqimi quyidagicha hisoblanadi:

$$M = Pn\frac{(I_D P_D{}^{to'griga} + I_D P_D{}^{chap} + P_D{}^{o'ng})}{I_D P_D{}^{to'griga} + 1.75 I_D P_D{}^{chap} + 1.25 I_D P_D{}^{o'ng}} \quad (1)$$

bu yerda P - harakatlanish chizig'ining sig'imi, birlik/soat; n – harakatlanish uchun ochiq bo‘laklar soni; I_D – chorrahaga yaqinlashishda harakat intensivligi, harakat birligi/soat; $P_D{}^{to'griga}$, $P_D{}^{chap}$, $P_D{}^{o'ng}$ – belgilangan yo‘nalishda o‘tayotgan avtomobillar ulushi, %.

2.2. Faza koeffitsienti hisoblanadi:

$$y = I_D/M. \quad (2)$$

Har bir bosqichda maksimal faza koeffitsientiga ega bo‘lgan yondashuv yoki ajratilgan yo‘nalish tanlanadi, ya'ni eng yuklangan. Bu cheklovchidir.

2.3. t`- o‘tish davrlarini hisoblash amalga oshiriladi.

Umuman olganda, o‘tish intervallari *3* soniyadan kam davom etishi uchun rejalashtirilmasligi kerak. Agar topilgan *t'* qiymati *4s* dan oshmasa, u holda o‘tish oralig'i bitta taktli tsikldan iborat (sariq signal). *t ′ = 5, ..., 8s* da o‘tish oralig'i ikkita yordamchi tsikldan iborat bo‘lishi kerak (sariq o‘chirilgan paytda sariq va bir vaqtning o‘zida qizil signallar yoqiladi). Hisob-kitoblarni soddalashtirish uchun biz o‘tish oraliqlarining davomiyligini *t ′ = 3s* deb hisoblaymiz.

2.4. Tartibga solish siklining davomiyligi quyidagicha hisoblanadi:

$$T = \frac{(1.5L-5)}{1-\sum y_i} \quad (3)$$

bu yerda *L* - barcha yordamchi davrlarning yig'indisi, *s*; y_i – fazali koeffitsientlar.

2.5. Asosiy chora-tadbirlarning davomiyligi hisoblanadi:

$$t_1 = y_1 \frac{T-L}{T-1.5L-5} T \quad (4)$$

3. Olingan asosiy davrlar davomiyligining qiymatlari alohida MSExcel fayliga jamlanadi (3.2-jadvalga qarang).

3.2-jadval

Test raqami		Taktlar							
	С-Ю	К+J	К+Z	К+J	З	J	К	К	К
	З-В	J	К	К	К	К+J	К+Z	К+J	Z
1		3	8	3	17	3	8	3	17
2		3	12	3	18	3	12	3	18
3		3	16	3	19	3	16	3	19
…		…	…	…	…	…	…	…	…
N		3	tn1	3	tn2	3	tn3	3	tn4

4. Model ishga tushiriladi va bajarish rejimida kirish parametrlarining qiymatlari tajrib raqamiga, shuningdek, “Hard Logic” modelining ishlash rejimiga va qattiq boshqaruv mantiqi soniga muvofiq o‘rnatiladi.

5. Parametrlarni o‘rnatgandan so‘ng, maksimal bajarish tezligi o‘rnatiladi va o‘rtacha kechikish vaqti barqaror holatga kelgan moment qayd etiladi (odatda bu moment Sink komponentidan foydalangan holda modeldan chiqqan avtomobillar soni *20* ming va undan ko‘pga etganidan keyin sodir bo‘ladi.). O‘rtacha kechikish vaqtining barqaror holatiga erishilganda, uning qiymati olinadi va eksperimental ma'lumotlarni qayta ishlash varag'ining tegishli katakchasiga yoziladi. Keyin modelni bajarish rejimidan chiqadi.

6. Model qayta ishga tushirildi, bajarish rejimida kirish parametrlarining qiymatlari tajriba raqamiga mos ravishda o‘rnatiladi, modelning ish rejimi "Adaptiv mantiq" ga o‘rnatiladi, yashil signalning maksimal davomiyligi. qat'iy nazorat qilish algoritmi uchun asosiy soat sikllari davomiyligining maksimal qiymatiga teng o‘rnatiladi, ekipaj vaqti *4 s* ga o‘rnatiladi.

7. Parametrlarni o‘rnatgandan so‘ng, maksimal bajarish tezligi o‘rnatiladi va o‘rtacha kechikish vaqti barqaror holatga kelgan moment qayd etiladi (odatda bu moment Sink komponentidan foydalangan holda modeldan chiqqan avtomobillar soni *30* ming va undan ko‘pga etganidan keyin sodir bo‘ladi). O‘rtacha kechikish vaqtining barqaror holatiga erishilganda, uning qiymati olinadi va eksperimental

ma'lumotlarni qayta ishlash varag'ining tegishli katakchasiga yoziladi. Keyin modelni bajarish rejimidan chiqadi.

8. *6* va *7*-qadamlar yana takrorlanadi, yagona farq shundaki, birinchi takrorlashda yashil signalning maksimal davomiyligi *2s* ko‘proq, ikkinchisida - *2 s* kamroq va uchinchisida - *5 s* kamroq o‘rnatiladi.

9. Har bir tajriba raqami uchun testlar takrorlanadi (4–8-bosqichlar). Shunday qilib, modelning ishlashini to‘liq o‘rganish *150* ta yugurishdan iborat.

10. Bir qator yugurishlar oxirida qattiq va moslashuvchan boshqaruvning o‘rtacha kechikishlari o‘rtasidagi farq hisoblab chiqiladi, grafiklar chiziladi va xulosalar chiqariladi.

Ushbu modellashtirish texnikasidan transport chorrahalarining maksimal sig'imini aniqlashda, yo‘l infratuzilmasini rejalashtirishda, avtomobillar oqimini boshqarishda foydalanish mumkin bo‘ladi.

Nazorat savollari:

1. Transport tizimlarini boshqarishda imitatsion modellashtirishning asosiy maqsadi nima? Qanday vaziyatlarda u analitik modellar o‘rniga qo‘llaniladi?
2. AnyLogicda Material Handling Library ning asosiy elementlari qaysilar? Ularning vazifalarini qisqacha tushuntiring.
3. Conveyor va Transporter (AGV) bloklari o‘rtasidagi asosiy farq nima? Qachon conveyor, qachon transporterdan foydalanish maqsadga muvofiq?
4. Ishlab chiqarish liniyasida transport bottleneck (tor joy) qanday aniqlanadi? AnyLogicda buni qanday vizual va raqamli usullar bilan ko‘rsatish mumkin?
5. ResourcePool va Service bloklaridan foydalanganda transport vositalarining utilization (foydalanish darajasi) ni qanday hisoblash mumkin?
6. Path va Network elementlari nima uchun kerak? AGV yoki forklift harakatini modellashtirishda ularning roli qanday?
7. TimeMeasureStart va TimeMeasureEnd bloklari yordamida qanday ko‘rsatkichlarni o‘lchash mumkin? Misol keltiring.

8. Parameter Variation Experiment yordamida nimani optimallashtirish mumkin? Transport tizimida AGV soni va konveyer tezligini o‘zgartirib, qanday natijalarga erishish mumkin?

9. Modelga operator yoki robot qo‘shish kerak bo‘lsa, qanday bloklardan foydalaniladi? Ular transport jarayoniga qanday ta’sir qiladi?

10. Real zavod transport tizimini modellashtirishda qanday ma’lumotlar (input data) eng muhim hisoblanadi?

3.3-§. Imitasion tizimlar modullarini tanlash va ularni dasturiy vositalarda qo‘llash.

Ishdan maqsad: modellashtirish dasturlarini o‘rganish, olingan bilim va ko‘nikmalarni modellashtirish dasturlarini tanlashda qo‘llash, modellashtirish paketlari tasnifini tuzish.

Talabalar bilishi kerak:

- texnik tizimlarni modellashtirish paketlarining tasnifini;
- ularning maqsadi va ishlatilishini;
- afzalliklari va kamchiliklarini;
- dasturiy ta'minotni tanlash mezonlarini;

Talabalar quyidagilarni bajara olishi kerak:

- avtomatlashtirish tizimi elementlarining modellarini yaratish va sinovdan o‘tkazish uchun dasturiy ta'minotni tanlash bo‘yicha mavjud yechimlarni tahlil qilish;
- texnik shartlar asosida avtomatlashtirish tizimi elementlari modelini yaratish va sinovdan o‘tkazish uchun dasturiy ta'minotni tanlash va qo‘llash.

Amaliy ish natijasida talaba quyidagi umumiy malakalarni egallashi kerak:

- turli kontekstlarga nisbatan kasbiy faoliyat muammolarini hal qilish usullarini tanlay olishi;
- kasbiy faoliyati vazifalarini bajarish uchun zarur bo‘lgan ma'lumotlarni qidirishi, tahlil qilishi va sharhlay olishi;

- k asbiy faoliyatida axborot texnologiyalaridan foydalanish.

Talaba kasbiy kompetensiyalarni egallashi kerak:

- texnik spetsifikatsiyalar asosida avtomatlashtirish tizimi elementlarining modellarini yaratishi va sinovdan o‘tkazish uchun dasturiy ta'minotni tanlash uchun mavjud yechimlarni tahlil qilishi;

- tanlangan dasturiy ta’minot va texnik shartlar asosida avtomatlashtirish tizimi elementlarining virtual modelini ishlab chiqishi.

Nazariy qism.

Zamonaviy modellashtirish paketlari, qoida tariqasida, modellashtirilgan tizimning tavsifini inson idroki uchun imkon qadar qulay shaklda kiritish imkonini beruvchi maxsus vizual muharrirlarni o‘z ichiga oladi. Matematik ifodalar, murakkab kasrlar, integral belgilar, yig‘indilar va hosilalar yordamida yoziladi. Tuzilishi va xatti-harakatlari blok diagrammalar va o‘tish grafiklari ko‘rinishida tasvirlangan.

Ushbu grafik tavsiflar avtomatik ravishda model dasturiga tarjima qilinadi. Simulyatsiya paketini bajarish tizimi bilan birgalikda model dasturi simulyatsiya dasturini tashkil qiladi.

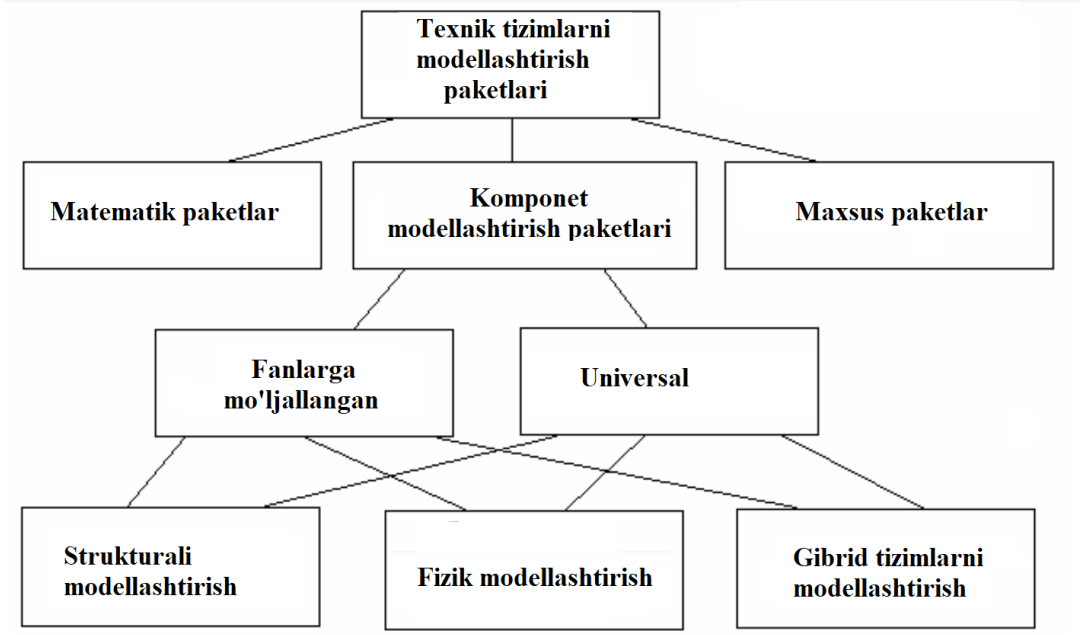
Ilovalar to‘plami - dasturiy ta'minot to‘plami, ma'lum bir sinf muammolarini hal qilish uchun mo‘ljallangan o‘zaro bog'langan dasturlar to‘plami xisoblanadi. Ular funktsional muammolarni hal qilish uchun dasturiy vositalar sifatida xizmat qiladi va dasturiy mahsulotlarning eng katta sinfidir.

Bu sinfga turli fan sohalaridagi axborotni qayta ishlovchi dasturiy mahsulotlar kiradi. Darsning ushbu uslubiy ishlanmasida asosiy zamonaviy modellashtirish dasturlari taqdim etiladi va har bir paketga qisqacha tavsif beriladi.

Bugungi kunda bozorda texnik, xususan, mexatronika tizimlarini avtomatlashtirilgan modellashtirish uchun ko‘plab vositalar mavjud. Ulardan ba'zilari ancha mashxur va foydalanuvchilari orasida ommabop, boshqalari yaqinda paydo bo‘lgan. Ba'zi paketlar universal bo‘lib, nafaqat texnik, balki har qanday texnik tizimlarni modellashtirish uchun ishlatilishi mumkin bo‘ladi.

Boshqalar esa ma'lum bir fan sohasida tor mutaxassislikka ega. Koʻpgina paketlarning imkoniyatlari sezilarli darajada mos keladi va ularning bir xil muammolarni hal qilishdagi yondashuvlari koʻpincha taxminan bir xil boʻladi.

Paketning maqsadi va imkoniyatlaridan kelib chiqib quyidagicha tasniflash mumkin:



3.3.1-rasm. Dasturiy paketlarni qollanilishiga koʻra sinflanishi.

Simulyatsiya qilingan tizimlar sinflarining xilma-xilligiga va zamonaviy kompyuterlarda mashina modellarini amalga oshirish uchun keng imkoniyatlar mavjudligiga qaramay, modellashtirish ob'ektining kontseptual modelini qurishdan tizim modeli bilan mashina tajribasini oʻtkazishga oʻtishning asosiy qonuniyatlarini aniqlash mumkin boʻladi. Bu foydalanuvchi tomonidan amaliy modellashtirish muammolarini samarali hal qilish uchun metodologiyani ishlab chiqish va modellarni electron hisoblash mashinasida amalga oshirish shaklida oqilona shakllantirilishi mumkin. Bunday holda, modellarni rasmiylashtirish va algoritmlashda e'tiborga olinishi kerak boʻlgan eng muhim omil - bu tadqiqot vositasi sifatida kompyuter texnikasi va dasturiy ta'minotidan foydalanishdir.

Murakkab tizimni modellashtirish bosqichlarini aniqlash uchun asos, shuningdek, ushbu koʻp mehnat talab qiladigan ishlarni bajarish uchun turli

mutaxassislikdagi ishlab chiquvchilar (tizim muhandislari, algoritmistlar, dasturchilar) jamoalarini jalb qilish zarurati hisoblanadi.

Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar

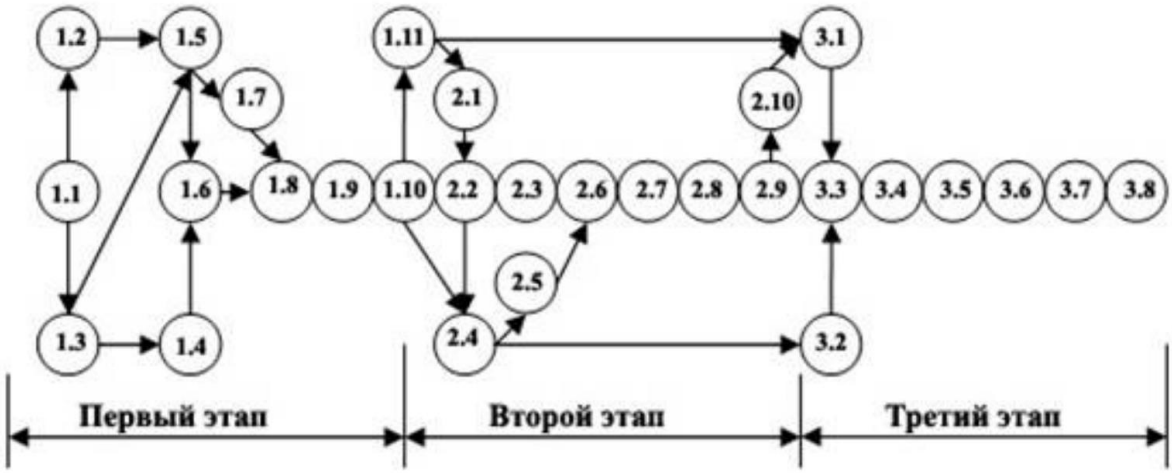
Modellarini ishlab chiqish va kompyuterda amalga oshirish ketma-ketligi. Matematik, algoritmik modellarni qurishda va mashinaviy modellashtirishning dasturiy va amaliy jihatlarini ko‘rib chiqishda kompyuter texnologiyalari yordamida amalga oshirilgan ob'ektlarning matematik modellarining keng sinfini yaratishning uslubiy asoslarini bilish talab qilinadi. Kompyuter texnologiyasidan foydalangan holda simulyatsiya real ob'ektda yuqori yoki past tezlikda sodir bo‘ladigan hodisalar mexanizmini o‘rganishga imkon beradi, agar ob'ekt bilan to‘liq miqyosli tajribalarda qisqa vaqt ichida sodir bo‘layotgan o‘zgarishlarni kuzatish qiyin (yoki imkonsiz) bo‘lsa, ishonchli natijalarni olish uzoq vaqtni o‘z ichiga oladi.

EHMda modellashtirishda real vaqtda uni "cho‘zish" yoki "siqish" imkoni mavjud, chunki mashinali modellashtirish real vaqtdan farq qiladigan tizim vaqti tushunchasi bilan bog'liq.

EHMda modellashtirish bosqichlari, ular quyidagilardan iborat: tizimning kontseptual modelini qurish va uni rasmiylashtirish;

- modelini algoritmlash va uni EHMda amalga oshirish;
- model simulyatsiyasi natijalarini olish va sharhlash.

Modellashtirishning sanab o‘tilgan bosqichlari va ularning tarkibiy qismlari o‘rtasidagi munosabatlar shaklda ko‘rsatilgan tarmoq diagrammasi rasmda keltirilgan.



3.3.2-rasm. Modelni tarmoqlanish diagrammasi.

Modellashtirish bosqichlari batafsil ketmaketligi quyidagicha:

1.1- tizimni mashinali modellashtirish masalasini bayon qilish;

1.2 - tizimni modellashtirish muammosini tahlil qilish;

1.3 - modellashtirish ob'ekti haqidagi dastlabki ma'lumotlarga qo‘yiladigan talablarni aniqlash va uni to‘plashni tashkil etish;

1.4 - gipotezalarni tuzish va taxminlar qilish;

1.5 - model parametrlari va o‘zgaruvchilarni aniqlash;

1.6 - modelning asosiy mazmunini belgilash;

1.7 - tizim samaradorligini baholash mezonlarini asoslash;

1.8 - yaqinlashish tartiblarini belgilash;

1.9 - tizimning konseptual modeli tavsifi;

1.10 - kontseptual modelning haqiqiyligini tekshirish;

1.11 - birinchi bosqich uchun texnik hujjatlarni tayyorlash;

2.1 - modelning mantiqiy diagrammasini qurish;

2.2 - matematik munosabatlarni olish;

2.3 - tizim modelining ishonchliligini tekshirish;

2.4 - modellashtirish uchun asboblarni tanlash;

2.5 - dasturlash ishlarini bajarish rejasini tuzish;

2.6 - dastur sxemasining spetsifikatsiyasi va qurilishi;

2.7 - dastur sxemasining ishonchliligini tekshirish va tekshirish;

2.8 - modelni dasturlash;

2.9 - dasturning ishonchliligini tekshirish;

2.10 - ikkinchi bosqich uchun texnik hujjatlarni tayyorlash;

3.1 - tizim modeli bilan mashina tajribasini rejalashtirish;

3.2 - hisoblash vositalariga talablarni aniqlash;

3.3 - ishchi hisob-kitoblarni amalga oshirish;

3.4 - tizimni modellashtirish natijalarini tahlil qilish;

3.5 – simulyatsiya natijalarini taqdim etish;

3.6 – simulyatsiya natijalarini sharhlash;

3.7 – simulyatsiya natijalarini sarhisob qilish va tavsiyalar berish;

3.8 – uchinchi bosqich uchun texnik hujjatlarni tayyorlash.

Shunday qilib, tizimni modellashtirish jarayoni uch bosqichga bo‘lingan sanab o‘tilgan kichik bosqichlarni bajarishga to‘g'ri keladi. Kontseptual modelni qurish va uni rasmiylashtirish bosqichida modellashtirilgan ob'ektni o‘rganish uning ishlash jarayonining asosiy tarkibiy qismlarini aniqlash nuqtai nazaridan amalga oshiriladi, zaruriy taxminlar aniqlanadi va tizimning umumlashtirilgan diagrammasi quriladi.

Modellashtirishning ikkinchi bosqichida modelni ketma-ket algoritmlash va dasturlash orqali yakuniy mashina modeliga aylanadi.

Algoritmlarni qurishda shartli belgilanishlar. Kompyuterda modellashtirish amaliyotida jarayonning asosiy, o‘ziga xos va maxsus belgilarini ko‘rsatadigan eng ko‘p qo‘llaniladigan belgilarning ba'zilari 3.3.3-rasmda ko‘rsatilgan. Bularga quyidagilar kiradi:

Asosiy belgilar:

a - jarayon - belgi har qanday turdagi ma'lumotlarni qayta ishlash funktsiyasini aks ettiradi (ma'lum bir operatsiyani yoki operatsiyalar guruhini bajarish, ma'lumotlarning qiymatini, shaklini yoki tartibini o‘zgartirishga olib keladi yoki qaysi birini aniqlashga olib keladi). Oqimning bir necha yo‘nalishini siljitish kerak);

Jarayonning o‘ziga xos belgilari:

b - qaror - belgi bitta kirish va bir qator muqobil chiqishlarga ega bo‘lgan qaror yoki kalit tipidagi funksiyani ifodalaydi, ulardan bittasi va faqat bittasi ushbu belgi ichida belgilangan shartlarni baholagandan so‘ng faollashtirilishi mumkin (tegishli hisoblash natijalari). ushbu yo‘llarni ifodalovchi chiziqlar bilan qayd etilishi mumkin);

c - tayyorlash - belgi keyingi funktsiyaga ta'sir qilish uchun buyruq yoki buyruqlar guruhini o‘zgartirishni ko‘rsatadi (o‘zgartirishni o‘rnatish, indeks registrini o‘zgartirish yoki dasturni ishga tushirish);

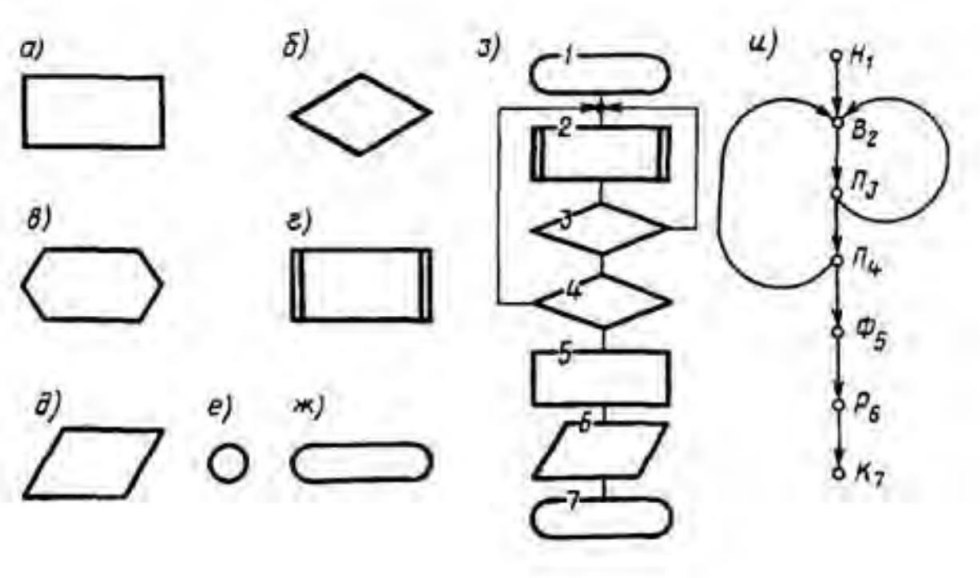
d - oldindan belgilangan jarayon - belgi boshqa joyda (pastki dasturda, modulda) belgilangan bir yoki bir nechta amallar yoki dastur bosqichlaridan iborat oldindan belgilangan jarayonni aks ettiradi;

Maxsus belgilar:

e - ulagich - belgi sxemaning bir qismiga chiqishni va ushbu sxemaning boshqa qismidan kirishni ko‘rsatadi va chiziqni buzish va uni boshqa joyda davom ettirish uchun ishlatiladi (tegishli ulagich belgilari bir xil noyob belgini o‘z ichiga olishi kerak);

g - terminator - belgi tashqi muhitga chiqish va tashqi muhitdan kirishni ko‘rsatadi (algoritm diagrammasining boshi yoki oxiri, ma'lumotlarning tashqi ishlatilishi yoki maqsadi).

Bu yerda g - modellashtirish algoritmi operatorlarining umumiy soni. Algoritmning grafik diagrammasining tushuntirishi sifatida matn operatorlarning mazmunini ochib beradi, bu algoritm taqdimotini soddalashtiradi, lekin u bilan ishlashni murakkablashtiradi. Modellashtirish algoritmlarini operator diagrammasi sifatida ham ifodalash mumkin. Bunday diagrammadagi operatorlarning belgilanishi grafik diagrammalar uchun belgiga mos keladi.



3.3.3-rasm. Algoritm tuzish jarayonida qo‘llaniladigan shartli belgilar.

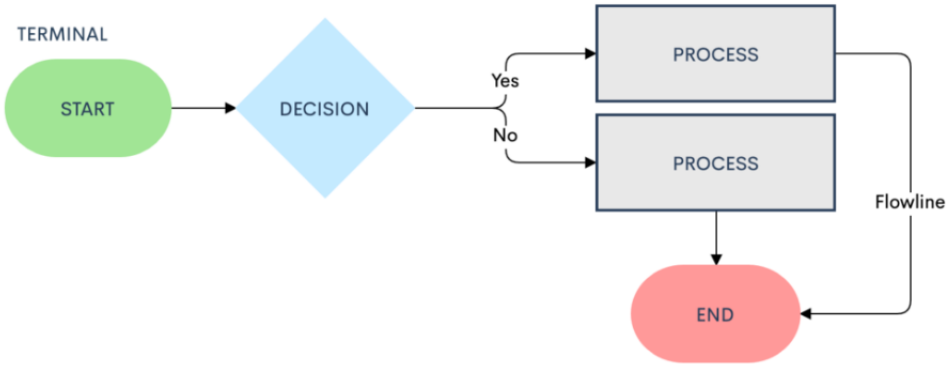
Tizim modelining ishonchliligini tekshirish orqali modelni amalga oshirish bosqichida amalga oshirilgan tekshiruvlarning birinchisidir. Shuning uchun modelning haqiqiyligini aniqlash tizimni modellashtirishning eng muhim muammosi deb hisoblanishi mumkin. Bu tekshiradi:

a) muammoni hal qilish qobiliyati;

b) dizaynning mantiqiy diagrammada aks ettirilishining aniqligi;

v) modelning mantiqiy sxemasining to‘liqligi;

d) qo‘llaniladigan matematik munosabatlarning to‘g'riligi.



3.3.4-rasm. Eng sodda tuzilgan algoritm sxemasi.

Bunda *START*- jarayonni boshlanishi, *Decision* - shartlar bo‘yicha qaror qabulqilish, *Yes* va *No* - shartga tekshirish, *Process* – jarayon, *End* - dastur yakunlanishi, tamom.

Nazorat savollari

1. Imitasion modellashtirish deb nimaga aytiladi?
2. Tizim modelining ishonchliligini tekshirish qanday amalga oshiriladi?
3. Algoritm deb nimaga aytiladi va uning vazifasi qanday?
4. Algoritmlarni qurishda qanday shartli belgilanishlar mavjud?
5. Modellashtirish bosqichlarini batafsil ketmaketlikda tushuntiring?

IV-BOB. MATLAB/SIMULINK MUHITIDA VISUAL MODELLASHTIRISH

4.1-§. MATLAB-Simulink muhitida dinamik tizimlarni vizual modellashtirish.

MATLAB tizimining eng jozibali xususiyatlaridan biri unda dasturiy modellarni yaratish uchun vizual va samarali vosita bo‘lgan- Simulink vizual dasturlash paketining mavjudligidir.

Simulink – bu yo‘naltirilgan grafiklar ko‘rinishidagi blok diagrammalardan foydalanib, dinamik modellarni, jumladan diskret, uzluksiz va gibrid, chiziqli bo‘lmagan va uzluksiz tizimlarni yaratishga imkon beruvchi grafik simulyatsiya modellash muhitidir.

Simulink to‘plami dinamik chiziqli va chiziqli bo‘lmagan tizimlarning xatti-harakatlarini o‘rganish imkonini beradi va dasturni tuzish, tizim xususiyatlarini kiritish elementarni ulanish sxemasini yig'ish orqali ekrandagi havolalar orqali uni onlayn amalga oshirilishi imkonini beradi. Ushbu yig'ilish natijasida tizim modeli (S-modeli) olinadi, u *.mdl kengaytmali faylda saqlanadi.

Turli xil Simulink kutubxonalarida joylashgan vizual bloklar (modullar) S-modellarini qurishda "qurilish bloklari" sifatida ishlatiladi. Shuni ta'kidlash kerakki, S-model ierarxik tuzilishga ega bo‘lishi mumkin, ya'ni quyi darajadagi modellardan iborat bo‘lib, ierarxiya darajalari soni amalda cheklanmagan bo‘ladi. Modellashtirish jarayonida tizimda sodir bo‘ladigan jarayonlarni kuzatish mumkin. Buning uchun maxsus bloklar ("ko‘rish oynalari") ishlatiladi. Simulink kutubxonasi foydalanuvchi tomonidan o‘z bloklarini ishlab chiqish orqali kengaytirilishi mumkin.

Avtomatik boshqaruv tizimlarini o‘rganishning qo‘llaniladigan usullari, qoida tariqasida, ularda sodir bo‘ladigan dinamik jarayonlarning strukturaviy modellaridan foydalanishga asoslanadi. Blok-sxema - bu tizimning matematik modelining bog'lanishlar ko‘rinishidagi grafik tasviri bo‘lib, bloklar orasidagi bog'lanishlarni, tizimdagi signallarning o‘tishini va o‘zgarishini vizual tasvirini beradi. Avtomatik

boshqaruv tizimlarida dinamik jarayonlarni simulyatsiya qilish usuli blok-sxemalarni qurishga asoslangan bo‘ladi.

Simulink muhitida simulyatsiya modellashtirishning afzalliklari oddiylik va ravshanlik xisoblanadi. Bunda foydalanuvchida hech qanday dasturlash tilini bilish shart talab qilinmaydi.

Simulink yordamida S-modellarni ishlab chiqish Drag-and-Drop texnologiyasidan foydalanishga asoslangan. Simulink kutubxonasida saqlangan bloklar S-modelni yaratish uchun elementlar sifatida ishlatiladi.

Yaratilgan modelga kiritilgan bloklar ham axborot, ham boshqarish nuqtai nazaridan bir-biriga ulanishi mumkin. Ulanish turi blok turiga va modelning mantig'iga bog'liq. Bloklar o‘rtasida almashinadigan ma'lumotlar skalyar miqdorlar, vektorlar yoki ixtiyoriy o‘lchamdagi matritsalar bo‘lishi mumkin.

Har qanday S-model ierarxik tuzilishga ega bo‘ladi, ya'ni quyi darajadagi modellardan iborat bo‘lishi mumkin va ierarxiya darajalari soni amalda cheklanmagan. Bu modelni yanada vizual qiladi va butun tizimning ishlashi va disk raskadrovka tahlilini soddalashtiradi.

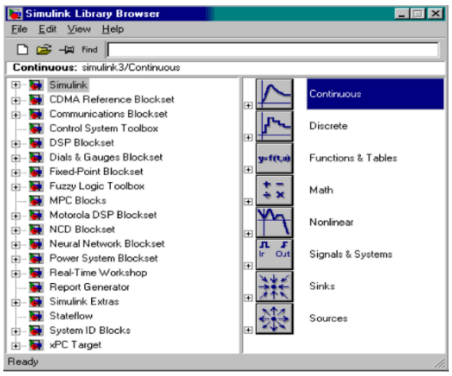
Boshqa modellashtirish parametrlari bilan bir qatorda, foydalanuvchi model vaqtini o‘zgartirish usulini (doimiy yoki o‘zgaruvchan qadam bilan), shuningdek, simulyatsiyani tugatish shartlarini o‘rnatishi mumkin.

Simulyatsiya jarayonida tizimda sodir bo‘layotgan jarayonlarni kuzatish mumkin. Buning uchun Simulink kutubxonasiga kiritilgan maxsus "ko‘rish oynalari" qo‘llaniladi. Foydalanuvchini qiziqtirgan tizim tavsiflari raqamli va grafik ko‘rinishda taqdim etilishi mumkin. Bundan tashqari, modelga animatsiya vositalarini kiritish mumkin.

Simulinkning yana bir muhim afzalligi shundaki, u ochiq tizim hisoblanadi: kutubxona foydalanuvchi tomonidan o‘z bloklarini ishlab chiqish orqali kengaytirilishi mumkin.

Simulink-ni ishga tushirish. Avval siz MATLAB-ni Windows-da taqdim etilgan har qanday usulda ishga tushirishingiz kerak (masalan, **Start / Programs / MATLAB / MATLAB R12** orqali). Ishga tushirilgandan so‘ng MATLAB tizimining

asosiy oynasi paydo bo‘ladi. **Asboblar panelida** Simulink---I tugmasini bosing. Natijada, oyna ochiladi Simulink kutubxonalarining o‘rnatilgan brauzeri 4.1.1.-rasmda ko‘rsatilgan.



4.1.1-rasm. Simulink kutubxonasi brauzer oynasi.

Kutubxona brauzeri oynasida Simulink kutubxona komponentlari daraxti mavjud. Kutubxona bo‘limini ko‘rish uchun uni sichqoncha bilan tanlashingiz kerak - oynaning o‘ng tomonida faol kutubxona bo‘limining piktogramma va komponentlari to‘plami paydo bo‘ladi.

SIMULINK da modellashtirish uchun masalani tayyorlash quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi:

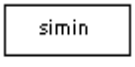
- Hisoblash sxemasini tanlash.
- O‘rganilayotgan jarayonni tavsiflovchi tenglamalar tizimini tuzish.
- Tizimni yechim uchun qulay shaklga keltirish (yuqori hosilalarga nisbatan ruxsat).
- Dastlabki shartlarni aniqlash.
- Strukturaviy diagrammani tuzish.
- Bezovta qiluvchi funktsiyalarni modellashtirish.
- Dastlabki ma'lumotlarning ta'rifi.
- SIMULINK muhitida modelni kompilyatsiya qilish.
- Vizualizatsiya vositalarini yoqing.
- Sinov.

- Yechim.
- Natijalarni tahlil qilish.
- Hisobot.

Simulink kutubxonasi bloklari hususiyatlarining tavsifi 4.1.1-4.1.8 jadvallarda keltirilgan.

4.1.1-jadval

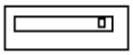
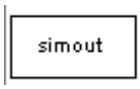
Sources kutubxonasi – signallar va ta’sirlar manbalari

Tasvirlanishi	Nomlanishi		Tavsifi
	Constant	Doimiy signal manbai	Sath bo‘yicha doimiy signal beradi
	Sine Wave	Sinusoidal signal manbai	Berilgan chastota, amplituda, faza va siljishga ega sinusoidal sinalni shakllantiradi
	Ramp	Chiziqli o‘zgaruvchi ta’sir manbai	Chiziqli signalni shakllantiradi
	Step	Pog’onali signal generatori	Pog’onali signalni shakllantiradi
	Pulse Generator	Impuls signal generatori	To‘g’riburchakli impulslarni shakllantiradi
	Band-Limited White Noice	Oq shovqin generatori	Chastota bo‘yicha bir tekis taqsimlangan quvvatli signalni hosil qiladi
	From File	Fayldan kelgan ma’lumotlarni hisoblash(sanash) bloki	Tashqi fayldan ma’lumotlarni olish
	From Workspace	Ishchi sohadagi ma’lumotlarni	Matlab ishchi sohasidan ma’lumotlarni olish

		hisoblash(sanash)bloki	
	Repeating Sequence	Davriy signal bloki	Davriy signalni shakllantirish

4.1.2-jadval

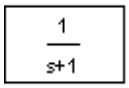
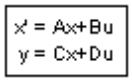
Sinks kutubxonasi – signallarni qabul qilgichlar

Tasvirlanishi	Nomlanishi		Tavsifi
	Scope	Ossilgorraf	O‘rganilayotgan signallarning grafigini quradi
	XY Graph	Ggrafik qurgich	Bir signal grafigini boshqa funksiya grafigida qurish
	Display	Raqamli displey	Signal qiymatini son ko‘rinishida tasvirlaydi
	To File	Ma’lumotlarni faylda saqlash bloki	Blok uning kirishiga keluvchi ma’lumotlarni faylga yozadi
	To Workspace	Ishchi sohadagi ma’lumotlarni saqlash bloki	Blok uning kirishiga keluvchi malumotlarni Matlabning ishchi sohaga yozadi.
	Terminator	Oxirgi qabul qilgich	Blok boshqa blokning foydalanilmaydigan chiqishidan signalni uzatish uchun foydalaniladi

4.1.3-jadval

Continuous kutubxonasi – analogli bloklar

Tasvirlanishi	Nomlanishi		Tabsifi
	Derivative	Hosilani hisoblash bloki	Kirish signalini sonli differensiallanishini bajaradi

	lntegrator	Integrallovchi blok	Kirish signalini integrallanishini bajaradi
	Transfer Fcn	Uzatish funksiyasi bloki	Transfer Fcn uzatish xarakteristikasi bloki palinom ko‘rinishiga ega uzatish funksiyasini beradi.
	State-Space	Dinamik obyekt modeli bloki	Blok holatlar fazosidagi tenglamalar bilan tavsiflanuvchi dinamik obyektni hosil qiladi.

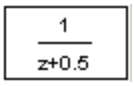
4.1.4-jadval

Diskontinuous kutubxonasi – nochiziqli bloklar

Tasvirlanishi	Nomlanishi		Tabsifi
	Backlash	Lyuft bloki Блок люфта	“Lyuft” tipidagi nochiziqlilikni modellashtiradi
	Dead Zone	Sezmaslik zonasiga ega blok	“Sezmaslik (o‘lik zona) zonasi” tipidagi nochiziqli bog’liqlikni realizatsiya qiladi.
	Quantizer	Sath bo‘yicha kvantlash bloki	Blok kirish signalini sath bo‘yicha bir xil kvantlash qadami bilan kvantlashni ta’minlaydi.
	Relay	Releli blok	Releli nochiziqlilikni realizatsiya qiladi
	Saturation	Chegaralash bloki	Signal qiymatini chegaralashni bajaradi.

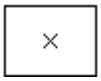
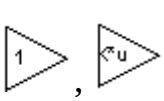
4.1.5-jadval

Discrete kutubxonasi – diskret bloklar

Tasvirlanishi	Nomlanishi		Tabsifi
	Unit Delay	Ayrim diskret kechikishli blok	Kirish signalini bir qadamga kechikishini bajaradi.
	Discrete-Time Integrator	Diskret integrator bloki	Blok diskret tizimlarda integrallash jarayonini bajarish uchun foydalaniladi.
	Discrete Transfer Fcn	Diskretli uzatish funksiyasi	Discrete Transfer Fcn bloki polinom ko‘rinishidagi diskret uzatish funksiyasini beradi.

4.1.6-jadval

Math kutubxonasi – matematik amallar bloki

Tasvirlanishi	Nomlanishi		Tabsifi
	Sum	Yigindini hisoblash(sanash) bloki	Blok signallarning joriy qiymatlari yig’indisini hisoblash(sanash)ni bajaradi.
	Product	Ko‘paytirish bloki	Blok signallarning joriy qiymatlari ko‘paytmasini hisoblash(sanash)ni bajaradi.
	Sign	Signal belgisini aniqlash bloki	Kirish signali belgisini aniqlaydi
	Gain и Matrix Gain	Kuchaytirgichlar	Blok kirish signalini doimiy koeffisiyentga ko‘paytirshni bajaradi.
	Math Function	Matematik funksiyalarni hisoblash bloki	Matematik funksiyani hisoblashni bajaradi.

	Trigonometric Function	Trigonometrik funksiyalarni hisoblash bloki	Trigonometrik funksiyani hisoblashni bajaradi.
	MinMax	Minimal va maksimal qiymatni aniqlash bloki	Minimal va maksimal qiymatni aniqlaydi
	Relational Operator	Bog'liqlik jarayonini hisoblash bloki	Blok kirish signallarining joriy qiymatlarini taqqoslaydi
	Logical Operation	Mantiqiy amallar bloki	Bazaviy mantiqiy amallardan bittasini realizatsiyalaydi.

4.1.7-jadval

Look-Up Tables kutubxonasi – Jadvallar bloklari

Tasvirlanishi	Nomlanishi		Tabsifi
	Look-Up Table	Bir o‘chamli jadvak bloki	Blok bitta o‘zgaruvchili funksiyani jadval shaklida beradi.
	Look-Up Table(2D)	Ikki o‘lchamli jadval	Blok ikki o‘zgaruvchili funksiyani jadval shaklida beradi.
	Look-Up Table (n-D)	Ko‘p o‘lchamli jadval	Blok ko‘p o‘zgaruvchili funksiyani jadval shaklida beradi.

4.1.8-jadval

Signal&Routings kutubxonasi – Signallarni o‘zgartirish bloki

Tasvirlanishi	Nomlanishi	Tabsifi

	Bus creator	Shina shakllantirgich bloki	Turli tipdagi signallardan shina shakllantiradi.
	Manual switch	Qo‘lda ulash bloki	Foydalanuvchi buyrug’i bo‘yicha kirish signallarini uzib ulashni bajaradi.
	Bus selector	Shina selector bloki	Shinadan talab qilingan signallarni ajratib oladi.

Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar

Signal modelini tuzish va shakllantirish, vizualizatsiya qilish uchun 4.9-jadvald topshiriqlar berilgan. Har bir topshiriqni alohida-alohida Simulinkda modellashtiring, natijalarini saqlab oling**.**

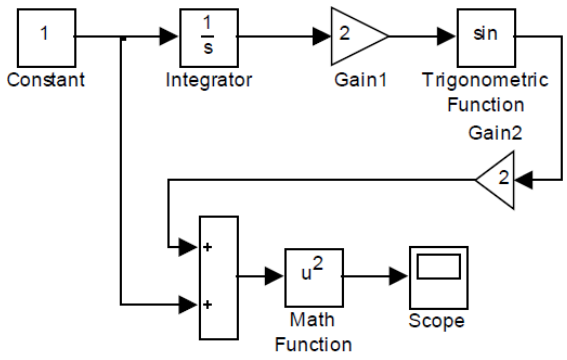
4.1.9-jadval

Topshiriq raqmi	**Berilgan funksiya**	**Modelni tuzish jarayonida foydalaniladigan bloklar**
1-topshiriq.	$y = (1 + 2\sin(2t))^2$	Constant, Integrator, Gain, Trigonometric Function, Math Function, Sum, Scope,
2-topshiriq.	$y = \sqrt{1 + 0.5\sin(2t)}$	Constant, Integrator, Gain, Trigonometric Function, Math Function, Sum, Scope,
3-topshiriq.	$y = te^{-t^2}\cos\ 2\pi t$	Constant, Integrator, Gain, Trigonometric Function, Math Function, Product, Scope.
4-topshiriq.	$y = 3.5 + 0.3t - 0.06t^2 - \sqrt{e^{-2t} + t^2}$	Constant, Integrator, Gain,

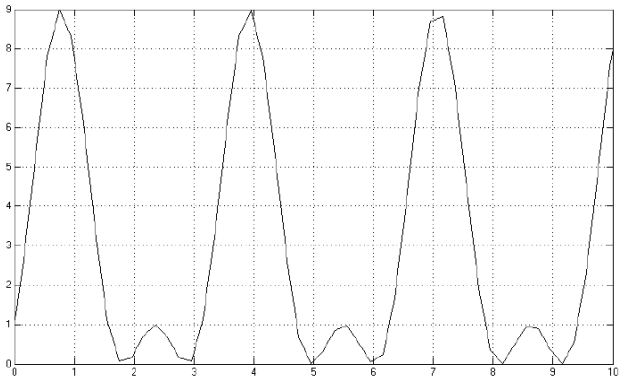
		Math Function, Sum, Scope.
5-topshiriq.	$y = min(5t, 100 - 2t^2)$	Constant, Integrator, Gain, Math Function, Sum, MinMax, Scope.
6-topshiriq.	$y = \sqrt{\lvert -100 + 20t \rvert}$	Constant, Integrator, Gain, Abs, Math Function, Scope.
7-topshiriq.	Ellips tenglamasining parametrik topshirig'i asosida XY Graph virtual ikkikoordinatali registr ekranida ellips figurasini ishlab chiquvchi tizimning struktura sxemasini shakllantirish uchun. $x(t) = Asin(\omega t)$ $y(t) = Bcos(\omega t)$	Ramp, Gain, Trigonometric Function, XY Graph.
8-topshiriq.	Spiral matematik modelining parametrik topshirig'i asosida XY Graph virtual ikkikoordinatali registr ekranida spiral figurasini ishlab chiquvchi tizimning struktura sxemasini shakllantirish uchun. $x(t) = (10 - t)\ \sin(0.4\pi t)$ $y(t) = (10 - t)\ cos(0.4\pi t)$	Constant, Integrator, Gain, Trigonometric Function, Product, Scope, XY Graph
9-topshiriq.	Tayanch funksiyalar tizimi generatorining struktura sxemasini qurish uchun $S_k(t) = \{e^{-kt}\}_{k=0}^{4}$	Constant, Integrator, Gain, Math Function, Mux, Scope.
10-topshiriq.	Tayanch funksiyalar tizimi	Constant, Integrator, Gain,

	generatorining struktura sxemasini qurish $S_k(t) = \{sinkt, coskt\}_{k=0}^{4}$	Trigonometric Function, Mux, Scope.
11-topshiriq.	Tayanch funksiyalar tizimi generatorining struktura sxemasini qurish $S_k(t) = \{1, t, sint\}$	Constant, Integrator, Gain, Trigonometric Function, Mux, Scope.
12-topshiriq.	Chiziqli algebraik tenglamalar tizimi modelining struktura sxemasini sintezlash uchun $\begin{cases} 2x_1 - x_2 - 6.5 - 0 \\ -x_1 + 2x_2 - x_3 - 1 = 0 \\ -x_2 + 2x_3 - 0.5 = 0 \end{cases}$	Constant, Gain, Sum, Algebraic Constraint, Mux, Display.

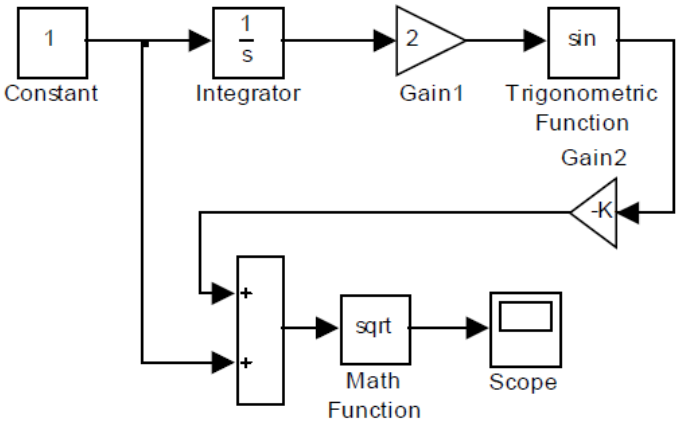
Namuna sifatida berilgan topshiriqlarni struktura sxemalari va virtual ekranlarda o‘lchash vositalarining modellashtirish natijalari keltirilgan. Amaliy ishni bajarishda dastlab modelning struktura sxemasini tuzib olish va sozlash tavsiya etiladi. Har bir topshiriq natijasi grafik bilan saqlab olinadi.



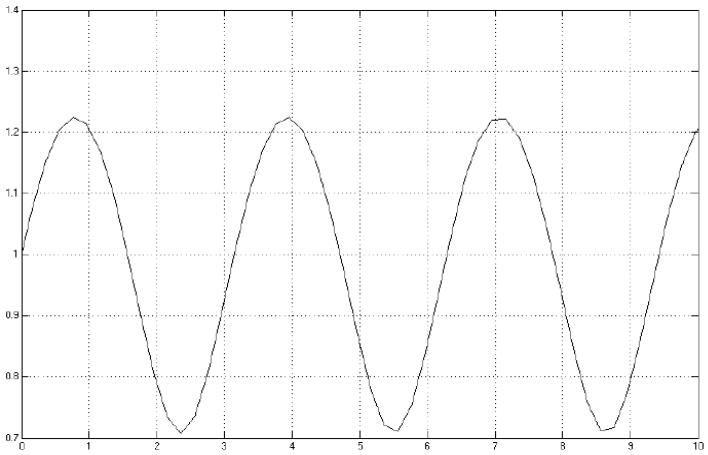
4.1.2-rasm. 1-topshiriq struktura sxemasi



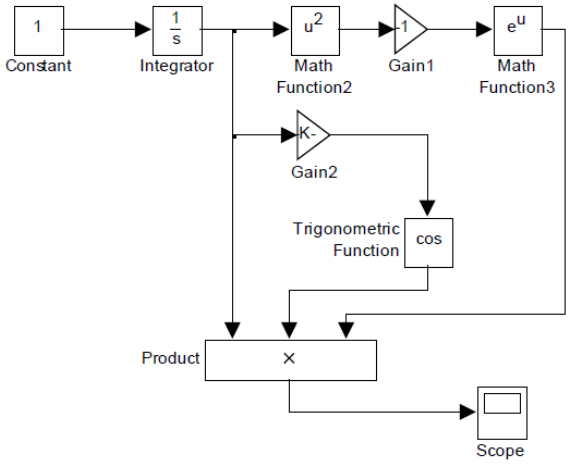
4.1.3-rasm. 1-topshiriqni ossillografdagi yechim ko‘rinishi.



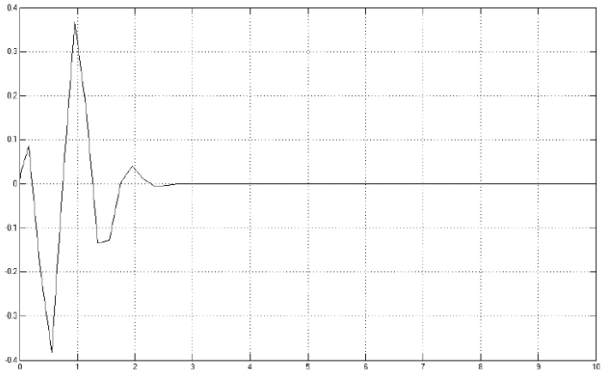
4.1.4-rasm. 2-topshiriq struktura sxemasi



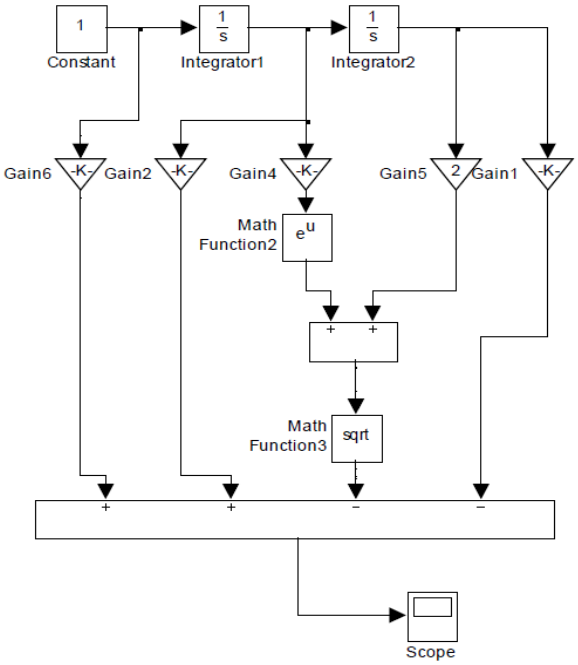
4.1.5-rasm. 2-topshiriqqa ossillografdagi yechim ko‘rinishi.



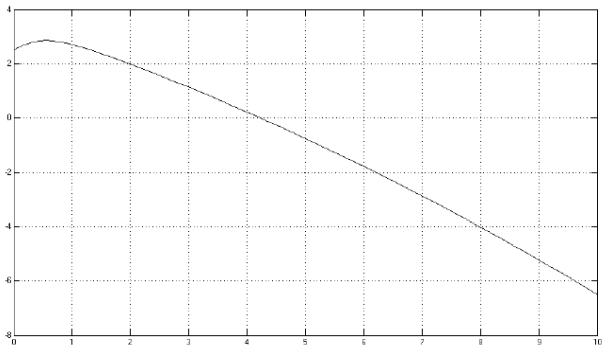
4.1.6-rasm. 3-topshiriqqa struktura sxema.



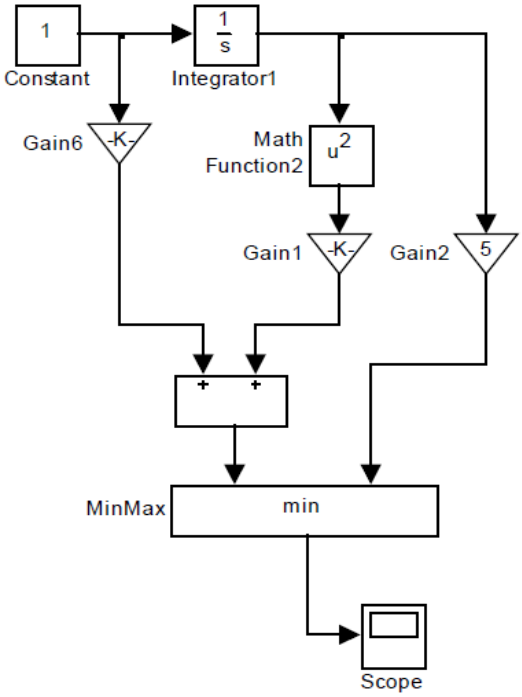
4.1.5-rasm. 3-topshiriqqa ossillografdagi yechim ko‘rinishi.



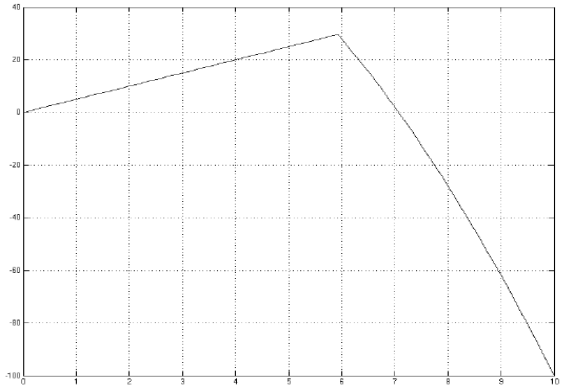
4.1.6-rasm. 4-topshiriqqa struktura sxema.



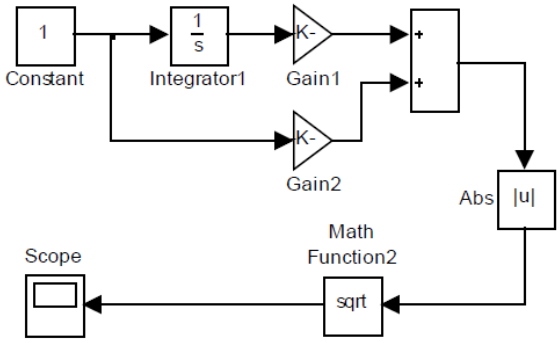
4.1.7-rasm. 4-topshiriqqa ossillografdagi yechim ko‘rinishi.



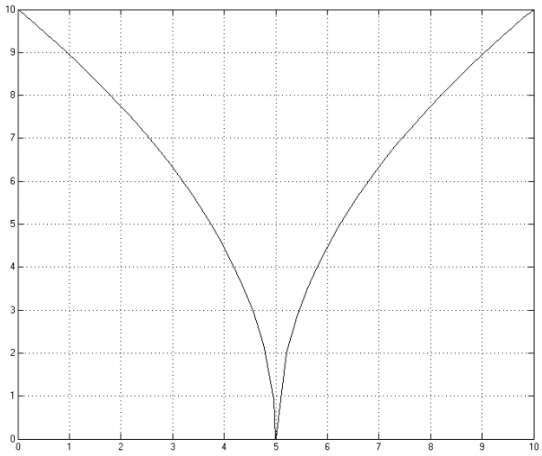
4.1.8-rasm. 5-topshiriqqa struktura sxema.



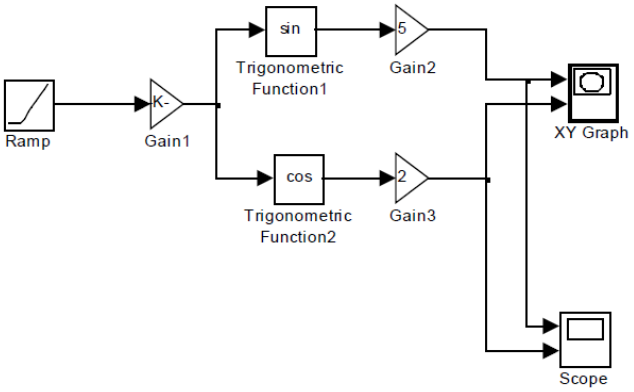
4.1.9-rasm. 5- topshiriqqa ossillografdagi yechim ko‘rinishi.



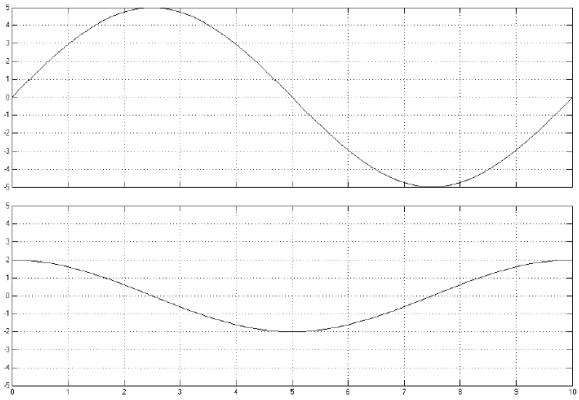
4.1.10-rasm. 6-topshiriqqa struktura sxema.



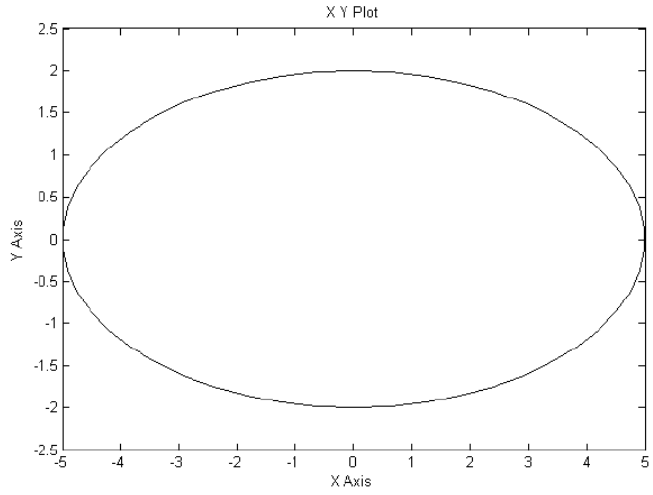
4.1.11-rasm. 6- topshiriqqa ossillografdagi yechim ko‘rinishi.



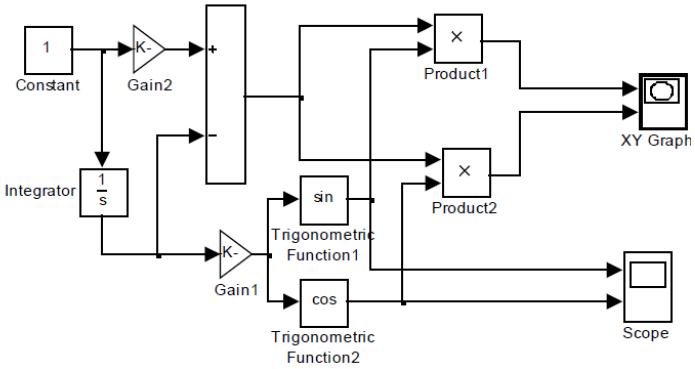
4.1.12-rasm. 7-topshiriqqa struktura sxema.



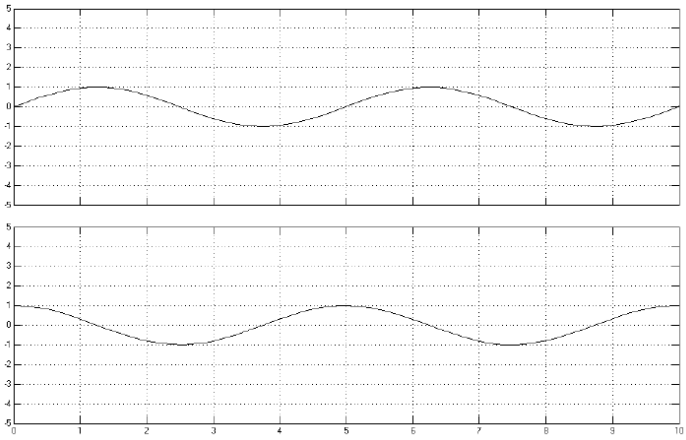
4.1.13-rasm. 7- topshiriqqa ossillografdagi yechim ko‘rinishi.



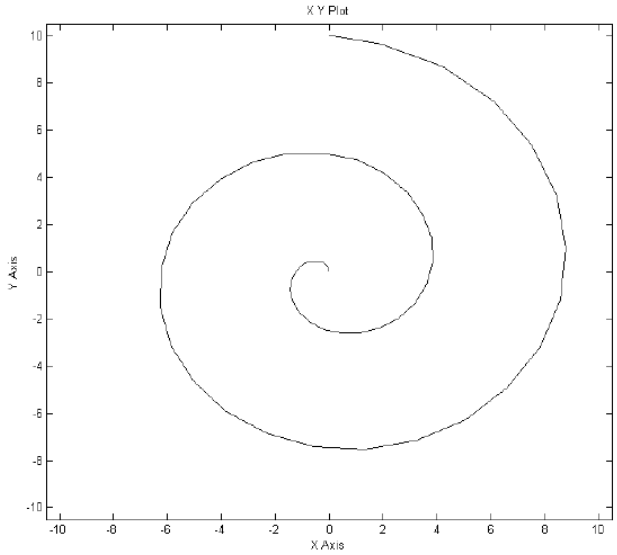
4.1.14-rasm. Tizimning fazoviy portreti (7-topshiriq)



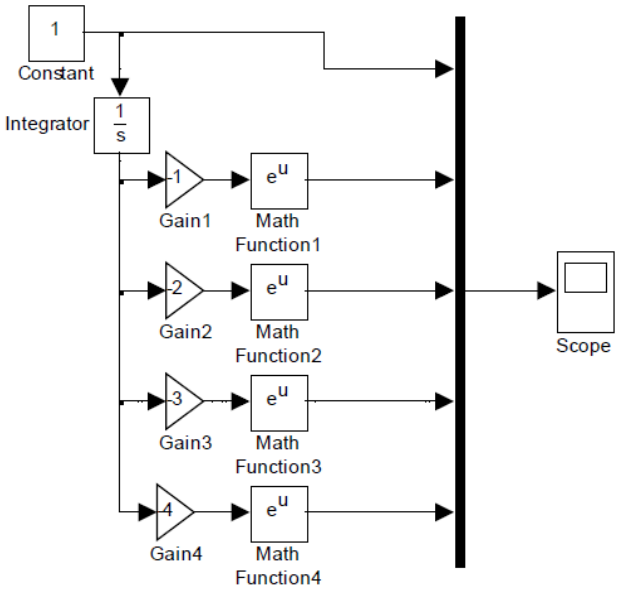
4.1.15-rasm. 8-topshiriqqa struktura sxema.



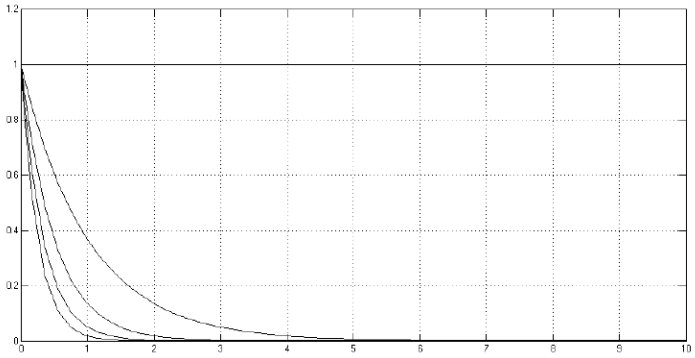
4.1.16-rasm. 8- topshiriqqa ossillografdagi yechim ko‘rinishi.



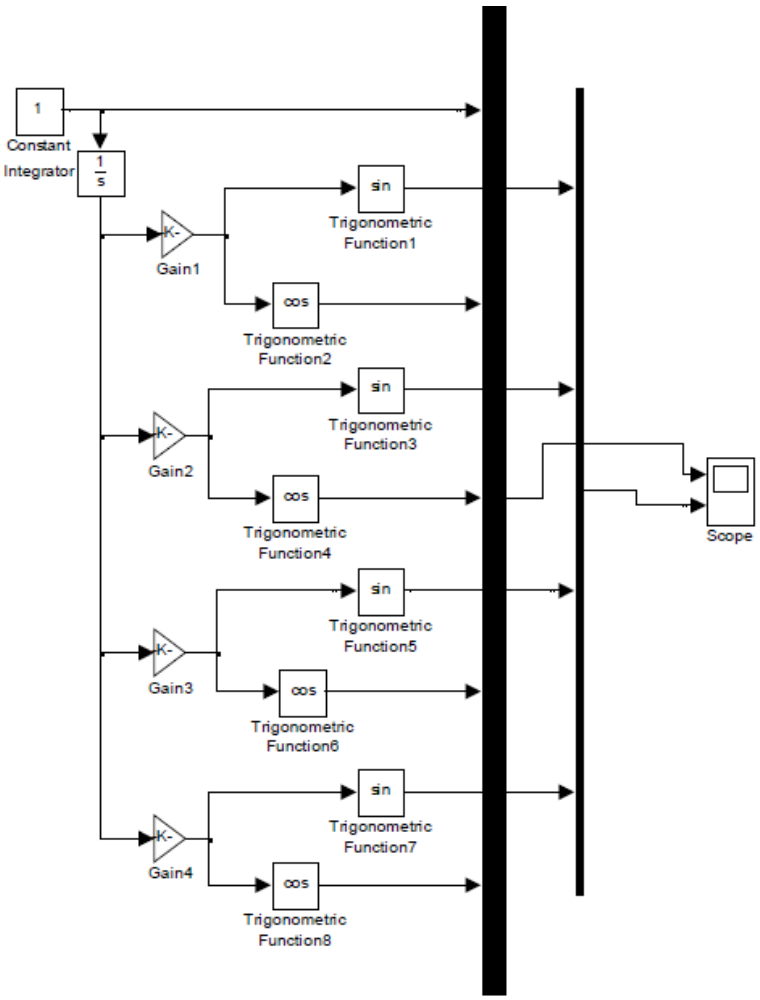
4.1.17-rasm. Tizimning fazoviy portreti (8-topshiriq).



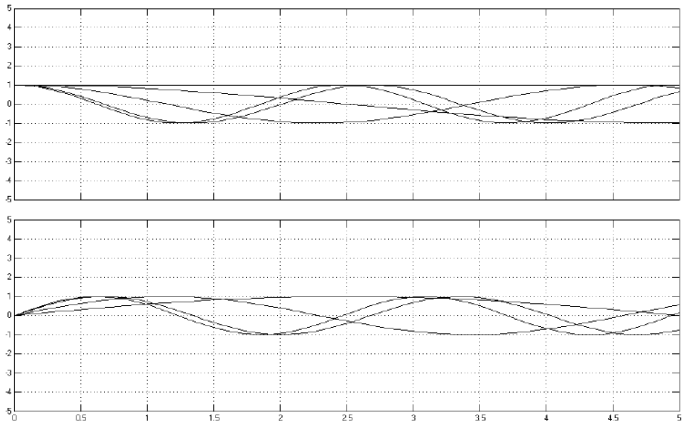
4.1.18-rasm. 9-topshiriqqa struktura sxema.



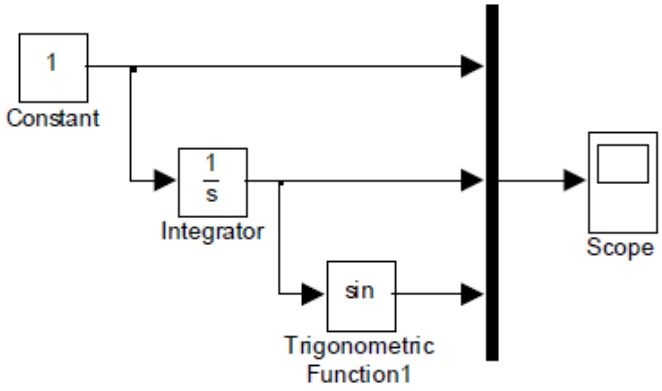
4.1.19-rasm. 9- topshiriqqa ossillografdagi yechim ko‘rinishi.



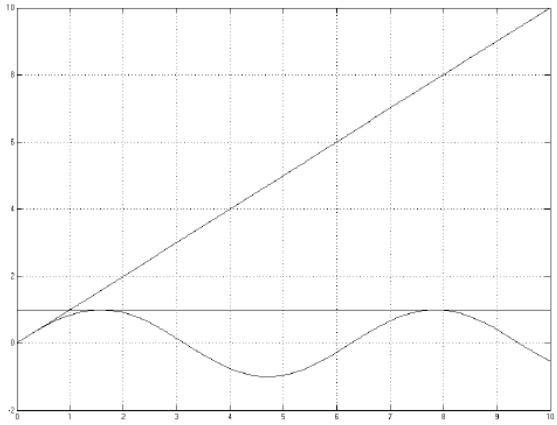
4.1.20-rasm. 10-topshiriqqa struktura sxema.



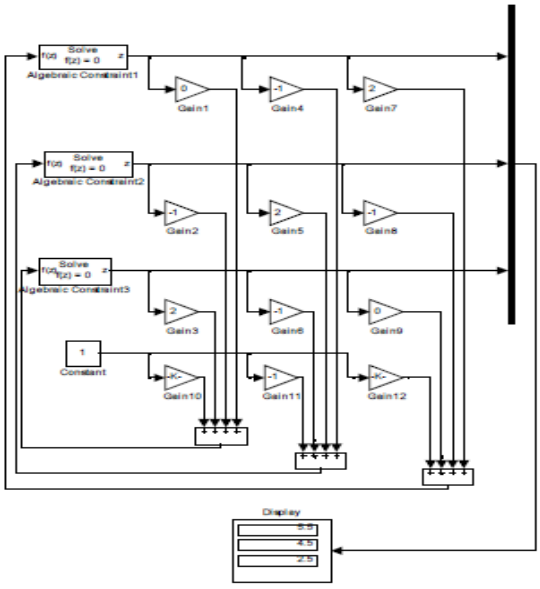
4.1.21-rasm. 10- topshiriqqa ossillografdagi yechim ko‘rinishi.



4.1.22-rasm. 11-topshiriqqa struktura sxema.



4.1.23-rasm. 11- topshiriqqa ossillografdagi yechim ko‘rinishi.



4.1.24-rasm. 12-topshiriqqa struktura sxema.

Nazorat savollari:

1. Simulink Library brauzeri nima?

2. Simulink dasturiy modulida blok-sxemalar qanday tuzilgan?

3. Modelga yangi blok qanday qo‘shiladi? Model oynasida blokni qanday nusxalash mumkin?

4. Bloklarni bir-biriga qanday ulash mumkin?

5. Bir xil signal bir nechta bloklarga yuborilishini qanday ta'minlash mumkin?

6. Blok yoki bloklar orasidagi aloqa qanday o‘chiriladi?

7. Bloklarni qanday aylantirish mumkin?

8. Scope oynasi va Displey bloki qanday sozlamalarga ega?

9. Constant, Sine Wave, Signal Generator va Impulse Generator manba bloklari qanday sozlamalarga ega?

10. Integrator, hosila, daromad, summa, Abs va Mux bloklari nima uchun?

11. Modelni ishga tushirishdan oldin "Konfiguratsiya parametrlari" oynasida qanday sozlamalar ko‘rsatilishi kerak?

12. Modellashtirish vaqti qaysi jihatlardan tanlanadi?

13. Ruxsat etilgan qadam simulyatsiyasini tanlashda qadam qiymati qanday tanlanadi?

14. O‘zgaruvchan bosqichli modellashtirishni tanlashda maksimal qadam qiymati qanday?

15. SimPowerSystems bo‘limidagi P-modellari oddiy Simulink S-modellaridan nimasi bilan farq qiladi va ular orasidagi bog'lanish qanday amalga oshiriladi?

4.2-§. Simulink paketida strukturaviy bloklardan foydalanib chiziqli tizimlarni imitasion modellashtirish.

Ishdan maqsad: Modellashtirish dasturi bo‘lgan Matlabning Simulink paketida misollar yordamida chiziqli tizimlarini immitasion modellini qurish bo‘yicha amaliy ko‘nikmalarga ega bo‘lish.

Nazariy qism.

Murakkab tizimlar (ob'ektlar) ishini tahlil qilish uchun ularning strukturaviy sxemalari keng qo‘llaniladi va ma'lum xususiyatlarga ega bo‘lgan bloklar (bog'lar) shaklida taqdim etiladi.

Chiziqli tizimlarning strukturaviy diagrammalari tipik bo‘g'inlardan iborat bo‘lib, ular aperiodik, tebranish, kuchaytiruvchi, birlashtiruvchi, farqlovchi va boshqa bo‘g'inlarni o‘z ichiga olishi mumkin.

Umumiy holda, havola shaklning uzatish funktsiyasiga mos keladi:

$$W(s) = Y(s)/X(s),$$

bu yerda $X(s), Y(s)$ - mos ravishda kirish va chiqish signallarining tasviri.

4.2.1-jadvalda havolalarning asosiy turlarini uzatish funksiyalari keltirilgan.

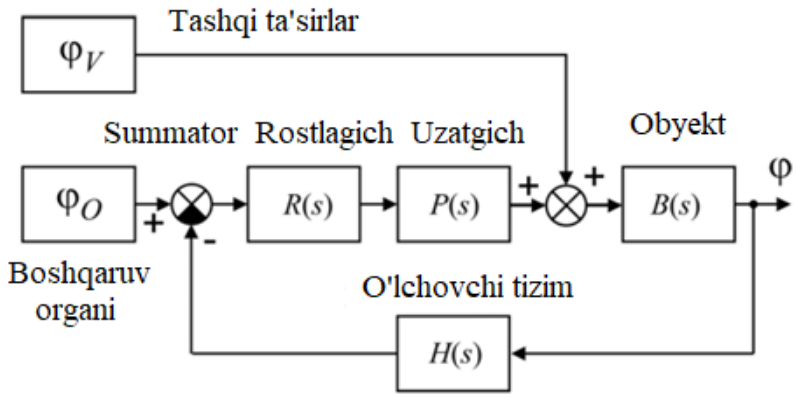
4.2.1-jadval

Bog'lanish zvenolarini uzatish funktsiyalari

Zveno nomi	**Uzatish funksiyasi**
Birinchi tartibli aperiodik bog’lanish	$W(s) = \frac{K}{Ts+1}$
Ikkinchi tartibli tebranma bog'lanish zvenosi (uzatish funksiyasi maxrajining xarakteristik tenglamasining ildizlari murakkab bo‘lishi kerak)	$W(s) = \frac{K}{T_1T_2s^2 + T_2s + 1}$
Mustahkamlovchi (proporsional) bog'lanish	$W(s) = K$
Differentsial biog’lanish	$W(s) = Ts$
Integrallovchi bog’lanish	$W(s) = \frac{1}{Ts}$

Jadvalda quyidagi belgilar qo‘llaniladi: T – vaqt doimiysi; K – vaqt doimiysi; S - operator.

Endi ob'ektni burilish burchagi φ bo‘yicha boshqarish tizimini ko‘rib chiamiz. Tizimning blok diagrammasi 4.2.1-rasmda ko‘rsatilgan.



4.2.1-rasm. Tizimning blok diagrammasi tuzilishi.

Tizim quyidagilarni o‘z ichiga oladi: ob'ektning kerakli φ_O burilish burchagini o‘rnatuvchi boshqaruv elementi, regulyator, uzatgich, boshqaruv ob'ekti, o‘lchash tizimi, ikkita summator va tashqi ta'sirni o‘rnatuvchi blok.

Ob'ektning harakati ikkinchi darajali chiziqli matematik model bilan quyidagi uzatish funktsiyasi ko‘rinishida tasvirlangan:

$$B(s) = \frac{K}{T_B s + 1},$$

bu yerda $T_{\text{в}}$ - ob'ektning vaqt konstantasi; K – doimiy koeffisient.

Ob'ektning uzatgichi bitta salbiy teskari aloqa bilan qoplangan bo‘lib, integrallovchi zveno sifatida modellashtirilgan, shuning uchun uning uzatish funktsiyasi quyidagi shaklga ega:

$$P(s) = \frac{K}{Tps + 1},$$

bu yerda Tp - uzatish vaqti doimiysi.

Ob'ektning burilish burchagini o‘lchash uchun o‘lchash tizimi qo‘llaniladi, uning matematik modeli uzatish funktsiyasi bilan birinchi tartibli aperiodik bog'lanish shaklida yozilgan.

$$H(s) = \frac{K}{T_H s + 1},$$

bu yerda T_H – o‘lchovchi tizimning vaqt doimiysi.

Rostlagichlar o‘tish jarayonning kerakli nazorat aniqligi va sifatini olish uchun nazorat signalini yaratish uchun ishlatiladi.

Proportsional-integral-differentsiallovchi (PID) boshqaruvchisi uchta atamaning yig'indisi bo‘lgan signalni hosil qiladi, ularning birinchisi kirish signali va teskari aloqa signali o‘rtasidagi farqga proportsionaldir, ikkinchisi - integralovchi mos kelmaslik signali, uchinchisi esa mos kelmaslik signalining hosilasidir. Agar tashkil etuvchi komponentlar ishlatilmasa, u holda boshqaruvchi proportsional-integrallashtiruvchi (PI), proportsional-differentsial (PD), proportsional (P) deb ataladi.

Agar ob'ekt o‘z tuzilishini va uning parametrlarini o‘zgartirmasa, u holda PID kontrollerlari bo‘lgan tizimlar katta tashqi ta'sirlar va shovqinlar ostida tartibga solishning zarur sifatini ta'minlaydi.

Quyidagi amaliy ishda PD va PID kontrollerlari bilan ob'ektni boshqarish tizimlarini o‘rganiladi.

PID tekshiruvi odatda uzatish funksiyasiga ega:

$$R(s) = Kp\left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s\right),$$

bu yerda Kp – proporsianallik koeffisenti; T_I – integrallash doimiysi; T_D – difirensiallash doimiysi.

Filtrdan foydalanilganda uzatish funktsiyasi quyidagicha bo‘ladi:

$$R(s) = Kp\left(1 + \frac{1}{T_I s} + \frac{T_D s}{T_F s + 1}\right),$$

bu yerda T_F – filtr dimiysi $(T_F = T_D / n)$, $n = (2,\ldots,20)$ ga teng.

Amaliy ishda o‘rganilayotgan ob'ektni boshqarish tizimi uchun quyidagi parametrlar o‘rnatiladi:

- obyekt burilish burchagi $\phi_O = 10°$;
- tashqi ta'sir natijasida burilish burchagi$\phi_V = 2°$;
- obyekt parametrlari $T_B = 12 \quad c, K = 0{,}06$;

- uzatgich parametri $T_P = 3 \quad c$;

- o‘lchash tizizmi parametrlari $T_H = 5 \quad c$;

- rostlagichning parametrlari $K_P = 0{,}5, \quad T_I = 100 \quad c,$

$$T_D = 1 \quad c, \quad T_F = 0{,}1 \quad c.$$

Bunday holda, ushbu tizim 3 rejimda o‘rganiladi:

- PD kontroller yordamida tashqi ta'sirsiz;

- PD kontroller yordamida tashqi ta'sir bilan;

- PID kontroller yordamida tashqi ta'sir bilan

Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar

1. Matlab dasturini Simulink paketini ishga tushiring.

2. Yaratilgan fayllarni saqlash uchun katalog nomini o‘rnating (buyruq: **Home**⇒**Set Path**⇒**Add Folder**), H: diskidagi papkangizni ko‘rsating.

3. Simulink Library Browser oynasining yuqori menyusidan foydalanib yangi model yarating (buyruq: **File**⇒**New**⇒**Model**).

4. Model oynasiga **Simulink** kutubxonasining **Continuous** guruhidan turli qurilmalarning funksional blok diagrammalarini olish uchun mo‘ljallangan **Transfer Fcn** (o‘tkazish funksiyasi) blokini qo‘shing.

Blokni 4.2.1-rasmda ko‘rsatilgan modellashtirilgan tizimning blok sxemasiga muvofiq oynaga joylashtiring.

5. **Transfer Fcn** blokiga Ob'ekt nomini bering (blok nomida LMB dan foydalanib).

6. Ob'ekt blokiga ikki marta bosing va paydo bo‘lgan parametrlar oynasida uzatish funktsiyasi koeffitsientlarini o‘rnating:

$$B(s) = \frac{0{,}06}{s(12s+1)} = \frac{0{,}06}{12s^2 + s}$$

O‘tish funktsiyasining hisob koeffitsientlari (**Numerator coefficients**: [0,06]) va maxraj koeffitsientlari (Denominator coefficients**:** [12 1 0]) operator s darajasini pasaytirish tartibida bo‘sh joy bilan ajratilgan kvadrat qavs ichiga kiritiladi.

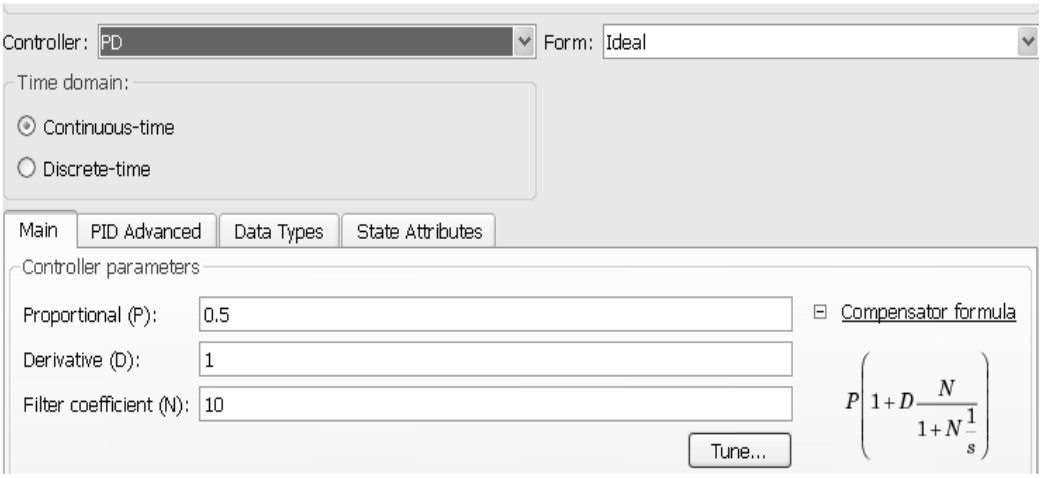
7. Xuddi shunday, **Transfer Fcn** tipidagi yana ikkita blok qo‘shing, ularni mos ravishda **O‘tish** va **o‘lchash tizimi** deb nomlang va parametrlarini kiriting. Uzatish va o‘lchash tizimining uzatish funktsiyalari mos ravishda quyidagi shaklga ega:

$$P(s)=\frac{1}{3s+1};\quad H(s)=\frac{1}{5s+1},$$

shuning uchun Drayv blokining numerator koeffitsienti qiymati [1] ga teng bo‘ladi va maxraj koeffitsientlari qiymati [3 1] bo‘ladi; o‘lchash tizimi blokining hisob koeffitsienti qiymati [1] ga, mahraj koeffitsientlari qiymati esa [5 1] ga teng bo‘ladi.

8. **O‘lchash tizimi** blokini boshqa tomonga burang.

9. **Continuous** guruhidan PID Controller blokini qo‘shing. Birinchidan, boshqaruvchi sifatida PD kontroller ishlatiladi, shuning uchun parametrlar oynasida **Controller:** PD ni tanlashingiz kerak (4.2.2-rasm).



4.2.2-rasm. Controller parametrlar oynasi.

Form ni o‘rnatish**: Ideal va Compensator formula** dan uzatish funksiyasining ***P***, ***D***, ***N*** rostlagich parametrlarini quyidagicha kiriting:

$$P=K_P=0{,}5;$$

$$D=T_D=1;$$

$$N = 1/T_F = 10.$$

10. Blok nomlarini pastdan yuqoriga siljiting (blok ustiga sichqonchaning o‘ng tugmasi bilan bosing **Rotate&Flip** $\Rightarrow$ **Flip Block Name** buyruqlarini tanlang).

11. Model oynasiga **Math Operations** guruhidan **Sum** blokini qo‘shing va uni roslagichning chap tomoniga qo‘ying. Qo‘shimchaning pastki kiritishini minus belgisiga qo‘ying (teskari aloqani bildirish uchun). Buning uchun blok parametrlari oynasidagi **List of signs** maydoniga klaviatura yordamida quyidagi belgilarni bo‘sh joy bilan ajratib kiriting: | + – (ishlatilmagan kirish, musbat kiritish, manfiy kirish).

12. Boshqa **Sum** blokini qo‘shing va uni kiruvchi va ob'ekt orasiga qo‘ying. Kirish va chiqish joylarini birinchi kirish aylananing tepasida bo‘ladigan tarzda sozlang (**List of signs** maydoniga + + | kiriting).

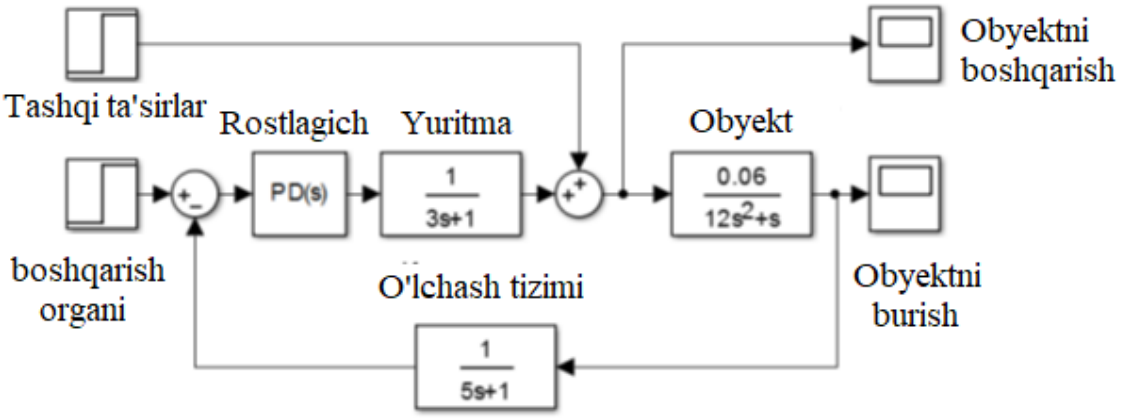
13. Model oynasiga **Step** guruhidan **Sources** blokini qo‘shing va uni qo‘shimchaning chap tomoniga qo‘ying. Uni **Nazorat organi** deb nomlang.

Blok parametrlari oynasida signal vaqtini (**Step time** maydonida **0**) va signal qiymatini - ob'ektning burilish burchagini (**Final value** maydonida **10**) o‘rnating.

14. Boshqaruv blokini sichqonchaning o‘ng tugmasi bilan nusxalash. Unga **Tashqi ta'sir** deb nomini bering. Buning uchun tashqi ta'sir signalining $\varphi_V = 0$ qiymatini o‘rnating.

15. Modelning barcha bloklarini 2.1-rasmga muvofiq ulang. Model oynasiga **Sinks** guruhidan ikkita **Scope** blokini qo‘shing va ularni maydonning o‘ng tomoniga joylashtiring. Ularni **Ob'ektni boshqarish** va **Ob'ektni aylantirish** deb nomlang.

16. Birinchi **Scope** blokiga ikkinchi summatorning chiqishidan (**Ob'ekt** blokining kirish signali) signalni, ikkinchi **Scope** blokiga esa **Ob'ekt** blokining chiqish signalini qo‘llang (4.2.3-rasm).



4.2.3-rasm. Bloklarni ulanish strukturasi.

17. Oynani barcha elementlar ko‘rinadigan minimal hajmgacha qisqartiring va modelni vaqtinchalik xotiraga nusxalab oling (**Edit⇒Copy Current View to Clipboard⇒Metafile**).

Xisobot uchun

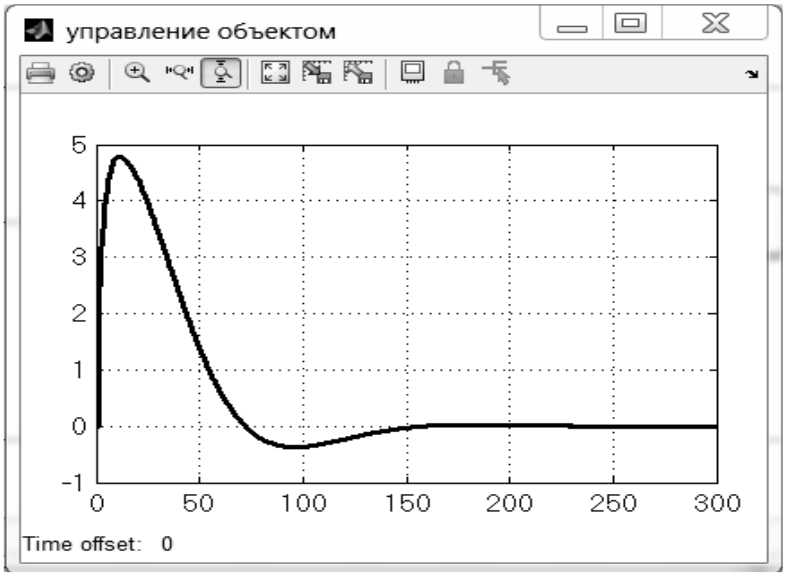
Olingan ob'ektni boshqarish tizimi modelining blok diagrammasini o‘z xisobotingiz uchun saqlab qoying (4.2.3-rasmga qarang).

18. Modellash vaqti 300 sekund kiriting (**Simulation⇒Model Configuration Parameters; Start time: 0, Stop time: 300**).

Solver bo‘limida diskretlash variantini belgilang **Variable-step**.

19. Modellashni ishga tushirish uchun **Run** ni bosing yoki paneldan **Simulation⇒Run** buyruqlarni kiriting.

20. 4.2.4 va 4.2.5 rasmlarda modellash natijasini **Scope** blokidan ko‘rishimiz mumkin bo‘ladi.



4.2.4-rasm. Modellash natijasi

Nazorat savollari:

1. Model yaratishning asosiy bosqichlarini ayting.

2. Simulink Library brauzeridan qanday foydalaniladi?

3. Transfer Fcn, PID Controller, Step, Sum, Scope bloklari nima uchun mo‘ljallangan?

4. Transfer Fcn, PID Controller, Step, Sum, Scope bloklari qanday sozlamalarga ega?

5. Model tasvirini Microsoft Word hujjatiga qanday nusxalash mumkin?

6. Modelni ishga tushirishdan oldin Konfiguratsiya parametrlari oynasida qanday sozlamalarni ko‘rsatish kerak?

7. Simulyatsiya natijalarini Matlab ish maydoniga qanday o‘tkazish mumkin? Ular qanday shaklda uzatiladi?

8. Subplot buyrug'i qanday parametrlarni qabul qiladi?

9. Plot buyrug'i qanday yoziladi?

10. Ikki xil grafik bir oynada qanday chiziladi?

4.3-§. MATLAB-Simulink tizimida yulduz zanjiri bo‘yicha qabul qiluvchi fazalarni ulashda uch fazali elektr zanjirini hisoblash va modellashtirish.

Ishdan maqsad: misollar yordamida yulduz zanjiri bo‘yicha MATLAB Simulink paketida ishlashning turli rejimlarida uch fazali elektr zanjirini hisoblashni sxema yordamida o‘rganish.

Nazariy qism.

Umuman olganda, elektr ta'minoti tizimining elementlarini modellashtirish ularning matematik modellarini tuzish orqali bajarilib, ular turli xil soddalashtirishlar bilan muayyan masalani hal qilish uchun ishlatiladi. Elementlarning aniq tavsifi olingan natijalarning to‘g'riligi nuqtai nazaridan asossiz bo‘lgan murakkab hisob-kitoblarga olib keladi.

Shuning uchun, elektr ta'minoti tizimlarini tahlil qilishda ular ma'lum bir aniqlikda hisoblash yoki modellashtirish natijalarini olish imkonini beruvchi soddalashtirishga murojaat qilishadi. Ushbu bo‘limda biz elektr ta'minoti tizimi elementlarining ekvivalent sxemalar bilan ifodalanishiga asoslangan modellarini ko‘rib chiqamiz. MATLABda elementlarni modellashtirishda aynan shunday yondashuv qo‘llaniladi.

SimPowerSystems paketi ma'lum qurilmalarni modellashtirishga qaratilgan ko‘plab qo‘shimcha Matlab dasturi paketlaridan biri xisoblanadi. SimPowerSystems elektr qurilmalarini simulyatsiya qilish uchun bloklar to‘plamini o‘z ichiga olib, ular quyidagilar: passiv va faol elektr elementlari; energiya manbalari; elektr motorlar; transformatorlar; elektr uzatish liniyalari; elektr quvvat elementlari.

SimPowerSystems va Simulink imkoniyatlarini birlashtirib, foydalanuvchi nafaqat vaqt domenidagi qurilmalarning ishlashini taqlid qilishi, balki ushbu qurilmalarning turli xil tahlillarini ham amalga oshirishi mumkin bo‘ladi.

SimPowerSystemsning eng katta afzalligi shundaki, murakkab elektr tizimlarini simulyatsiya va strukturaviy modellashtirish usullarini birlashtirish orqali modellashtirish mumkin. Misol uchun, yarimo‘tkazgichli o‘zgartiruvchining elektr

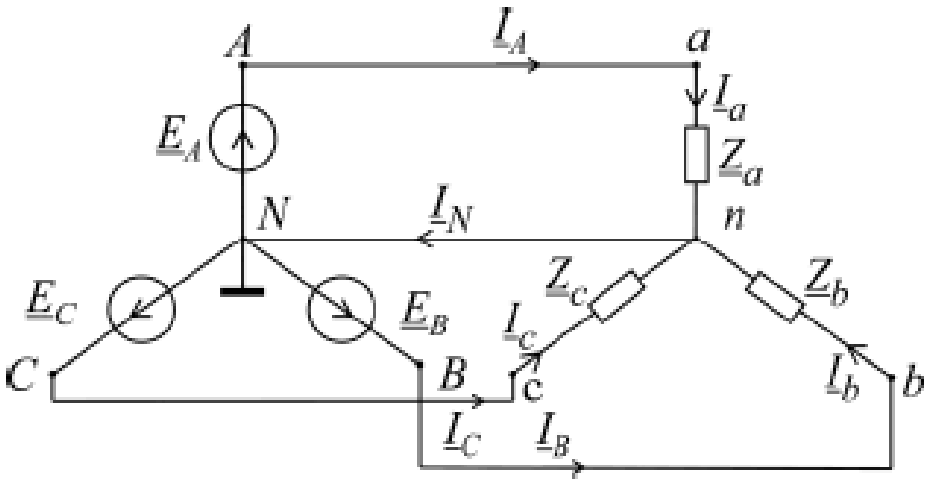
energiyasini quvvat qismi SimPowerSystems simulyatsiya bloklari yordamida amalga oshirilishi mumkin va boshqaruv tizimi an'anaviy Simulink bloklari yordamida amalga oshirilishi mumkin.

Bizga ma’lumki zamonaviy sanoat elektr ta'minoti tarmoqlari asosan uch fazali bo‘ladi. Uch fazali energiya manbaisini asosi bo‘lib generator xisoblanadi, uning har bir bosqichida bir xil amplitudali elektr yurituvchi kuchlar (EYUK) induktsiya qilinadi, bir-biriga nisbatan burchak bilan fazada siljigan bo‘ladi. Bunday EYUK tizimi nosimmetrik deb ataladi. EYUKning samarali qiymatlari komplekslari quyidagicha ifodalanadi:

$$E_A = E\,, \quad \underline{E}_B = E * e^{-j120^0}\,, \quad \underline{E}_C = E * e^{-j120^0}\,,$$

4.3.1-rasmda uch fazali simmetrik bo‘lgan yulduz zanjirida fazalar qarshiligi quyidagicha teng bo‘lganda ($Za = Zb = Zc = Ze\ e^{-j\phi^0}$), quyidagi formula bilan bir fazani hisoblash mumkin bo‘ladi:

$$I_\Phi = U_\Phi / Z_\Phi\,.$$

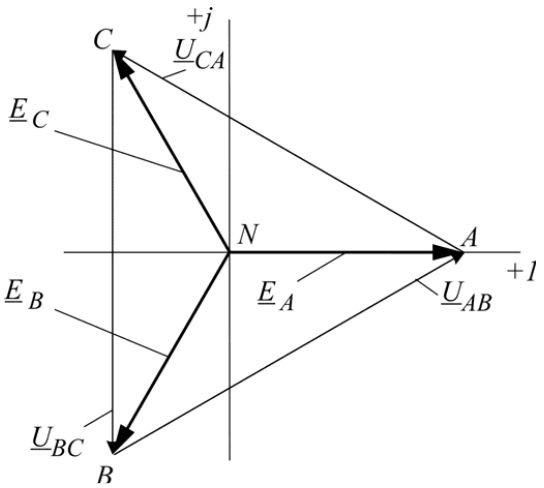


4.3.1 -rasm. Uch fazali yulduz sxemasida ulanishi.

Boshqa fazalardagi tok kuchi va kuchlanish simmetriya holatidan topiladi. Agar, $\underline{I}_a = I_a e^{-j\Phi}$, $\underline{I}_b = I_b e^{-j(120^0+\varphi)}$, $\underline{I}_c = I_c e^{-j(120^0-\varphi)}$, bo‘lsa u holda tok neytral o‘tkazgichda quyidagicha bo‘ladi:

$$\underline{I}_N = \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = 0\,.$$

4.3.2-rasmda ko‘rib chiqilayotgan kontaktlarning vektor kuchlanish diagrammasi ko‘rsatilgan, shundan kelib chiqadiki, nosimmetrik yuk uchun $U_л = \sqrt{3}U_Ф$ chiziqli va fazali kuchlanishlar o‘rtasidagi quyidagi bog'liqlik amal qiladi.



4.3.2 – rasm. Uch faza uchun vektor kuchlanish diagrammasi.

Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar

1. MATLAB dasturi ish maydonidan foydalanib, neytral simli ($Y_{nN} = \infty$) va usiz ($Y_{nN} = 0$) simmetrik va assimetrik yukga ega bo‘lgan yulduz sxemasi bo‘yicha (4.3.1-rasm) uch fazali elektr zanjirini hisoblang. Nosimmetrik yuk rejimida quyidagi parametr qiymatlarini o‘rnating: ohmdagi faza qarshiligi Rph parametr raqami N plus 30 ga teng; chiziqli kuchlanish f = 50 Hz chastotali 380 V ga teng. Parametr qiymatlarini 4.3.1-jadvalga muvofiq variant raqamiga qarab assimetrik yuk rejimida o‘rnating.

4.3.1-jadvalga

Variant raqami	Fazadai elementlar			R, Om	Kondensator sig’imi C, mkF	Fazadagi uzilish
	A	*B*	*C*			
1	R_f, *R’*	R_f,	R_f,	30	20	*A*

2	R_f,	R_f, R'	R_f,	40	15	*B*
3	R_f,	R_f,	R_f, R'	50	10	*C*
4	R_f, *C*	R_f,	R_f,	60	5	*A*
5	R_f,	R_f, *C*	R_f,	70	20	*B*

Nosimmetrik va simmetrik yuklarni hisoblash natijalarini 4.3.2 va 4.3.3-jadvallarga kiriting.

Simmetrik yuklar bo‘yicha 4.3.2 - jadval

	$U_{l,}$ *V*	$U_{a,}$ *V*	$U_{b,}$ *V*	$U_{c,}$ *V*	$U_{nN,}$ *V*	$I_{a,}$ *A*	$I_{b,}$ *A*	$I_{c,}$ *A*	$I_{nN,}$ *A*	*P*, *Vt*
Y_{nN}=~										
Xisoblash										
Modellash										
Y_{nN}=*0*										
Xisoblash										
Modellash										

Nosimmetrik yuklar bo‘yicha 4.3.2 – jadval

Aniqlanish usuli	$U_{l,}$ *V*	$U_{a,}$ *V*	$U_{b,}$ *V*	$U_{c,}$ *V*	$U_{nN,}$ *V*	$I_{a,}$ *A*	$I_{b,}$ *A*	$I_{c,}$ *A*
Y_{nN}=~								
Xisoblash								
Modellash								
Y_{nN}=*0*								
Xisoblash								
Modellash								

Hisoblash natijalariga asoslanib, MATLAB kompas (VR,VI) funksiyasidan foydalanib, tok kuchi va kuchlanish uchun vektor diagrammalarini tuzing. Olingan

diagrammalar yordamida Kirchhoff qonunlarining bajarilishini tekshiring va xulosa qiling.

Nosimmetrik va assimetrik yuklar uchun faza oqimlarining yig'indisiga, shuningdek, neytral simsiz assimetrik yuk uchun nol kuchlanish *UnN* ga e'tibor bering. Xulosa qiling.

Nosimmetrik va simetrik yuklar uchun $U_л = \sqrt{3}U_Ф$ shartlar bajarilishini tekshiring. Xulosa chiqaring.

2. MATLAB ish maydonidan foydalanib, 4.3.1-jadvalga muvofiq fazalardan birining uzilishi rejimida neytral simsiz assimetrik yukga ega yulduz zanjiri bo‘yicha uch fazali elektr zanjirini hisoblang. Olingan qiymatlarni kiriting. 4.3.4-jadval.

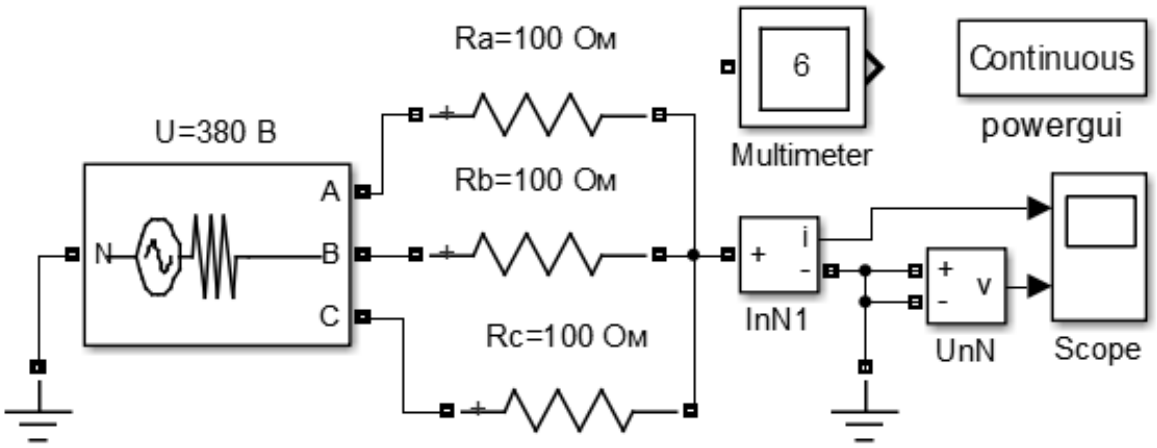
4.3.4 -jadval

Neytral simsiz va fazali nosozliksiz muvozanatsiz yuk

Aniqlanish usuli	U_a, V	U_b, V	U_c, V	I_a, A	I_b, A	I_c, A	P, Vt
Xisoblash							
Modellash							

Hisoblash natijalari asosida MATLAB kompas (VR, VI) funksiyasidan foydalangan holda vektor kuchlanish diagrammalarini tuzing. Olingan diagrammalar yordamida Kirchhoff qonunlarining bajarilishini tekshiring va xulosalar chiqaring.

3. SimPower System paketining virtual bloklaridan foydalangan holda, simmetrik yuk uchun berilgan elektr zanjirini Simulink tizimida neytral sim bilan modellashtiring (4.3.4-rasm).



4.3.4-rasm. Simmetrik yuk uchun berilgan elektr zanjirini Simulink tizimida neytral sim bilan modellashtirin

Three-Phase Source uch fazali generator blokini tanlang (SimPower tizimi kutubxonasining **SimPower System** bo‘limi).

Sxemaga ikkita "Ground" ⏚ blokini qo‘shing va fazaviy qarshilik sifatida **Series RLC Branch** bloklaridan (SimPower System kutubxonasining **Elements** bo‘limi) foydalaning.

Tok va kuchlanishni o‘lchash uchun **Current Measurement** ampermetrini, kuchlanishni **Voltage Measurement** va **Multimeter** multimetrini (**SimPower System** kutubxonasining **Measurements** bo‘limi), shuningdek, **Scope** umumiy ko‘rinish oynasini (Simulink kutubxonasining **Sinks** bo‘limi) qo‘shing.

Tegishli matn maydonlaridan foydalanib, bloklarning nomlarini vazifa variantiga muvofiq tahrirlang (4.3.4-rasmga qarang).

Diagrammaga **Powergui** blokini qo‘shing.

4. 3.5-rasmda ko‘rsatilganidek, uch fazali generator uchun parametrlarni o‘rnating.

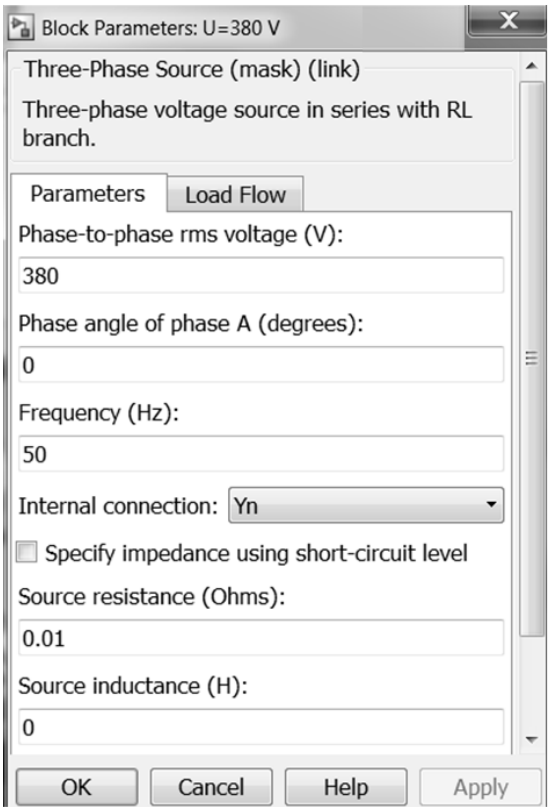
Fazadan **Phase-to-phase rms voltage (V)** parametri tarmoq kuchlanishining samarali qiymatini belgilaydi.

Internal connection (Yn) parametri yulduz sxemasiga muvofiq manba fazalarini neytral sim bilan ulash usulini belgilaydi.

Source resistance (Ohms) parametri manbaning o‘z qarshiligini ohmlarda belgilaydi.

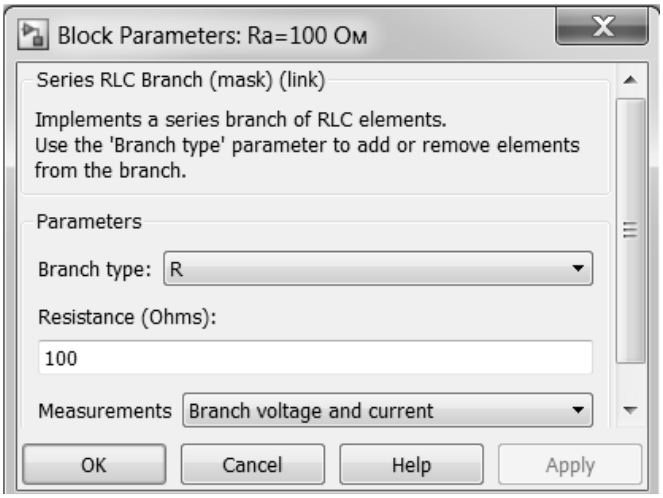
Source inductance (H) parametri Genridagi manbaning o‘z induktivligini belgilaydi.

5. Blok parametrlari oynasida (4.3.6-rasm) variantga muvofiq belgilangan faza qarshiligi uchun qarshilik qiymatini o‘rnating. O‘lchovlar ro‘yxatida (4.3.6-rasm) **Branch voltage and current** qiymatini o‘rnating, bu sizga o‘zgaruvchilarni **Multimeter** blokiga o‘tkazish imkonini beradi, ularning vaqt diagrammalari simulyatsiya jarayoni boshlangandan keyin **Simulation result for**: **Multimeter**. Multimetr blokida ko‘rsatilgan signallarga teglar tayinlanadi: Ib - elektron oqim, Ub - elektron kuchlanish.

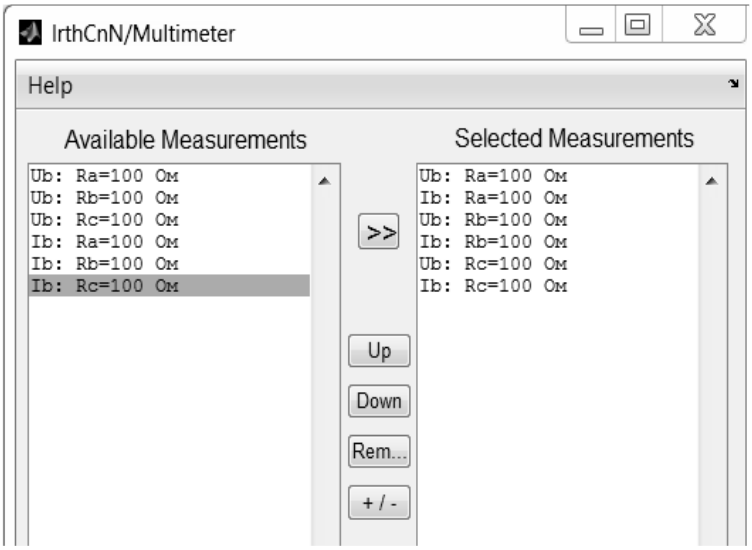


4.3.5-rasm. Uch faza parametrlarini kiritish oynasi.

6. **Multimeter** blokiga ikki marta bosing. Natijada, oyna ochiladi (4.3.7-rasm), unda siz ko‘rsatiladigan vaqt diagrammalarini va ularni **Simulation result for**: **Multimeter**.



4.3.6-rasm. Qarshilik parametrlarini kiritish oynasi.



4.3.7-rasm. O‘lchash parametrlarini kiritish oynasi.

Multimeter blokining **Available Measurements** oynasi o‘lchash uchun mavjud o‘zgaruvchilarni (oqim va kuchlanish) ko‘rsatadi, ular uchun **Measurements**, parametri **None** dan boshqa narsaga o‘rnatiladi.

Multimeter blokining **Selected Measurements** oynasi Multimetr blokining chiqishiga yuboriladigan o‘lchangan o‘zgaruvchilarni ko‘rsatadi.

Quyidagi tugmalar yordamida o‘lchash uchun mavjud bo‘lgan barcha o‘zgaruvchilarni o‘lchangan o‘zgaruvchilar ro‘yxatiga kiriting:

[>>] - tanlangan o‘zgaruvchini o‘lchanganlar ro‘yxatiga qo‘shish;

[**Up**] - tanlangan o‘zgaruvchini ro‘yxatda yuqoriga ko‘chirish;

[**Down**] - tanlangan o‘zgaruvchini ro‘yxatda pastga siljitish;

[**Remove**] - tanlangan o‘zgaruvchini ro‘yxatdan olib tashlash;

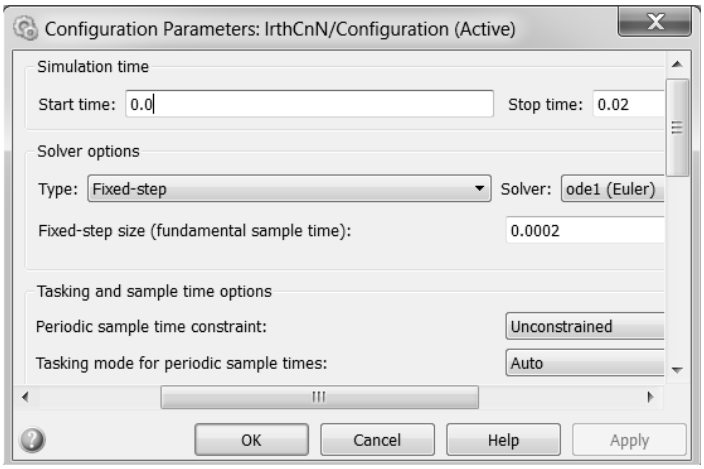
[**+/-**] - tanlangan o‘zgaruvchining belgisini o‘zgartirish.

Tegishli vaqt diagrammalarini ko‘rsatish uchun **Plot selected measurements** katagiga belgi qo‘ying.

Close tugmachasini bosib oynani yoping.

7. **Simulyatsiya** parametrlarini **Simulation-Model Cofiguration Parameters**...=>**Solve** buyrug'i yordamida o‘rnating.

Simulyatsiya vaqti maydonida 4.3.8-rasmga muvofiq boshlang'ich (**Start time:**) va yakuniy (**Stop time:**) vaqtlarining qiymatlarini o‘rnating.



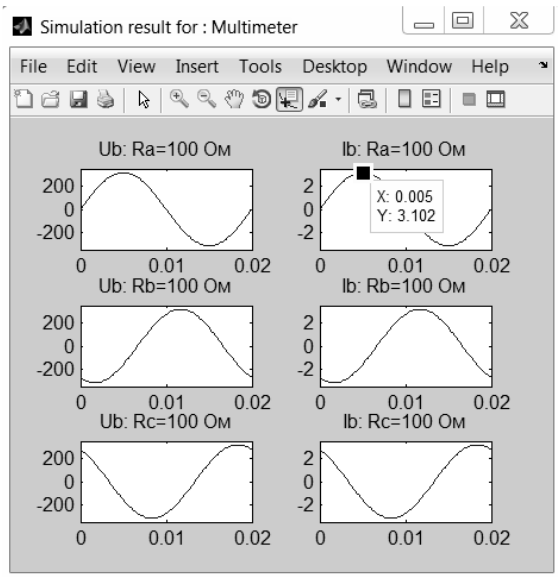
4.3.8-rasm. Simulyatsiya vaqtini o‘rnatish oynasi.

Solver options variantlari maydonida (4.3.8-rasmga qarang) bir xil namuna olish bosqichini **Fixed step** va simulyatsiya qilingan jarayonning **ode1** (**Euler**) grafik turini tanlang. **Fixed step size** o‘lchami maydonida namuna olish bosqichi qiymatini **"0,0002"** ga o‘rnating.

8. (**Simulation Run**) buyrug'i yordamida simulyatsiyani boshlang. Natijada, **Simulation result for**: **Multimeter** oynasi ochiladi (4.3.9-rasm) har bir faza uchun kuchlanish va oqimlarning vaqt diagrammalari bilan.

Data Cursor  vositasidan (4.3.9-rasm) foydalanib, fazali kuchlanish va oqimlarning amplituda qiymatlarini o‘lchang, ular uchun mos keladigan samarali

qiymatlarni qayta hisoblang va ularni 4.3.2-jadvalga kiriting ($Y_{nN} = \infty$). Ularni tegishli hisoblangan qiymatlar bilan solishtiring. Xulosa qiling.

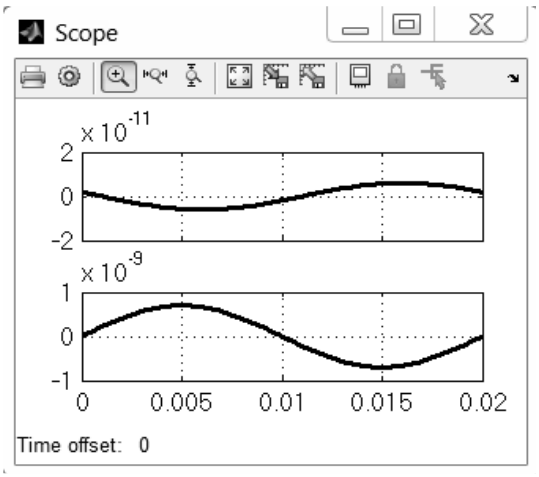


4.3.9-rasm. Multimetr simulyasiyasi natijalar oynasi.

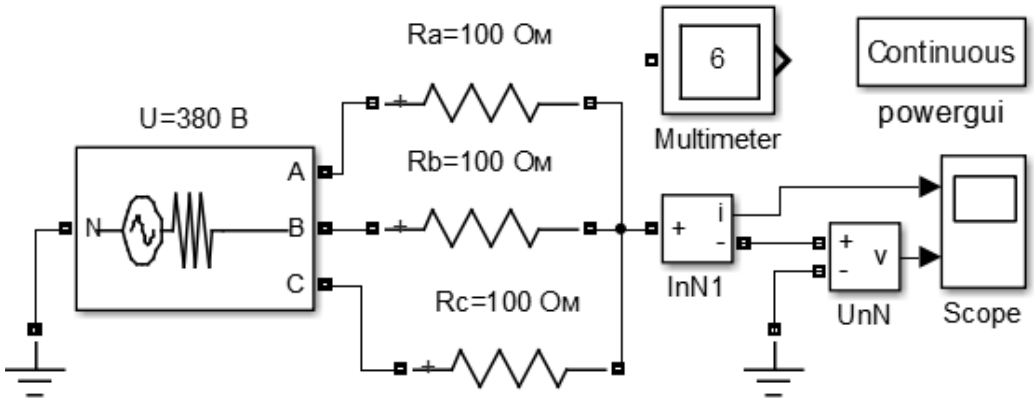
9. **Scope** umumiy ko‘rinishi oynasini kengaytiring (4.3.10-rasm), uning birinchi grafik maydonida *inN(t)* neytral simdagi oqim uchun vaqt diagrammasi, ikkinchisida esa neytral simdagi kuchlanish uchun vaqt diagrammasi ko‘rsatiladi. *unN(t)*. Neytral simdagi joriy *InN* (amperda, ikki kasr aniqligi bilan) va *UnN* kuchlanishining (voltda, bir kasr aniqligi bilan) samarali qiymatlarini hisoblang va ularni 3.2-jadvalga kiriting ($Y_{nN} = \infty$). Ularni tegishli hisoblangan qiymatlar bilan solishtiring va xulosa qiling.

10. Simulyatsiya natijalariga ko‘ra, kontaktlarning zanglashiga olib keladigan faol quvvat qiymatini hisoblang va uni 4.3.2-jadvalga kiriting.

11. 4.3.4-rasmda neytral simni n-N modellashtiradigan voltmetr kirishlarini bog'laydigan chiziqni olib tashlang va natijada olingan sxema uchun paragraflarni takrorlang (4.3.11-rasm). 8–10.



4.3.10-rasm. Scope natijasi ko‘rinishi.

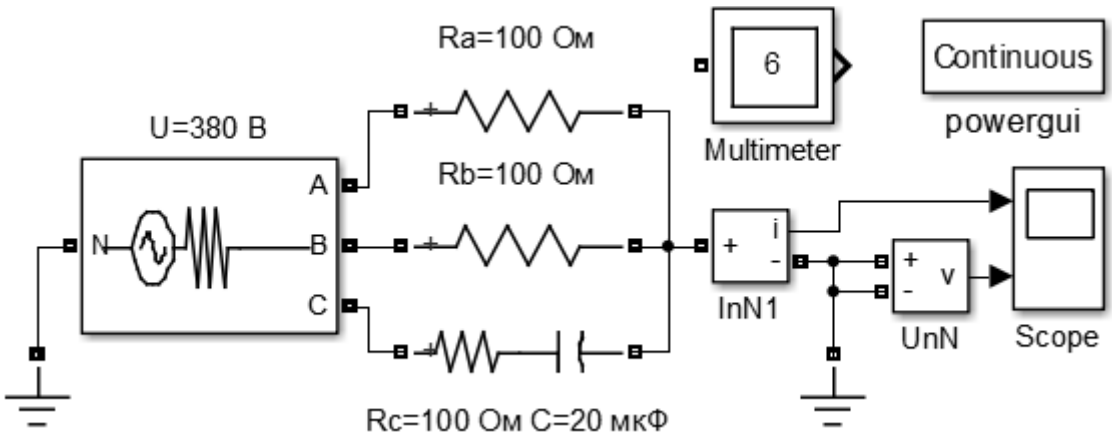


4.3.11-rasm. Bloklarni modellashtirish sxemasi.

Olingan o‘lchov natijalarini *YnN=0* uchun 4.3.2-jadvalga kiriting va ularni 4.3.2-jadvaldagi tegishli hisoblangan qiymatlar bilan solishtiring. Xulosa chiqaring.

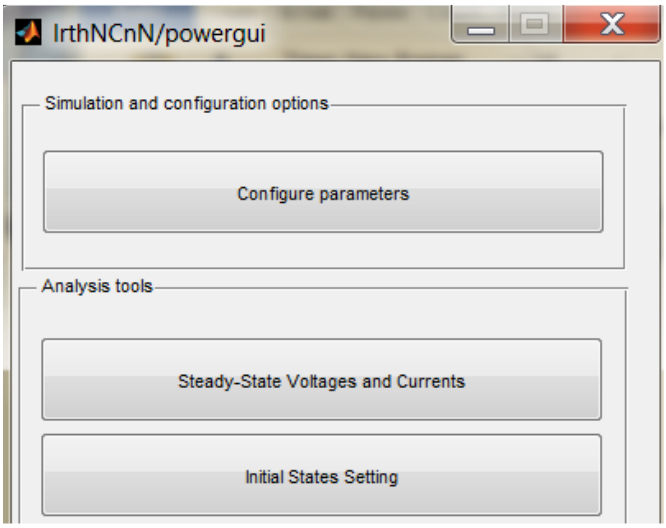
12. Simulink tizimida **SimPower System** paketining virtual bloklaridan foydalangan holda neytral simli assimetrik yuk uchun berilgan elektr zanjirini modellashtiring (4.3.12-rasm). Ish variantiga mos keladigan blok nomlarini tahrirlash uchun tegishli matn maydonlaridan foydalaning.

Series RLC Branch bloklarida kontaktlarning zanglashiga olib keladigan fazaviy qarshiliklarining kerakli qiymatlarini o‘rnating va ular uchun **Measurements** ro‘yxatidan **Branch voltage and current** parametrining qiymatini tanlang.



4.3.12-rasm. Zanjirni modellashtirish.

13. Grafik foydalanuvchi interfeysi (GUI) yordamida **Powergui** blokiga ikki marta bosish orqali sxemaning barqaror holatini hisoblang (4.3.10-rasm) va paydo bo‘lgan oynada (4.3.13-rasm) **Steady-State Voltages and Currents** tugmasini bosing.



4.3.13-rasm. Simulyatsiya va konfigurasiya oynasi.

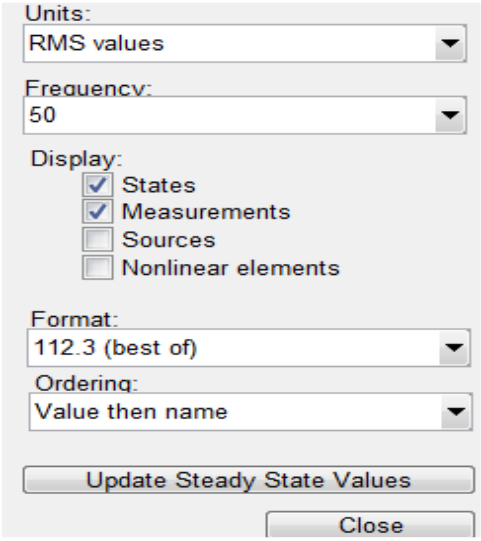
Natijada, **Powergui Stready-State Voltages and Currents Tool** oynasi ochiladi (4.3.14-rasm), uning o‘ng tomonida siz quyidagilarni tanlashingiz kerak:

- o‘lchov tizimining turi **Units** – **RMS values** (samarali qiymatlar);

– manba chastotasi qiymatini o‘rnatish **Frequency** – **50 Гц**;

– ko‘rsatilgan o‘zgaruvchilarni tanlang **Display**: **States** (holat o‘zgaruvchilari (kondensatorlardagi induktivlik va kuchlanish orqali oqim)) va O‘lchov (o‘lchanadigan o‘zgaruvchilar);

– o‘lchov natijasini chiqarish uchun kerakli formatni o‘rnating **Format:** va **Ordering:.**



4.3.14-rasm. Chastotani kiritish oynasi.

Powergui Stready-State Voltages and Currents Tool oynasining chap tomonida (4.3.15-rasm) simulyatsiya natijalari mos keladigan oqim va kuchlanishlarning samarali qiymatlari uchun modullar va argumentlar ko‘rinishida ko‘rsatiladi.

Modellashtirish natijasida olingan mos keladigan oqim va kuchlanish modullarini 4.3.3-jadvalga kiriting ($YnN = \infty$) va ularni mos keladigan hisoblangan qiymatlar bilan solishtiring. Xulosa chiqaring.

14. 4.3.12-rasmdagi *n-N* neytral simni modellashtiradigan voltmetr kirishlarini bog'laydigan chiziqni olib tashlang va natijada olingan sxema uchun 13-bosqichni takrorlang 4.3.3-jadvalga (*YnN=0*) modellashtirish natijasida olingan mos keladigan oqim va kuchlanish modullarini kiriting va ularni tegishli hisoblangan qiymatlar bilan solishtiring. Xulosa chiqaring.

```
STATES:

       185.8 Vrms      87.86 °   --->  'Uc_Rc=100 Ом C=20 мкФ'

MEASUREMENTS:

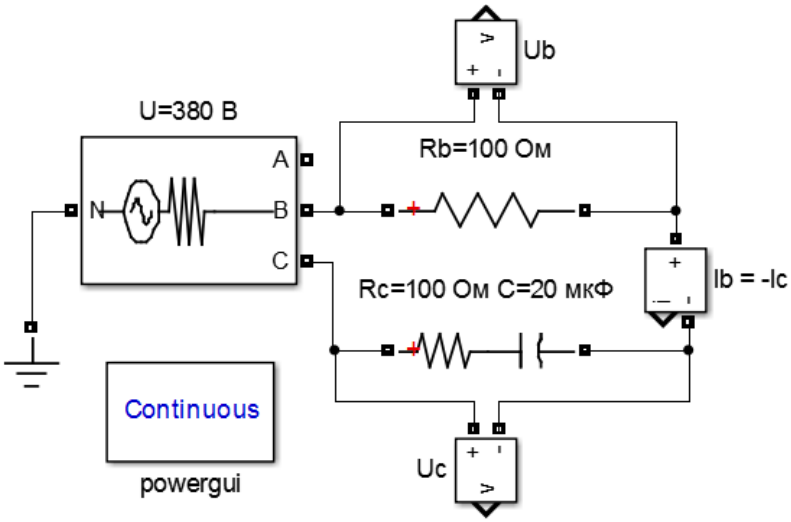
           0 Vrms        0.00°   --->  U_UnN
       1.857 Arms      -92.14°   --->  I_InN1
       219.4 Vrms        0.00°   --->  Ub: Ra=100 Ом
       219.4 Vrms     -120.00°   --->  Ub: Rb=100 Ом
       219.4 Vrms      120.00°   --->  Ub: Rc=100 Ом C=20 мкФ
       2.194 Arms        0.00°   --->  Ib: Ra=100 Ом
       2.194 Arms     -120.00°   --->  Ib: Rb=100 Ом
       1.167 Arms      177.86°   --->  Ib: Rc=100 Ом C=20 мкФ
```

4.3. 15-rasm. Natija

15. Simulink tizimida A fazasi nosozlik holatida neytral bo‘lmagan simning assimetrik yuki bilan yulduz sxemasiga ko‘ra berilgan elektr zanjirini modellashtiring (4.3.16-rasm).

E'tibor bering, **Ub** va **Uc** voltmetrlarining "+" terminallari uch fazali generator tomonidan ulanishi kerak.

Grafik foydalanuvchi interfeysi (GUI) yordamida sxema uchun barqaror holatni hisoblang (4.3.16-rasm).



4.3.16-resm. Yulduz sxemasiga ko‘ra elektr zanjirni model ko‘rinishi.

Modellashtirish natijasida olingan oqim va kuchlanishning samarali qiymatlarini 4.3.4-jadvalga kiriting va ularni tegishli hisoblangan qiymatlar bilan taqqoslang va xulosalar chiqaring.

Amaliy ish bo‘yicha hisobotni, jumladan, MATLABda hisoblash natijalarini, shuningdek Simulinkda simulyatsiya uchun barcha diagrammalarni, barcha foydalanilgan bloklar uchun xossa oynalarini, hisoblash va simulyatsiya natijalari bilan jadvallarni tuzing.

Nazorat savollari

1. MATLAB ning buyruqlar oynasida kerakli hisob natijalarini qanday ko‘rsatish mumkin?

2. MATLAB da vektor diagrammasini qanday qurish mumkin?

3. SimPowerSystems bo‘limidagi P-modellari Simulink S-modellaridan nimasi bilan farq qiladi va ular orasidagi bog'lanish qanday amalga oshiriladi?

4. Modelni ishga tushirishdan oldin Configuration Parameters oynasida qanday sozlamalarni ko‘rsatish kerak?

5. Series RLC Branch uchun qanday sozlamalarni sozlash mumkin?

6. Three-Phase Source bloki uchun qanday sozlamalarni sozlash mumkin?

7. Multimeter bloki yordamida qanday ma'lumotlarni olish mumkin va u qanday sozlamalarga ega?

8. Stabil holatdagi elektr zanjirlarini hisoblash uchun foydalanuvchi grafik interfeysi (GUI) qanday ishlatilishi mumkin?

4.4-§. MATLAB-Simulink tizimida uch fazali elektrik zanjirlarning qabullagich fazalarini uchburchak sxemasi bo‘yicha ulashni hisoblash va modellashtirish.

Ishdan maqsad: misollar yordamida uch fazali sxemani MATLAB Simulink paketida ishlashning turli rejimlarida uch fazali sxema yordamida o‘rganish.

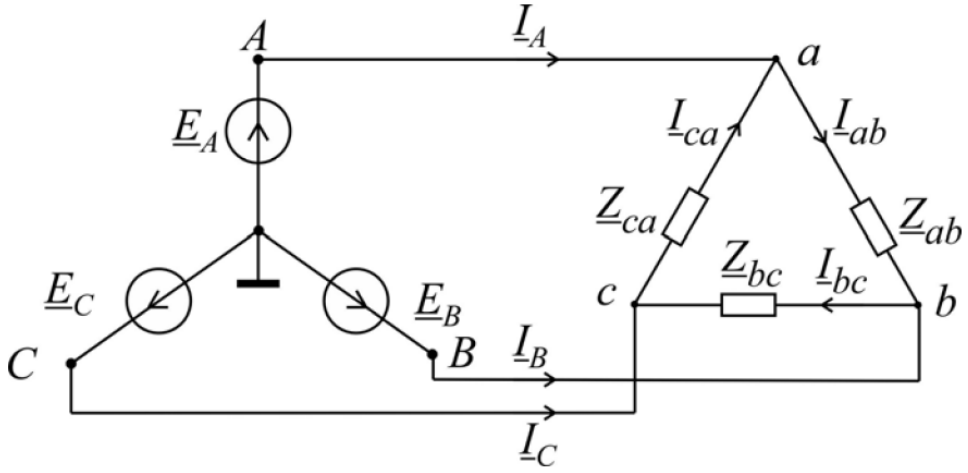
Nazariy qism.

4.4.1-rasmda uch fazali sxemaning qabul qiluvchilarini uchburchak diagrammasi bo‘yicha ulash keltirilgan. Unda *Zab*, *Zbc* va *Zca* fazaviy qarshiliklari bo‘lgan qabul qilgichning barcha uch fazalari to‘g'ridan-to‘g'ri uch fazali zanjirning chiziqli simlari orasiga ulanadi. Yulduzli sxema bo‘yicha uch fazali generatordagi chiziqli kuchlanishlarni quyidagicha topish mumkin:

$$U_{AB} = E_A - E_B = E\sqrt{3}e^{j30^0};$$

$$U_{BC} = E_B - E_C = E\sqrt{3}e^{-j90^0};$$

$$U_{CA} = E_C - E_B = E\sqrt{3}e^{j150^0};$$



4.4.1-rasm. Uch fazali sxemaning qabul qiluvchilarini uchburchak diagrammasi bo‘yicha ulanishi.

Agar chiziqli simlarning qarshiligini e'tiborsiz qoldiradigan bo‘lsak, u holda qabul qiluvchining fazali kuchlanishlari quvvat manbaining mos keladigan chiziqli kuchlanishlariga teng bo‘ladi. Biroq, yulduz aloqasidan farqli o‘laroq, faza va chiziqli oqimlar bir-biriga teng emas. Fazali oqimlarni Om qonunidan foydalanib topish mumkin:

$$I_{ab} = U_{ab} / Z_{ab},\ I_{bc} = U_{bc} / Z_{bc},\ I_{ca} = U_{ca} / Z_{ca}.$$

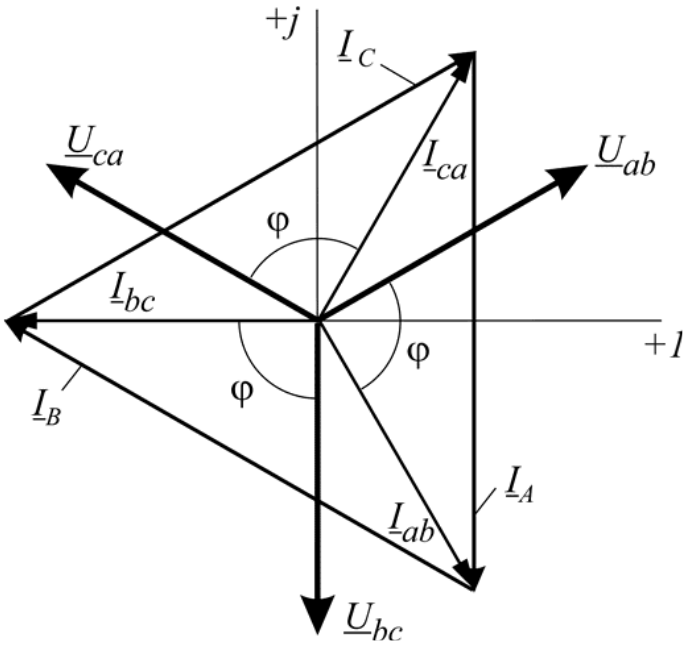
Chiziqli oqimlar a, b va c tugunlari uchun Kirchhoffning birinchi qonuniga muvofiq tuzilgan tenglamalardan fazali oqimlardan aniqlanadi:

$$I_A = I_{ab} - I_{ca},\ I_B = I_{bc} - I_{ab},\ I_C = I_{ca} - I_{bc}.$$

Nosimmetrik yuk (Zab = Zbc = Zca) bilan o‘zgarishlar oqimlari kattalikda teng bo‘ladi va mos keladigan faza kuchlanishlariga nisbatan oqimlarning o‘zgarishlar burchaklari bir xil bo‘ladi. Shu asnoda nosimmetrik yuk uchun oqim moduli faqat bitta faza uchun formuladan foydalanib hisoblanadi:

$$I_\Phi = \frac{U_\Phi}{Z_\Phi}$$

4.4.2-rasmda uchburchak ulanish diagrammasi yordamida nosimmetrik induktiv yuk uchun vektor diagrammasi ko‘rsatilgan. Vektor diagrammasida fazali kuchlanish va oqimlar orasidagi faza siljishi $\phi = 90^0$.



4.4.2-rasm. Uchburchak ulanish diagrammasi yordamida nosimmetrik induktiv yuk uchun vektor diagrammasi.

Vektor diagrammasidan chiziqli *I*л va fazali oqimlar o‘rtasidagi quyidagi bog'liqlik mavjud: $I_л = \sqrt{3} I_\phi$.

Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar.

MATLAB dasturidan foydalanib, uchburchak diagrammasi yordamida uch fazali elektr zanjirini hisoblang (4.1-rasmga qarang). Nosimmetrik yuk rejimida

quyidagi parametr qiymatlarini o‘rnating: Omdagi faza qarshiligi Rph parametr raqami N plus 100 ga teng; fazali (chiziqli) kuchlanish 127 V chastotali f = 50 Hz. Parametr qiymatlarini 4.4.1-jadvalga muvofiq variant raqamiga qarab assimetrik yuk rejimida o‘rnating.

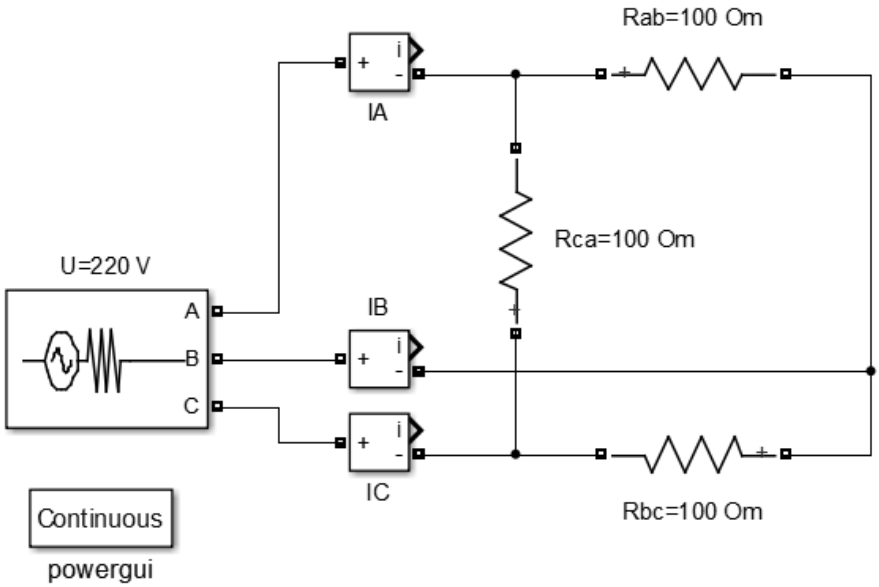
4.4.1-jadval

Parametrlar qiymatlari

Variant raqami	Fazadai elementlar			R, Om	Kondensator sig’imi C, mkF	O‘tkazgichni uzilishi	Fazaning salt yurishi
	b	*bc*	*a*				
1	*f*, *R’*	R_f,	*f*,	30	20	*aA*	
2	*f*,	R_f, *R’*	*f*,	40	15		*ab*
3	*f*,	R_f,	*f*, *R’*	50	10	*bB*	
4	*f*, *C*	R_f,	*f*,	60	5		*ca*
5	*f*,	R_f, *C*	*f*,	70	20	*cC*	

Hisoblash natijalari asosida **MATLAB kompas (VR, VI)** funksiyasidan foydalangan holda vektor kuchlanish diagrammalarini tuzing. Olingan diagrammalar yordamida Kirxgoff qonunlarining bajarilishini tekshiring va xulosalar chiqaring.

3. **SimPowerSystem** paketining virtual bloklari yordamida **Simulink** tizimida simmetrik yuk uchun berilgan elektr sxemasini modellash (4.4.3-rasm).



4.4.3 -rasm. Virtual bloklarni ulanishi.

Uch fazali manba uch fazali generator blokini tanlang (SimPowerSystem kutubxonasining Elektr manbai bo‘limi).

Zanjirga "**Ground**" ⏚ blokini qo‘shing va o‘zgarishlar qarshiligi sifatida Series RLC Branch bloklaridan (**SimPowerSystem** kutubxonasining elementlar bo‘limi) foydalaning.

IA, IB, IC liniya oqimlarining samarali qiymatlarini o‘lchash uchun kontaktlarning (SimPowerSystem kutubxonasining o‘lchovlari bo‘limidan) uchta **Current Measurement** ampermetrini qo‘shing.

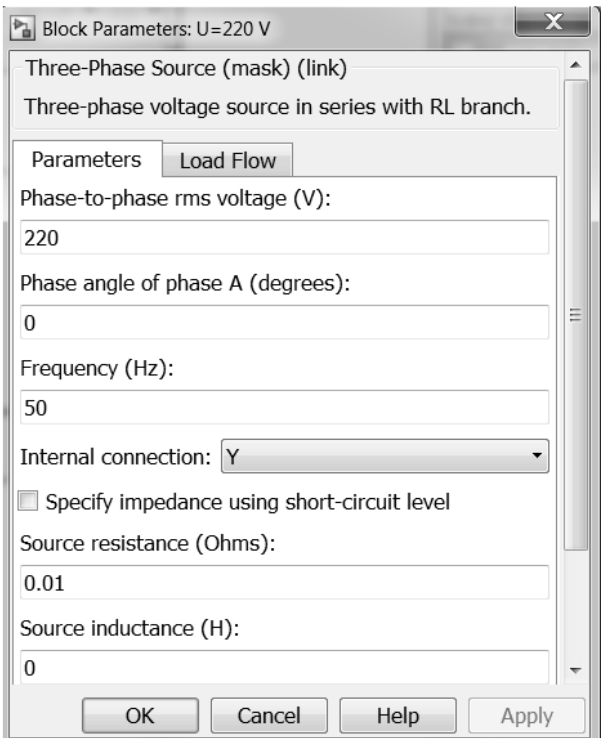
4.4.4-rasmda ko‘rsatilganidek, tegishli matn maydonlaridan foydalanib, blok nomlarini vazifa variantiga muvofiq tahrirlang (4.3-rasmga qarang). Uch fazali generator uchun parametrlarni o‘rnating:

– **Phase-to-phase rms voltage (V)** (Tarmoq kuchlanishining qiymati);

– **Internal connection (Y)** (Manba fazalarining yulduzcha ulanishi);

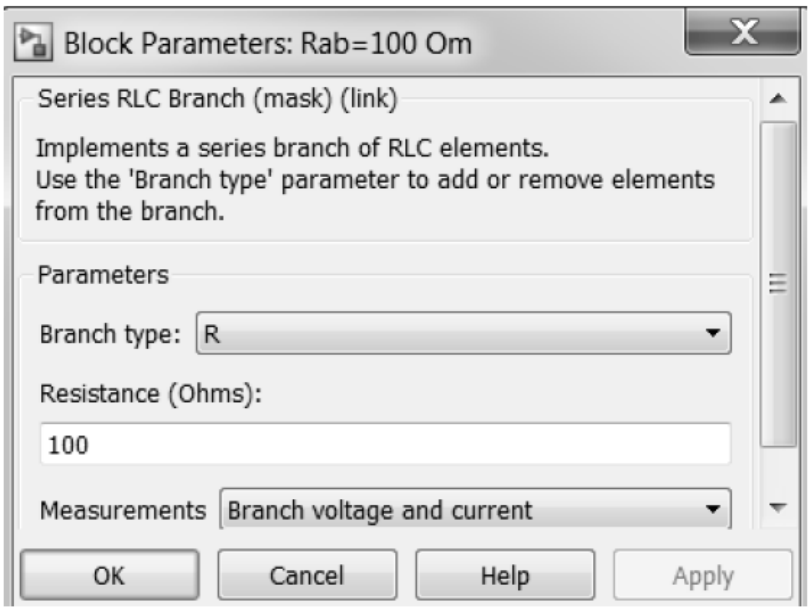
– **Source resistance (Ohms)** (Manbani qarshiligi, Omda) – **0.01**;

– **Source inductance (H)** (Manbaning induktivligi, genriyda) – **0**.



4.4.4-rasm. Blok parametrlarini oynasi.

5. Blok parametrlari oynasida (4.4.5-rasm) variantga muvofiq belgilangan faza qarshiligi uchun qarshilik qiymatini o‘rnating. O‘lchovlar ro‘yxatidan Filial kuchlanish va oqim parametrining qiymatini tanlang (4.4.5-rasm). Bunday holda, o‘lchangan o‘zgaruvchilarga teglar tayinlanadi: *Ib* - parametr bloki orqali oqim, *Ub* - parametr blokidagi kuchlanish.



4.4.5-rasm. RLC bloki parametrlarini belgilash oynasi.

6. Grafik foydalanuvchi interfeysi (GUI) yordamida sxema uchun barqaror holatni hisoblang (4.4.3-rasmga qarang). Buning uchun **Powergui** blokiga ikki marta bosing va paydo bo‘lgan oynada **Stready-State Voltages** and **Currents** tugmasini bosing.

Natijada, **Powergui Stready-State Voltages** and **Currents Tool** oynasi ochiladi, unda quyidagilarni tanlash kerak:

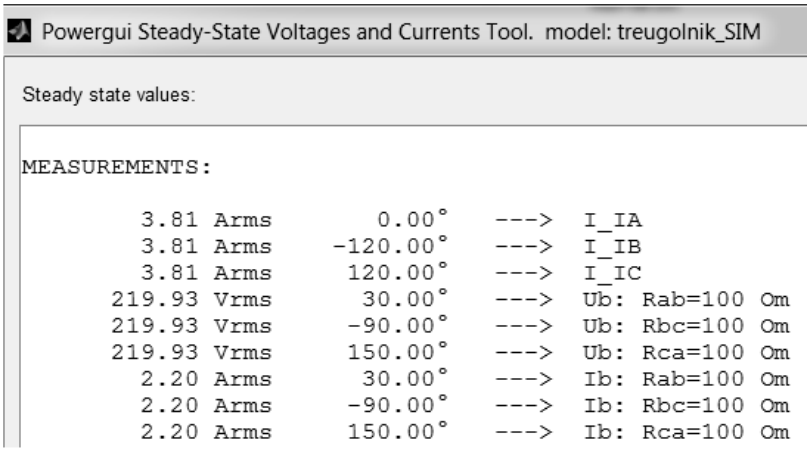
– o‘lchov tizimining turi Birliklar – RMS qiymatlari;

– manba chastotasining qiymatini gertsda o‘rnatish Chastotasi – 50;

– ko‘rsatilgan o‘zgaruvchilarni tanlang Displey: Measurement;

– o‘lchov natijasini chiqarish uchun kerakli formatni o‘rnating.

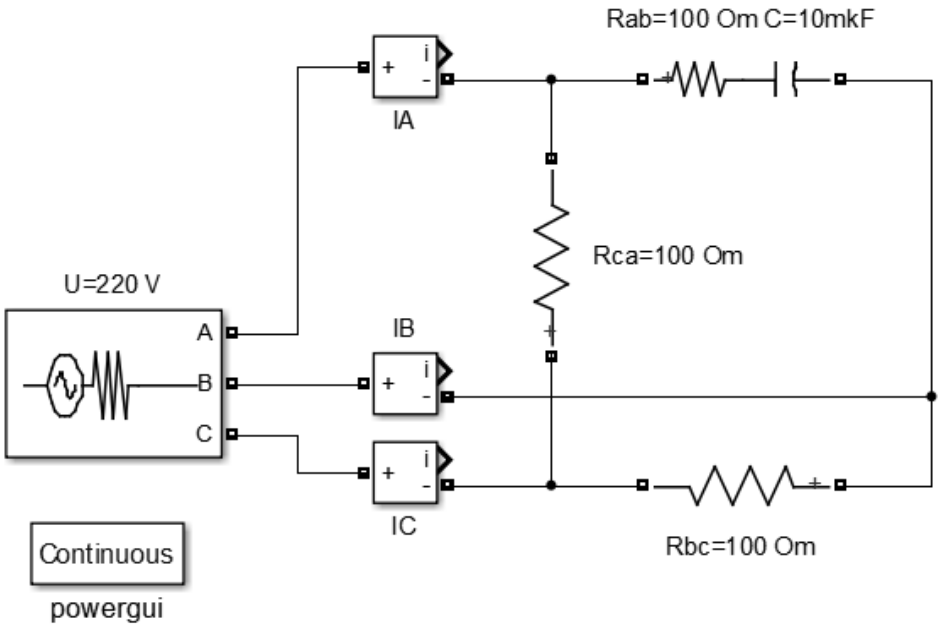
Modellashtirish natijasida olingan tok va kuchlanishning samarali qiymatlari modullari (4.4.6-rasm) 4.4.2-jadvalga kiritilgan va ularni tegishli hisoblangan qiymatlar bilan solishtiring.



4.4.6-rasm. tok va kuchlanishning samarali qiymatlari modullari

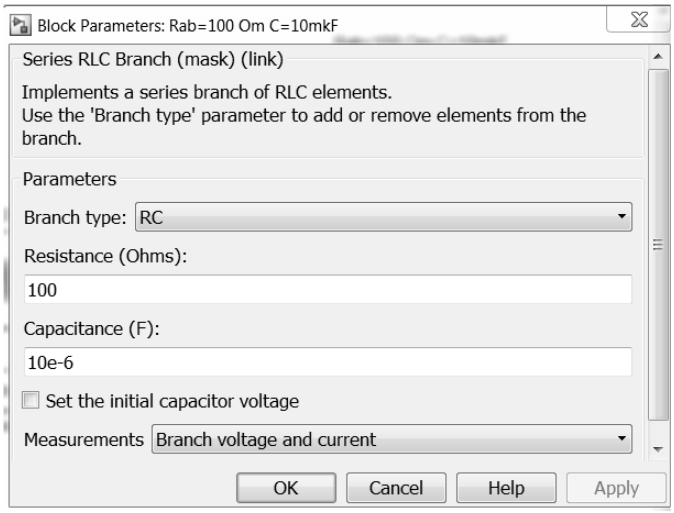
7. Simulyatsiya natijalariga ko‘ra, kontaktlarning zanglashiga olib keladigan faol quvvat qiymatini hisoblang va uni 4.2-jadvalga kiriting.

8. **SimPowerSystem** paketining virtual bloklari yordamida Simulink tizimidagi assimetrik yuk uchun berilgan elektr sxemasini modellashtiring (4.4.7-rasm).



4.4.7-rasm. assimetrik qarshilikni modellashtirish.

9. Blok parametrlari oynasidagi parametrga muvofiq ko‘rsatilgan parametr qiymatlarini o‘rnating. 4.8-rasmda RC elementlari "ab" fazasiga kiritilgan.



4.4.8-rasm. RC elementlarini kiritish oynasi.

10. Olingan sxema (4.4.7-rasmga qarang) paragraflari uchun takrorlang.

Modellashtirish natijasida olingan oqim va kuchlanishning samarali qiymatlari modullarini 4.4.3-jadvalga kiriting va ularni tegishli hisoblangan qiymatlar bilan taqqoslang.

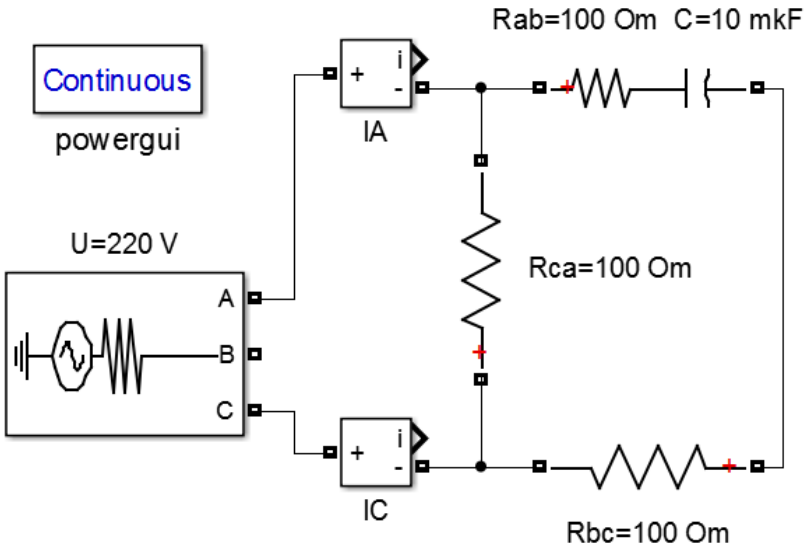
11. SimPowerSystem to‘plamining virtual bloklaridan foydalangan holda simli simning uzilishi rejimida yoki yuksiz rejimda assimetrik yuk uchun berilgan elektr zanjirini Simulink tizimida modellashtiring.

4.4.9-rasmda 4.4.7-rasmda ko‘rsatilgan diagramma "bB" chiziqli simi uzilganda ko‘rsatilgan.

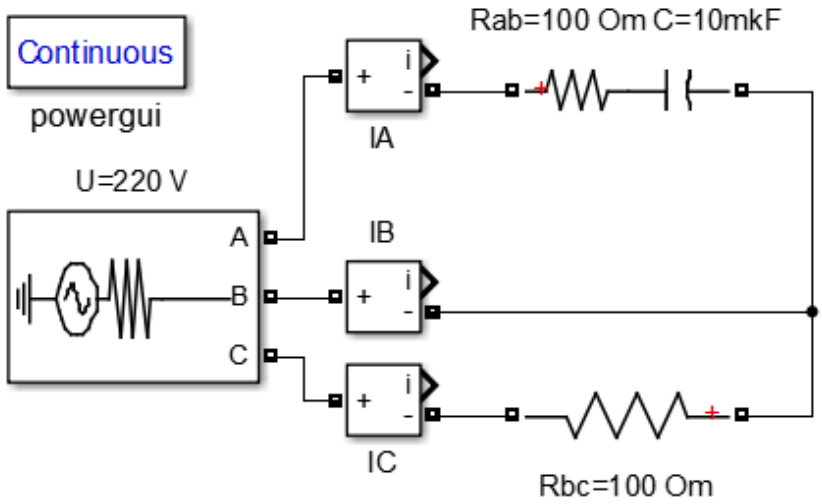
4.4.10-rasmda 4.4.7-rasmda ko‘rsatilgan sxema "sa" fazasida bo‘sh turganda ko‘rsatilgan.

12. Olingan diagramma (variant raqamiga qarab 4.4.9 yoki 4.4.10-rasm) paragraflar uchun takrorlang.

Modellashtirish natijasida olingan qiymatlarni 4.4.4-jadvalga kiriting va ularni tegishli hisoblangan qiymatlar bilan solishtiring.



4.4.9-rasm. Rca va Rbc qarshiliklarni ulanishi ko‘rinishi.



4.4.10-rasm. Yakuniy modelni ishga tushirish oynasi.

Amaliy ishni bajarib, MATLABda hisoblash natijalarini, shuningdek Simulinkda simulyatsiya uchun barcha diagrammalarni, barcha foydalanilgan bloklar uchun xossa oynalarini, hisoblash va simulyatsiya natijalari bilan jadvallarni tuzib, xulosa qiling.

Nazorat savollari:

1. Oscillograf orqali zanjirning vaqt konstantasi qanday aniqlanadi?

2. Erkin tebranishlar chastotasi va rezonans chastotasi o‘rtasidagi farq nima? Qanday sharoitlarda bu ikki chastota teng bo‘ladi?

3. R-L-C zanjirida pasayish, erkin tebranishlar chastotasi va o‘tish jarayonining amaliy davomiyligi qanday o‘zgaradi: a) qarshilik, b) sig’im, v) induktivlik?

4. Modellashtirish asosiy bloklari qaysilar?

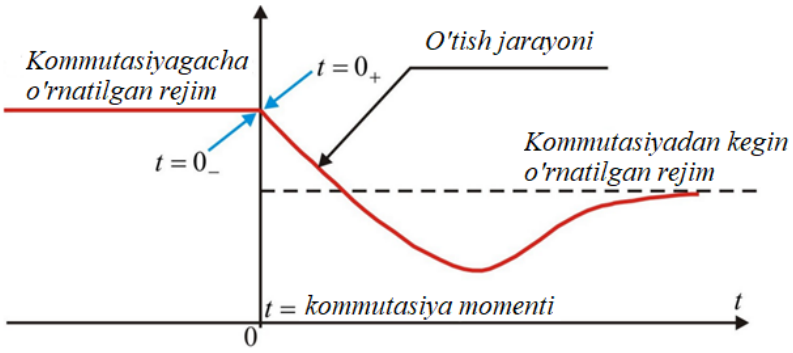
5. Yakuniy model qanday ishga tushiriladi?

4.5-§. Chiziqli elektrik zanjirlarda o‘tkinchi jarayonlarni imitasion modellashtirish.

Ishdan maqsad: misollar yordamida chiziqli elektr zanjirlarda o‘tkinchi jarayonlarni modellashtirish bo‘yicha amaliy ko‘nikmalarga ega bo‘lish.

Nazariy qism.

Bir turg'un holatdagi energiya rejimidan boshqa barqaror holatdagi energiya rejimiga o‘tish jarayonida elektr zanjirida sodir bo‘ladigan jarayonlar vaqtinchalik jarayonlar (rejimlar) deb ataladi (4.5.1-rasm). Vaqtinchalik jarayonlarning sababi o‘tishdir, ya'ni. kontaktlarning zanglashiga olib, strukturasining keskin o‘zgarishi, uning elementlarining parametrlari, shuningdek, energiya manbalarini ulash yoki ajratish.



4.5.1-rasm. Elektr zanjirining barqaror va vaqtinchalik rejimlari.

Bundan tashqari, agar elektr pallasida induktiv va sig'imli elementlar mavjud bo‘lsa, u holda mos keladigan elementda saqlanadigan elektr yoki magnit maydonning energiyasi kommutatsiya paytida keskin o‘zgarishi mumkin emas. Shuning uchun, agar kommutatsiya jarayonida elementning indüktansı (sig'imi) o‘zgarmasa, u holda indüktansdagi oqim qiymati (sig'imdagi kuchlanish) almashtirishdan keyin darhol o‘tishdan oldin mos keladigan qiymatga teng bo‘ladi va keyin silliq bo‘lishi mumkin. ushbu qiymatdan o‘zgartiring.

Kommutatsiya paytida qarshilikdagi oqim va kuchlanish, indüktansdagi kuchlanish va sig'imdan o‘tadigan oqim keskin o‘zgarishi mumkin. Ushbu qiymatlar kontaktlarning zanglashiga olib kelgan holati bilan belgilanadi.

Umuman olganda, kontaktlarning zanglashiga olib o‘tilgandan keyin oqim yoki kuchlanishning bir lahzalik qiymati kontaktlarning zanglashiga olib keladigan xarakteristik tenglamasining ildizlariga bog'liq.

$$Z(p) = 0,$$

bunda $Z(p)$ – operator belgisi shaklida sxemaning kirish qarshiligining hisoblagichi.

4.5.2-rasmda ko‘rsatilgan zanjirdagi induktivlik orqali tokning oniy qiymatini formuladan foydalanib topish mumkin.

$$i(t) = \frac{E}{R}(1 - e^{-t/\tau}),$$

$\tau = \frac{L}{R}$ – RL vaqt doimiysi.

5.2-rasmda ko‘rsatilgan kontaktlarning zanglashiga olib keladigan sig'imdagi oniy kuchlanish qiymatini formuladan foydalanib topish mumkin.

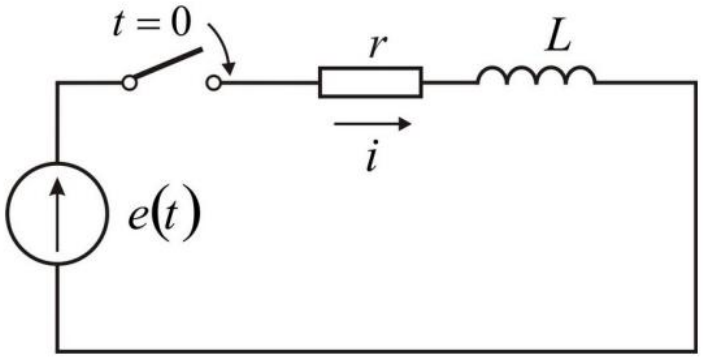
$$u_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau}),$$

$\tau = RC$ – RC-zanjirning doimiysi

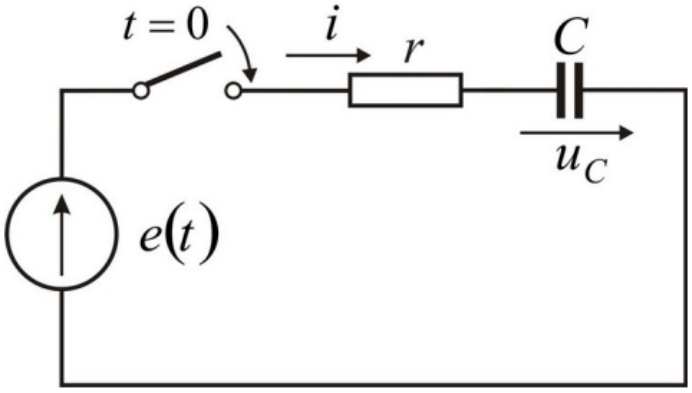
5.3-rasmda ko‘rsatilgan sxema uchun xarakterli tenglamaning ildizlari

$$\text{teng}\, P_{1,2} = -\sigma \pm \sqrt{\sigma^2 - \varpi_0^2}\ .$$

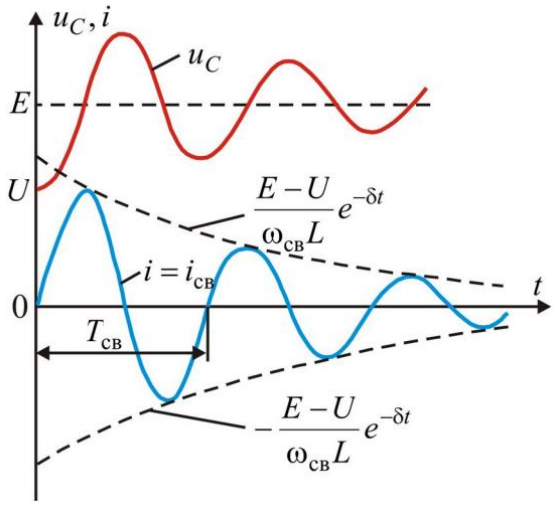
bunda $\sigma = \frac{R}{2L}$; $\varpi_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$



4.5.2-rasm. R, L sxemasini yoqish jarayoni.



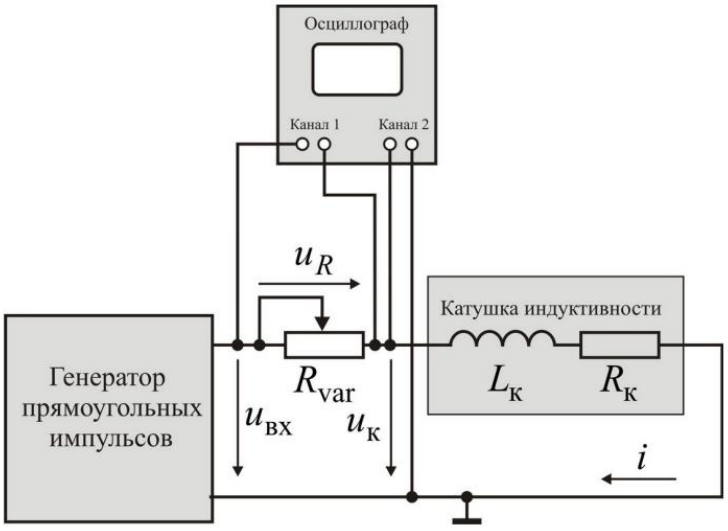
4.5.3-rasm. R, C sxemasini yoqish jarayoni.



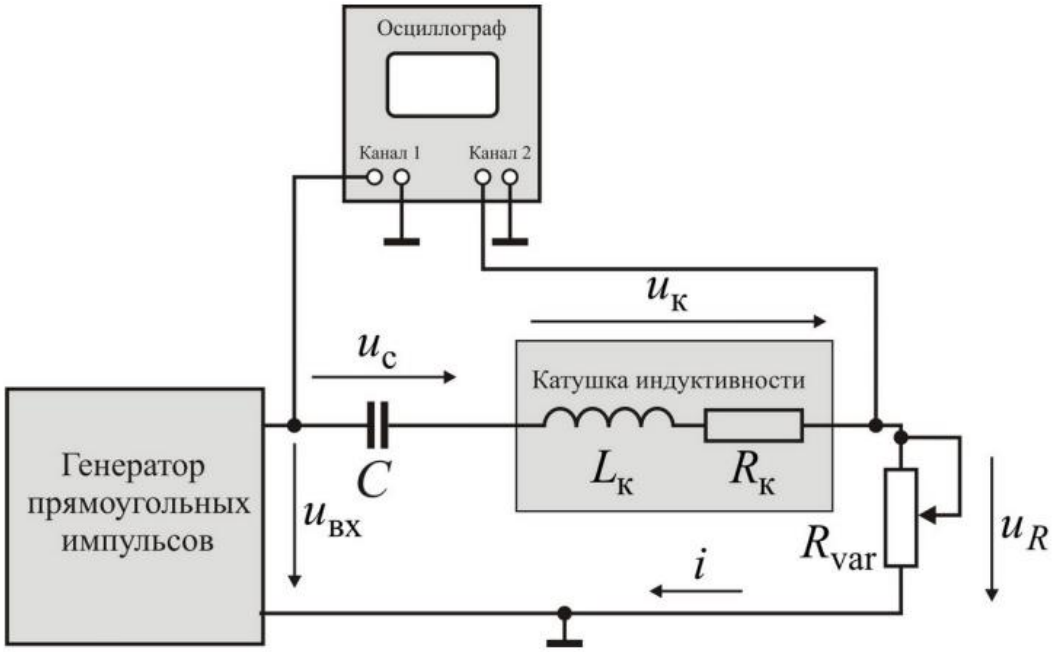
4.5.4-rasm. Konturga ulanganda tebranish jarayoni r, L, C doimiy EYUK bilan.

Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar

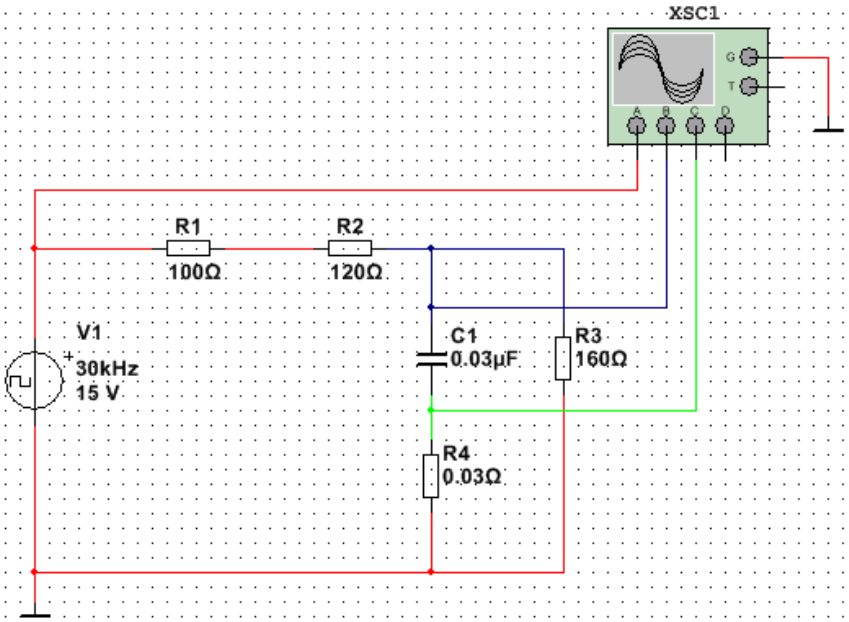
Zanjirlarni tadqiq qilish uchun Multisim dasturida modellashtirish va simulyatsiya qilish jarayonlari amalga oshiriladi.



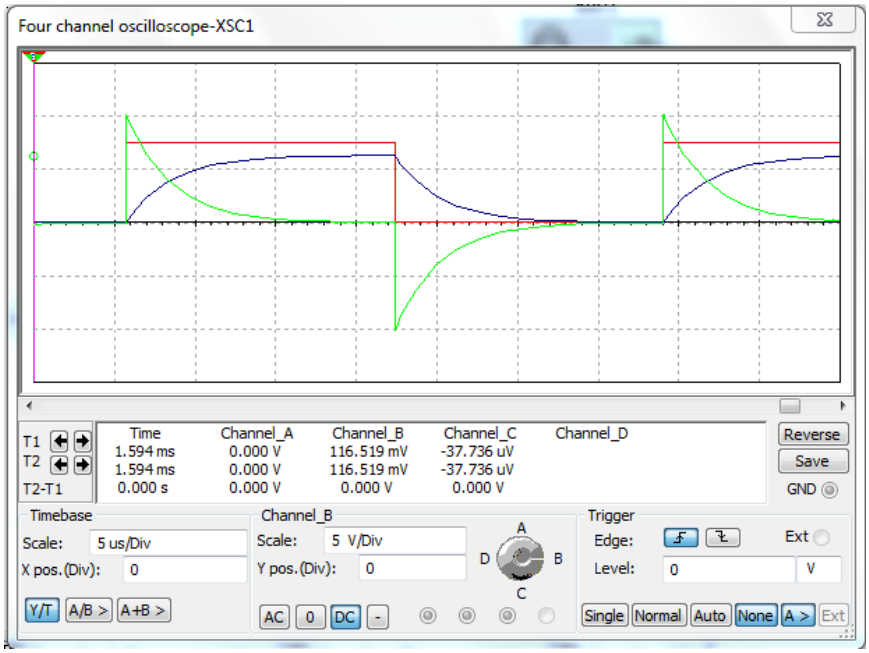
4.5.5-rasm. R, L zanjirini ulanishi.



4.5.6-rasm. R, L, C zanjirini ulanishi.



4.5.7-rasm. Multisim dasturida modellashtirish.



4.5.8-rasm. Amaliy tajriba va nazariy hisob-kitoblar natijalarini taqqoslash.

Nazorat uchun savollar:

1. Nima uchun induktiv g’altakdagi oqim va sig'imdagi kuchlanish keskin o‘zgarishi mumkin emas? Bu pozitsiya tajribalar natijalari bilan tasdiqlanganmi?

2. Mustaqil va bog'liq boshlang'ich shartlar nima, ularning bir-biridan farqi nimada? Bu farqni eksperimental natijalar bilan qanday ko‘rsatish mumkin?

3. Qanday qarshilik kritik qarshilik deb ataladi, uni qanday hisoblash mumkin?

4. Dekrement kamayishi nima?

5. Modellarni loyihalashda nimalarga etibor berish kerak?

4.6-§. Gazni quritish, tozalash tizimining imitasion modelini yaratish.

Ishdan maqsad: misollar yordamida gaz quritish, tozalash tizimini o‘rganish va uni modellashtirish bo‘yicha amaliy ko‘nikmalarga ega bo‘lish.

Nazariy qism.

Gaz konlarida ishlab chiqariladigan tabiy gaz turli iqlim zonalarini kesib o‘tuvchi gaz quvurlari orqali uzoq masofalarga iste'molchilarga yetkaziladi. Shu bois,

o‘rganilayotgan konlardan foydalanishda tabiy gazni tayyorlash sifatiga eng muhim e'tibor beriladi. Gazni tozalash sifatiga qo‘yiladigan asosiy talab - magistral gaz quvurining ish rejimlariga mos keladigan bosimlarda uglevodorodlar va suvning kondensatsiyasining yo‘qligi.

Bu talablar yer osti manbalaridan olinadigan tabiiy gazning tarkibida namlik, og‘ir uglevodorodlar va mexanik aralashmalar (turli xil eritmalar qoldiqlari, qum va boshqalar) mavjudligi bilan bog‘liq bo‘ladi. Tabiiy gazning suvsizlanishi butun tizimning muvaffaqiyatli ishlashi va uni yakuniy iste'molchiga yetkazish uchun eng muhim omil ekanligini aytishimiz mumkin. Suv bug'ining kontsentratsiyasining mavjudligi tabiiy gazni magistral gaz quvurlari orqali tashishda turli xil favqulodda vaziyatlarni keltirib chiqarishi mumkin.

Magistral quvurlarning xizmat qilish muddati korroziya tezligiga bog'liq, bu esa o‘z navbatida gazda namlik mavjudligiga bevosita bog'liq, chunki u metallning oksidlanishiga olib keladi. Bundan tashqari, gazlarda ortiqcha namlik mavjud bo‘lganda, gidratlarning paydo bo‘lishi ehtimoli mavjud bo‘lib, bu quvur liniyasining o‘tkazuvchanligini pasayishiga olib keladi, bu esa o‘z navbatida korxonaning texnologik asbob-uskunalarining shikastlanishiga olib keladi. Gidratlar suyuq uglevodorodlar bug'ining ortiqcha suv bilan birikmalari bo‘lib, ular tashish paytida gazdan kondensatsiyalanib, bir vaqtning o‘zida emulsiyalar hosil qiladi. Ish bosimida emulsiyalar odatda qattiq massalarga aylanib qoladi.

Gaz kondensati va gaz konlarida tabiy gazni tayyorlashning uchta usuli mavjud bo‘lib ular quyidagilar:

 tabiiy gazni absorbsion tozalash va quritish – suyuq uglevodorodlar va namlikni gaz oqimidan suyuq absorberlar (moylar, glikollar) yordamida olib tashlashga mo‘ljallangan texnologik jarayon;

 tabiiy gazni adsorbsion tozalash va quritish – qattiq absorberlar (qum, temir oksidi) yordamida gaz oqimidan suyuq uglevodorodlar va namlikni olib tashlashga mo‘ljallangan texnologik jarayon;

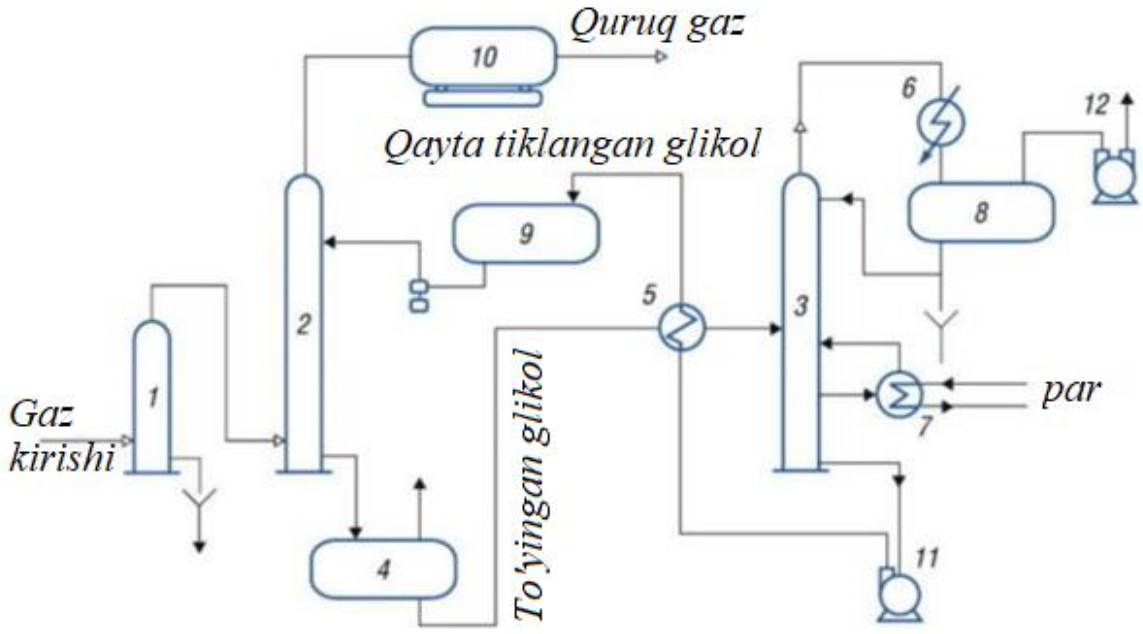
 tabiiy gazni past haroratda ajratish - past haroratlarda gaz oqimidan suyuq uglevodorodlar va namlikni olib tashlash uchun mo‘ljallangan texnologik jarayon.

Hozirda tabiy gazni tozalash va quritishning assimilyatsiya usuli eng keng tarqalgan, chunki bu usul past haroratli ajratish va adsorbsiyaga nisbatan bir qator texnologik va iqtisodiy afzalliklarga ega [2]:

- o‘rnatishni qurish uchun minimal xarajatlar (boshqa usullarga nisbatan taxminan 3 baravar past);
- minimal bosim tushishi - jarayonning uzluksizligi;
- jarayonni boshqarish qulayligi;
- yengil, ixcham va tashish mumkin bo‘lgan birliklarni ishlab chiqish qobiliyati;
- changni yutish (glikol)ning minimal yo‘qolishi;
- qattiq changni yutish bilan solishtirganda absorbentning eng uzoq xizmat qilish muddati;
- absorbentning arzonligi;
- zaharli qattiq moddalar (vodorod sulfidi) bo‘lgan gazdan namlikni olish imkoni mavjudligi.



4.6.1-rasm. Gaz absorberlarning tashqi ko‘rinishi.



4.6.2-rasm - Gazni quritish jarayonining texnologik sxemasi.

4.6.2-rasmda quyidagi belgilar qo‘llanilgan: *1 - ajratuvchi, 2 - absorber, 3 - regeneratsiya ustuni, 4 - fazali separator, 5 - issiqlik almashtirgich, 6 - kondensator, 7 - bug'lantiruvchi, 8, 9 - tanklar, 10 - nozik glikol yig'ish filtri, 11, 12 - nasoslar.*

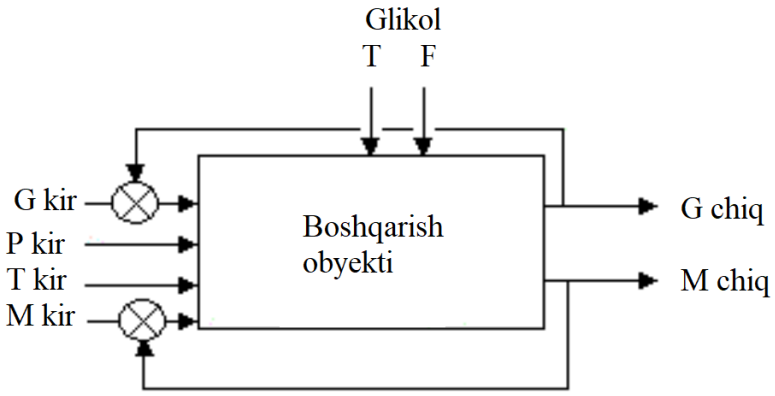
Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar

Absorbsion gazni quritishning texnologik jarayonini kirish, chiqish o‘zgaruvchilari va boshqa buzilishlar bilan boshqarish ob'ekti sifatida ko‘rib chiqamiz (4.6.3-rasm).

Modelning kirish parametrlariga gaz oqimi, bosim, harorat va namlik kiradi.

Chiqish o‘zgaruvchilari esa gaz oqimi va namlik kabi parametrlarni o‘z ichiga oladi. Boshqarish ob'ektiga jarayonning shartlarini tavsiflovchi boshqa buzilishlar ham ta'sir qiladi.

Bu o‘zgaruvchilar, bu holatda glikol, changni yutish oqimi tezligi va haroratini o‘z ichiga oladi. Chiqish o‘zgaruvchilari qiymatlari buzilishlar va kirish parametrlariga bog'liq. Ba'zi kirish parametrlari nazorat harakatlari sifatida ishlatiladi.

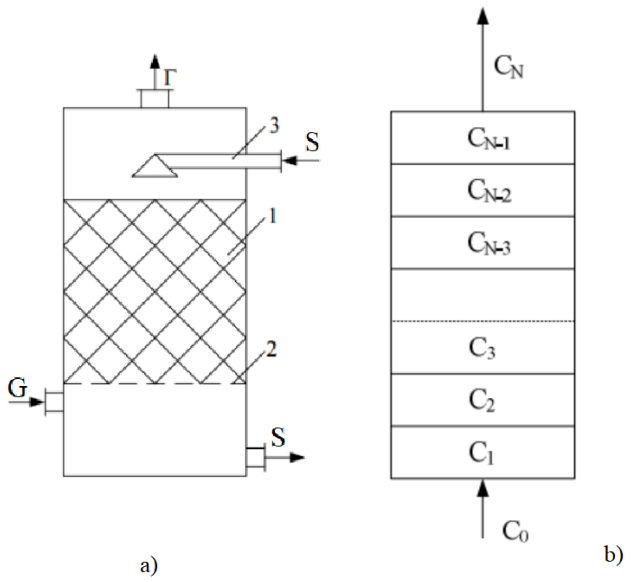


4.6.3-rasm – Texnologik jarayon boshqaruv obyekti sifatida.

Absorbsion gazni quritish jarayonining matematik tavsifi quyidagilarni o‘z ichiga olishi kerak:

- gaz-suyuqlik tizimidagi fazalar muvozanatining tavsifini;
- jarayonning kinetikasi, apparatdagi fazali oqimlarning tuzilishi tavsifi.

Bu xolatda ikkinchisiga etibor qaratiladi, chunki qurituvchi absorberda massa uzatish tezligi apparatdagi gidrodinamik rejimga bog'liq bo‘ladi. Qurituvchi absorberlar (4.6.4-rasm) suyuqlik va gaz orasidagi aloqa yuzasini oshirish uchun mo‘ljallangan, shu bilan birga turli shakldagi qattiq jismlar ham joylashgan ustunlar.



4.6.4-rasm a) Nasadkali absorber: 1 - nozul, 2 - panjara, 3 – tarqatuvhci chashka; b) nozulning yacheykali sxemasi.

$$\begin{cases} \frac{dC_1}{dt} = \frac{\upsilon \cdot N}{V}(C_0 - C_1) \\ \frac{dC_2}{dt} = \frac{\upsilon \cdot N}{V}(C_1 - C_2) \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots. \\ \frac{dC_N}{dt} = \frac{\upsilon \cdot N}{V}(C_{N-1} - C_N) \end{cases}$$

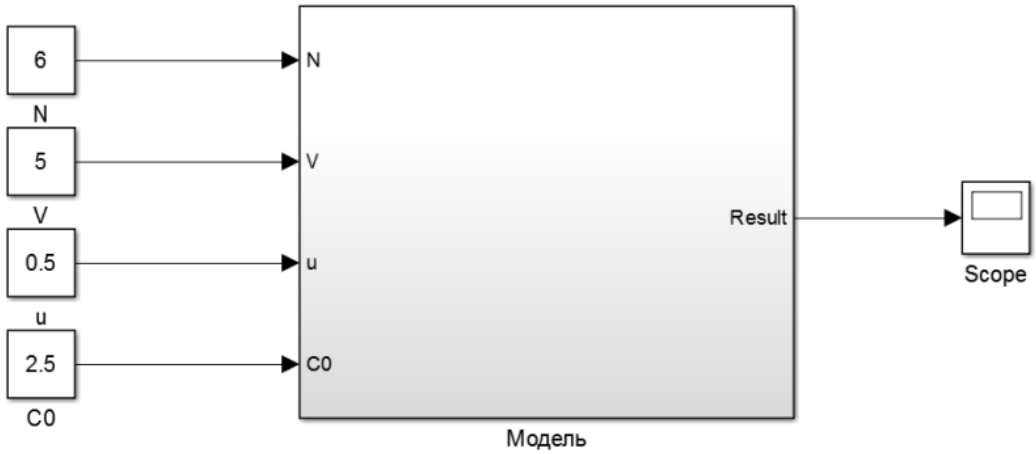
bunda: *V* – nozul hajmi, m^3; *v* – hajmli oqim tezligi, m^3/s; Ci - moddaning i-hujayradagi konsentratsiyasi.

V/u nisbati zarrachaning apparatdagi turish vaqti (τ) bo‘lgani uchun bu sistemani quyidagicha ifodalash mumkin bo‘ladi:

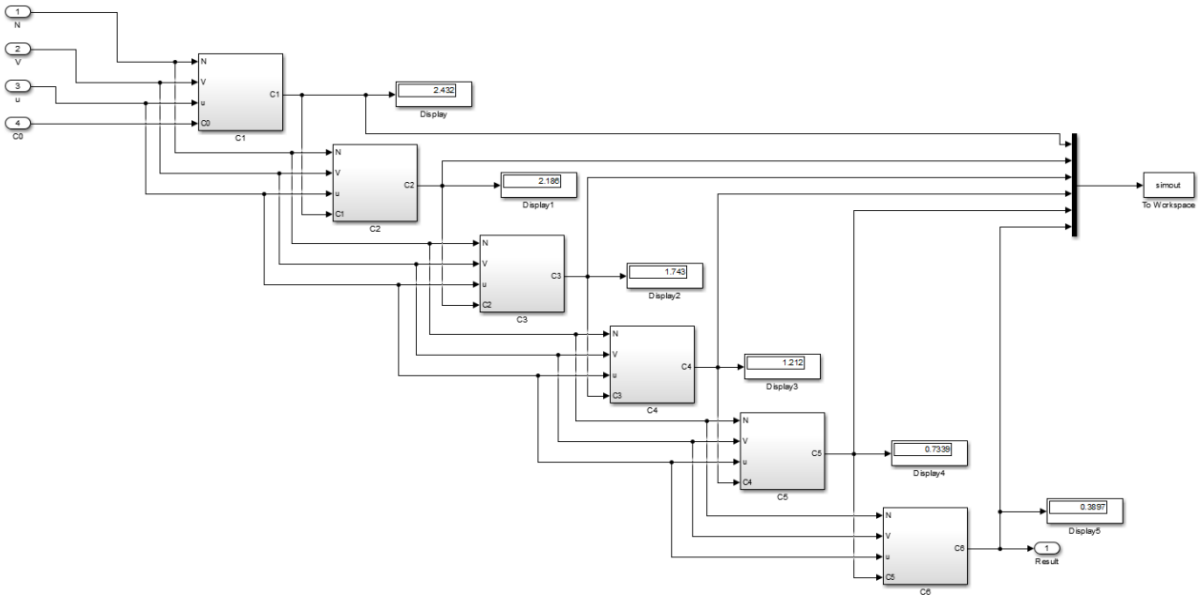
$$\begin{cases} \frac{dC_1}{dt} = \frac{N}{\tau}(C_0 - C_1) \\ \frac{dC_2}{dt} = \frac{N}{\tau}(C_1 - C_2) \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots. \\ \frac{dC_N}{dt} = \frac{N}{\tau}(C_{N-1} - C_N) \end{cases}$$

MatLab (Simulink) simulyatsiya muhitida u ishlab chiqilgan absorberning simulyatsiya modeli 4.6.5-rasmda keltirilgan. Modelning tuzilishi avval aytib o‘tilganidek, 6 bo‘limdan iborat (4.6.6-rasm). Har bir bo‘limda gazni suvsizlantirish amalga oshiriladi, ya'ni maqsadli komponentlardan gazni tozalash jarayoni (4.6.7-rasm).

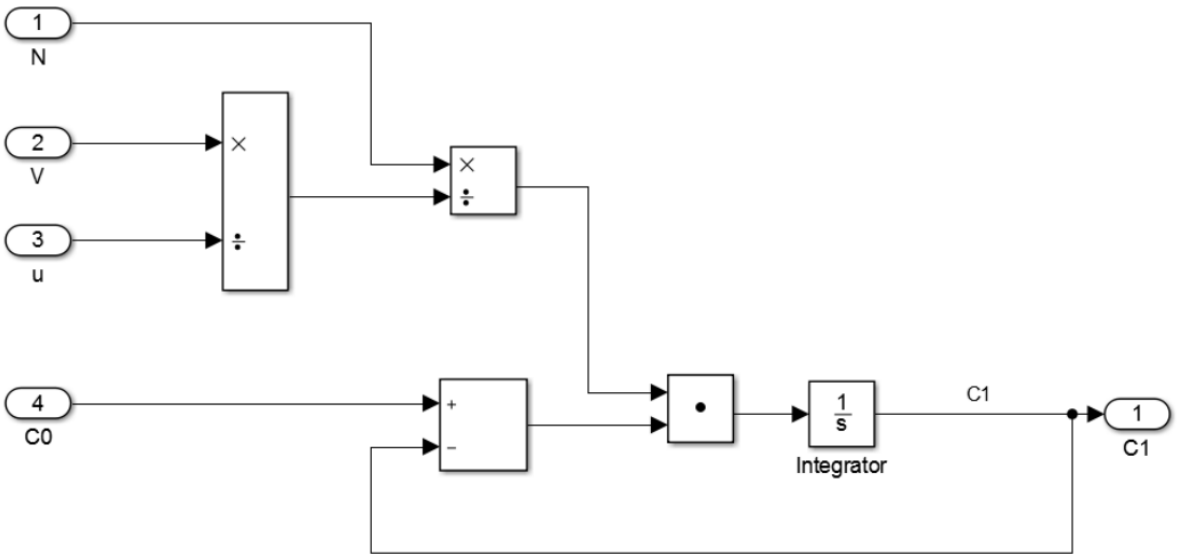
Ob'ekt parametrlarining qiymatlari N=6; V=5; u=0,5; C_0=2,5. Maqsadli komponentlar konsentratsiyasining absorber uchastkalariga nisbatan o‘zgarishlar grafigi 4.6.8.-rasmda keltirilgan.



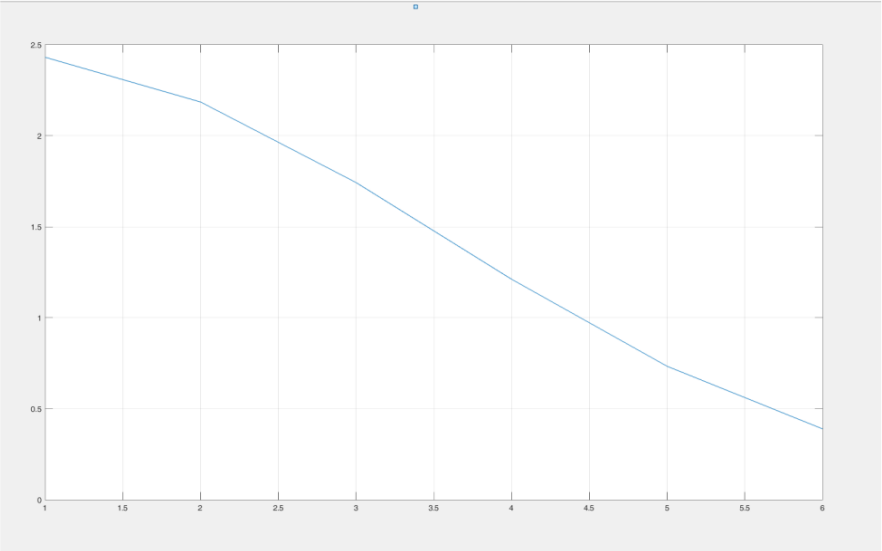
4.6.5-rasm. Absorberning imitasion modeli.



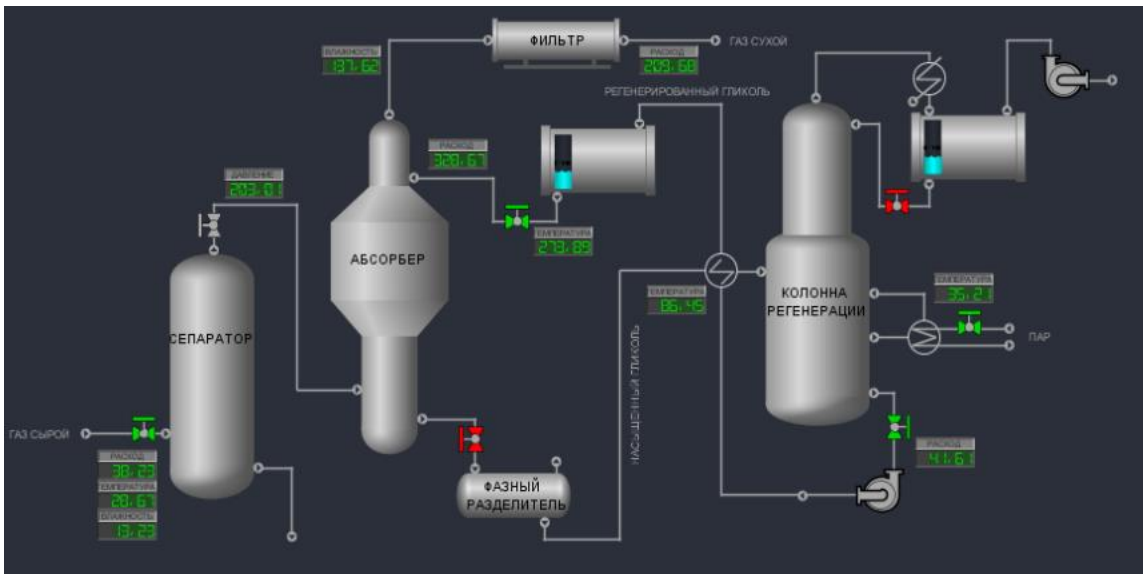
4.6.6-rasm. Aabsorber modelining MatLabda tuzilishi.



4.6.7-rasm – MatLab da gazni yutilish jarayonining matematik tavsifi ifodasi.



4.6.8-rasm - Absorber bo‘limlariga nisbatan konsentratsiyasining o‘zgarishlar grafigi.



4.6.9 – rasm. Gazni quritish jarayonini SCADA tizimida simulyatsiya qilingan koʻrinishi.

Mustaqil oʻrganish uchun topshiriq:

1. Gazni quritish texnologiyasini tavsifini oʻrganib chiqing.
2. Yuqorida koʻrsatilgan tartibda Matlabda gazni quritish jarayonini modellashtiring va tadqiq qiling.
3. Namunadan foydalanib gaz taqsimlash jarayonini Matlab dasturida modellashtiring.

Nazorat savollari:

1. Gazni qayta ishlash jarayonlarini tushuntiring
2. Tabiy gazni tozalash va quritishning assimilyatsiya usuli qanday usul?
3. Gaz kondensati va gaz konlarida tabiy gazni tayyorlashning nechta usuli mavjud va ular qaysilar?
4. Absorber nima va uning vazifasi qanday?
5. Tabiy gazning suvsizlanish nima uchun kerak?
6. Absorber boʻlimlariga nisbatan konsentratsiyasining oʻzgarishlar grafigida nima ifodalangan?

V-BOB. IMMITASION MODELLASHTIRISHGA OID LABORATORIYA MASHG'ULOTLARI

5.1. §. MATLAB muhitida oddiy ishlab chiqarish jarayonini modellashtirish

Ishdan maqsad: MATLAB muhitida ishlab chiqarish jarayonini modellashtirish ko'nikmasini shakllantirish, texnologik jarayonlarni algoritmlashtirish, navbat xizmat ko'rsatish vaqti va samaradorlikni tahlil qilish, imitatsion modellashtirish asoslarini o'rganish.

Nazariy qism.

Ishlab chiqarish jarayonlarini modellashtirish zamonaviy muhandislik tizimlarini tahlil qilish va optimallashtirishning muhim vositalaridan biri hisoblanadi. Modellashtirish jarayonida real tizimning asosiy xususiyatlari matematik yoki algoritmik shaklda ifodalanadi.

Oddiy ishlab chiqarish tizimi odatda quyidagi tarkibiy qismlardan iborat:

- kirish oqimi (detallarning tizimga kelib tushishi);
- xizmat ko‘rsatish jarayoni (detallarga ishlov berish);
- chiqish oqimi (tayyor mahsulotning tizimdan chiqishi).

Bunday tizimlarda asosiy parametrlar sifatida quyidagilar qaraladi:

- detallar kelish intervali (arrival time);
- ishlov berish davomiyligi (service time);
- navbat uzunligi va kutish vaqti.

Imitatsion modellashtirishda ushbu parametrlar ko‘pincha tasodifiy kattaliklar sifatida qabul qilinadi, bu esa real ishlab chiqarish sharoitlarini yanada aniqroq aks ettirish imkonini beradi.

Masalaning qo‘yilishi.

Mazkur laboratoriya ishida ishlab chiqarish uchastkasiga detallar tasodifiy vaqt oralig‘ida kelib tushadigan va ularga ishlov berish vaqti ham tasodifiy bo‘lgan tizim ko‘rib chiqiladi.

Tizim uchun quyidagi vazifalar belgilangan:

- 50 ta detal uchun ishlab chiqarish jarayonini modellashtirish;
- har bir detal uchun kutish vaqtini aniqlash;
- tizimdagi o‘rtacha kutish vaqtini hisoblash;
- uskunaning bandlik darajasini aniqlash.

Modellashtirish algoritmini tuzish.

Modellashtirish jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat:

1. Detallarning kelish vaqtlarini generatsiya qilish;
2. Har bir detal uchun ishlov berish vaqtlarini aniqlash;
3. Xizmat ko‘rsatish boshlanish vaqtini aniqlash (oldingi detal tugashiga bog‘liq holda);
4. Jarayon tugash vaqtlarini hisoblash;
5. Kutish vaqtlarini aniqlash;
6. Umumiy statistik ko‘rsatkichlarni hisoblash.

Uning dasturini tuzish.

Quyidagi dastur kodi MATLAB muhitida ishlab chiqarish jarayonini modellashtirishni amalga oshiradi:

```
clc;
clear;
n = 50;
arrival_time = cumsum(rand(1,n)*5);
service_time = rand(1,n)*4;
start_time = zeros(1,n);
finish_time = zeros(1,n);
waiting_time = zeros(1,n);
for i = 1:n
   if i == 1
      start_time(i) = arrival_time(i);
   else
```

```
        start_time(i) = max(arrival_time(i), finish_time(i-1));
    end
     finish_time(i) = start_time(i) + service_time(i);
    waiting_time(i) = start_time(i) - arrival_time(i);
end
avg_waiting = mean(waiting_time);
utilization = sum(service_time) / finish_time(end);
disp(['O''rtacha kutish vaqti: ', num2str(avg_waiting)]);
disp(['Uskuna bandligi: ', num2str(utilization)]);
```

Modellashtirish natijalari asosida tizimning ishlash samaradorligi baholanadi. Xususan, o‘rtacha kutish vaqti tizimdagi navbat darajasini ifodalaydi, uskunaning bandlik koeffitsienti esa uning qanchalik samarali ishlayotganini ko‘rsatadi.

Agar detallar kelish intensivligi ishlov berish tezligidan yuqori bo‘lsa, tizimda navbatlar ortib boradi va bu ishlab chiqarish samaradorligining pasayishiga olib keladi. Aksincha, xizmat ko‘rsatish tezligi yuqori bo‘lsa, tizim barqaror ishlaydi.

Laboratoriya ishi uchun variantlar jadvali. 5.1.1- jadval

Variant	**Detallar soni (n)**	**Kelish oralig‘i (min)**	**Xizmat vaqti (min)**	**Uskunalar soni**	**Izoh**
1	30	1–3	2–4	1	Oddiy tizim
2	40	1–4	2–5	1	Yuklama oshirilgan
3	50	2–5	3–6	1	Navbat ehtimoli yuqori
4	60	1–2	3–5	1	Tizim tiqilishi mumkin
5	50	3–6	2–3	1	Barqaror tizim
6	70	1–3	4–6	1	Yuqori yuklama

7	80	2–4	3–5	1	O‘rtacha yuklama
8	50	1–2	2–3	2	Ikki uskuna
9	60	2–3	2–4	2	Parallel xizmat
10	70	1–3	3–6	2	Murakkab tizim
11	90	2–5	4–7	2	Katta tizim
12	100	1–4	5–8	2	Maksimal yuklama
13	60	3–6	3–5	3	Samarador tizim
14	80	2–4	4–6	3	Optimal tizim
15	100	1–3	6–9	3	Stress-test

Talabalar uchun topshiriq

Har bir talaba o‘z variantiga ko‘ra:

1. MATLAB dasturini moslashtiradi.
2. Jarayonni modellashtiradi.
3. Quyidagilarni hisoblaydi:
   - o‘rtacha kutish vaqti
   - maksimal navbat uzunligi
   - uskuna bandligi
4. Natijalarni grafik ko‘rinishda chiqaradi .
5. Tahlil yozadi.

Talaba ishlab chiqarish jarayonini quyidagi ko‘rsatkichlar orqali ifodalaydi:

- ***arrival_time*** *— detallar kelish vaqti*
- ***service_time*** *— ishlov berish vaqti*
- ***start_time*** *— xizmat boshlanish vaqti*
- ***finish_time*** *— xizmat tugash vaqti*
- ***waiting_time*** *— kutish vaqti*

Tizim quyidagi mantiq asosida ishlaydi:

- *agar uskuna bo‘sh bo‘lsa → darhol xizmat boshlanadi*
- *aks holda → detal navbatda kutadi*

MATLAB muhitini tayyorlash.

Talaba MATLAB dasturini ishga tushirib, yangi script fayl yaratadi, ishchi muhit tozalanadi.

Talaba o‘z varianti bo‘yicha parametrlarni kiritadi:

```
n = 50; % detallar soni
arrival_time = cumsum(rand(1,n)*a); % kelish oralig‘i
service_time = rand(1,n)*b; % xizmat vaqti
```

Bu yerda: *a* — kelish oralig‘i koeffitsienti, *b* — xizmat vaqti koeffitsienti.

Har bir detal uchun quyidagilar aniqlanadi:

- *xizmat boshlanish vaqti;*
- *tugash vaqti;*
- *kutish vaqti.*

```
for i = 1:n
   if i == 1
      start_time(i) = arrival_time(i);
   else
      start_time(i) = max(arrival_time(i), finish_time(i-1));
   end
  finish_time(i) = start_time(i) + service_time(i);
   waiting_time(i) = start_time(i) - arrival_time(i);
end.
```

Samaradorlik ko‘rsatkichlarini quyidagi asosiy ko‘rsatkichlar orqali hisoblanadi:

```
avg_waiting = mean(waiting_time);
utilization = sum(service_time) / finish_time(end);
```

Natijalarni vizualizatsiya qilish. Jarayonni grafik ko‘rinishda ifodalash kerak:

```
figure;
```

plot(arrival_time); hold on;

plot(finish_time);

legend('Kelish','Tugash');

grid on;

Talaba quyidagilarni yozma ravishda tahlil qiladi:

- *tizimda navbat hosil bo‘ldimi*
- *qaysi holatda tizim yuklanib ketdi*
- *uskuna samaradorligi qanday*
- *parametrlar o‘zgarsa nima bo‘ladi*

Nazorat savollari:

1. Ishlab chiqarish jarayonini modellashtirish deganda nima tushuniladi va uning amaliy ahamiyati nimada?
2. Oddiy ishlab chiqarish tizimining asosiy tarkibiy qismlari nimalardan iborat?
3. MATLAB muhitida imitatsion modellashtirishning afzalliklari nimada?
4. **Arrival time** va **service time** tushunchalarining mazmunini izohlang.
5. Navbat (queue) qanday sharoitda hosil bo‘ladi?
6. Xizmat boshlanish vaqti (**start time**) qanday aniqlanadi?
7. Uskuna bandlik koeffitsienti qanday hisoblanadi va u nimani ifodalaydi?
8. Agar detallar kelish tezligi xizmat ko‘rsatish tezligidan yuqori bo‘lsa, tizimda qanday holat yuzaga keladi?
9. Modellashtirish natijalarini grafik ko‘rinishda ifodalashning ahamiyati nimada?
10. Ishlab chiqarish tizimining samaradorligini oshirish uchun qaysi parametrlarni o‘zgartirish mumkin?

5.2-§. Simulinkda ishlab chiqarish liniyasining oqim sxemasini yaratish.

Ishdan maqsad. Simulink muhiti yordamida ishlab chiqarish liniyasining oqim sxemasini yaratish, tizim elementlari o‘rtasidagi bog‘lanishlarni vizual modellashtirish hamda ishlab chiqarish jarayonlarini tahlil qilish ko‘nikmalarini shakllantirishdan iborat.

Asbob-uskunalar va dasturiy ta’minot. MATLAB + Simulink dasturi,

kompyuter yoki noutbook, loyihalash uchun Simulink kutubxonalari o’rnatilgan bo’lishi kerak.

Nazariy qism.

Simulink – bu MATLAB muhitida ishlaydigan ilg‘or vizual modellashtirish va simulyatsiya vositasidir. U murakkab dinamik tizimlarni loyihalash, tahlil qilish va sinovdan o‘tkazish imkonini beradi. Simulinkning asosiy afzalligi shundaki, tizimni matematik tenglamalar orqali emas, balki grafik bloklar va ularni bog‘lash orqali ifodalash mumkin. Bu esa, ayniqsa, talabalar va muhandislar uchun tizimning strukturasini tushunishni soddalashtiradi.

Simulinkning asosiy vazifasi – tizimlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini modellashtirishdir. Tizimlar doimiy vaqt (continuous-time) yoki diskret vaqt (discrete-time) modellar ko‘rinishida bo‘lishi mumkin. Har bir tizim elementi, masalan, signal manbasi, matematik operator yoki nazorat elementi, blok sifatida ifodalanadi. Bloklar orasidagi signal oqimlari chiziqlar orqali ulanadi, bu esa tizim jarayonlarini vizual ravishda kuzatishga imkon beradi.

Simulink foydalanuvchiga real vaqtda simulyatsiya va nazorat qilish imkonini ham beradi. Bu, ayniqsa, mechatronik tizimlar va robototexnika loyihalarini laboratoriya sharoitida sinashda muhimdir. Shuningdek, Simulink turli sanoat sohalari uchun maxsus kutubxonalar bilan ta’minlangan. Signalni qayta ishlash, nazorat tizimlari, robototexnika va mexanik tizimlar – bularning barchasi Simulinkning standart kutubxonalari orqali modellashtirilishi mumkin.

Simulinkning kuchli tomonlaridan biri MATLAB bilan bevosita integratsiyadir. MATLAB skriptlari yordamida tizim parametrlarini boshqarish,

natijalarni vizualizatsiya qilish va hisoblashlarni avtomatlashtirish mumkin. Bu kombinatsiya modellashtirish jarayonini tezkor, aniq va qulay qiladi. Tizim dizayneri nafaqat blok diagrammalarni tuzadi, balki natijalarni matematik analiz va optimizatsiya yordamida tekshiradi.

Simulinkning eng katta afzalligi – tizimni grafik interfeys orqali modellashtirish imkoniyati. Bu murakkab tizimlarni tushunishni osonlashtiradi va ularning ish faoliyatini tezkor sinovdan o‘tkazishga yordam beradi. Shuningdek, Simulink diskret va uzluksiz tizimlarni bir vaqtda modellashtirish imkonini beradi. Standartlashtirilgan bloklar va shablonlar esa loyihani qisqa vaqt ichida amalga oshirishga yordam beradi.

Simulink keng qo‘llaniladi: mashinasozlik va mechatronika, avtomobil sanoati, energetika tizimlari, aviatsiya va kosmik texnologiyalar, shuningdek, signal va ma’lumotlarni qayta ishlash sohalarida. Masalan, robotlar va avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish liniyalarini modellashtirish, ABS tizimlari va dvigatel boshqaruvini loyihalash, elektr tarmoqlari va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini sinash Simulink yordamida amalga oshiriladi.

Tizim modellashtirish jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat: birinchi navbatda tizim elementlari bloklar yordamida shakllantiriladi. Keyin bloklar orasidagi signal oqimlari chiziqlar orqali bog‘lanadi. Tizim parametrlarini sozlash va kirish signallarini belgilash amalga oshiriladi. Simulyatsiya vaqtini va hisoblash metodlarini tanlashdan so‘ng natijalar vizual ravishda tahlil qilinadi. Shu tarzda tizimning ishlash jarayoni ilmiy asosda o‘rganiladi va optimallashtiriladi.

Simulinkni asosiy bloklari va tavsifi **5.2.1-jadval**

№	Blok nomi	Tavsifi va vazifasi
1	**Constant**	Doimiy signal manbasi. Belgilangan qiymatni simulyatsiya davomida uzluksiz chiqaradi.
2	**Gain**	Signalni koeffitsiyent bilan ko‘paytiradi. Tizim parametrlarini modellashtirishda ishlatiladi.

3	**Sum**	Bir nechta kirish signallarini qo‘shadi yoki ayiradi. Belgilangan operatsiyalar (+, -) yordamida ishlaydi.
4	**Scope**	Tizimdan chiqqan signalni vaqt bo‘yicha vizualizatsiya qiladi. Signalning dinamikasini kuzatish uchun ishlatiladi.
5	**Integrator**	Kirish signalini integratsiyalaydi. Doimiy vaqt tizimlarida ishlashini modellashtirishda muhim.
6	**Step**	Bosqichli signal manbasi. Belgilangan vaqt nuqtasida signal qiymatini o‘zgartiradi, tizimning javobini sinashda qo‘llanadi.
7	**Transfer Fcn**	O‘tish funksiyasi bloklari. Tizimning uzluksiz vaqtli dinamik xatti-harakatini ifodalashga xizmat qiladi.
8	**Mux / Demux**	Signal oqimlarini birlashtirish (Mux) yoki ajratish (Demux) imkonini beradi. Ko‘p signalli tizimlarda qulay.
9	**Delay / Unit Delay**	Diskret vaqt tizimlarida signalni kechiktiradi. Signal oqimini nazorat qilish uchun ishlatiladi.
10	**From Workspace / To Workspace**	MATLAB muhitidagi ma’lumotlarni Simulinkga kiritish (From) yoki Simulink natijalarini MATLABga chiqarish (To) imkonini beradi.

Laboratoriya ishi uchun variantlar jadvali. 5.2.2-Jadval

№	Constant (ishlab chiqarish quvvati, birlik/soat)	Step boshlanish vaqti (soat)	Step qiymati buyurtma, birlik)	Integrator boshlang‘ich qiymat	Maqsad
1	10	5	15	0	Oddiy oqim va buyurtma javobi
2	12	3	20	0	Tezkor buyurtma va ortiqcha quvvat

3	8	4	10	0	Past quvvatli liniya sinovi
4	15	2	25	0	Yuqori quvvatli ishlab chiqarish
5	10	6	12	0	Kechikkan buyurtma holati
6	14	1	18	0	Oldindan buyurtma kelishi
7	9	3	15	0	O‘rta quvvatli liniya va sinov
8	11	5	20	0	Normal oqim va buyurtma
9	13	2	22	0	Yuqori quvvat + tez buyurtma
10	7	4	10	0	Past quvvat va standart buyurtma
11	12	6	18	0	Kechikish + ortiqcha buyurtma
12	10	2	15	0	Oddiy oqim + tez buyurtma
13	8	5	12	0	Past quvvat + kechikkan buyurtma
14	15	3	25	0	Yuqori quvvat + o‘rta buyurtma
15	11	4	20	0	Normal oqim + standart buyurtma

Laboratoriya ishini bajarish tartibi (1-variant misolida):

Berilgan shartlar **5.2.3 -jadval**

Blok nomi	Parametr	Qiymat
Constant	Ishlab chiqarish quvvati	10 birlik/soat
Step	Boshlanish vaqti	5 soat
Step	Buyurtma qiymati	15 birlik
Integrator	Boshlang‘ich qiymat	0

Simulink blok diagrammasini quramiz.

Kerakli bloklar:

Constant – *doimiy ishlab chiqarish quvvatini beradi.*

Step – *buyurtma kelishini modellashtiradi (5-soatdan keyin 15 birlik).*

Sum – *Constant va Step chiqishini qo‘shadi (yoki Step signali bilan farqni oladi).*

Integrator – *mahsulot yig‘ilishini hisoblaydi.*

Scope – *tizim javobini vaqt bo‘yicha ko‘rsatadi.*

Blok diagrammasi ko‘rinishi quyidagicha:

[Step] ----

[Constant] --> [Sum] --> [Integrator] --> [Scope]

- Step va Constant Sum blokiga kiradi.
- Sum chiqishi Integrator blokiga ulanadi.
- Integrator chiqishi Scope blokiga ulanadi.

Laboratoriya ishni bajarish tartibi quyidagicha:

- ✓ MATLABni ishga tushiring.
- ✓ Simulink yangi modelini oching (New > Model).
- ✓ Quyidagi bloklarni joylashtiring: Constant, Step, Sum, Integrator, Scope.
- ✓ Bloklarni yuqoridagi sxemaga muvofiq ulang.
- ✓ Har bir blok parametrlarini jadvaldagi qiymatlarga moslang.
- ✓ Modelni Run tugmasi orqali ishga tushiring.
- ✓ Scope blokida signal oqimini kuzating.

Olingan natijalarni tahlil qiling:

- o Scope blokida ishlab chiqarish liniyasining umumiy oqimini vaqt bo‘yicha kuzating.
- o 5-soatdan keyin Step signali bilan bog‘liq o‘sishni aniqlang.
- o Tizimning zaxira yoki ortiqcha mahsulot holatini baholang.

- Kerak bo‘lsa, Constant yoki Step qiymatlarini o‘zgartirib, tizim javobini qayta kuzating.

Nazorat savollari

2. Simulink nima va u qaysi muhitda ishlaydi?
3. Constant blokning vazifasi nima?
4. Step blokni qachon va nima uchun ishlatish kerak?
5. Sum blok qanday operatsiyalarni bajaradi?
6. Integrator bloki ishlab chiqarish liniyasida qanday ma’lumot beradi?
7. Scope blokining vazifasi nima?
8. Unit Delay yoki Delay bloklari qaysi holatlarda ishlatiladi?
9. Mux va Demux bloklari qanday vazifani bajaradi?
10. MATLAB bilan Simulink integratsiyasining afzalliklari nimada?
11. Ishlab chiqarish liniyasida kirish signalini qanday sozlash mumkin?
12. Ishlab chiqarish liniyasida buyurtma kelishi bilan tizim javobi qanday kuzatiladi?
13. Tizim parametrlari o‘zgartirilganda integrator blokining chiqishi qanday o‘zgaradi?
14. Ishlab chiqarish liniyasidagi ortiqcha mahsulot va zaxirani qanday aniqlash mumkin?
15. Signal oqimini vizual kuzatish tizimni optimallashtirishga qanday yordam beradi?
16. Ishlab chiqarish liniyasi modellashtirilganda tizimning vaqt bo‘yicha javobini tahlil qilish jarayoni qanday bosqichlardan iborat?

5.3. §. Navbat tizimini (Queueing system) Matlab modeli

Ishdan maqsad: talabalarni M/M/1 tipidagi oddiy navbat tizimini (bir kirish oqimi, eksponensial taqsimotli kelish vaqt oralig‘i, bitta xizmat ko‘rsatuvchi, cheksiz navbat) MATLAB + Simulink yordamida modellashtirish, simulyatsiya qilish va

asosiy ko‘rsatkichlarni (o‘rtacha navbat uzunligi, kutish vaqti, tizimdagi mijozlar soni, yuklanish darajasi) hisoblashga o‘rgatish.

Asbob-uskunalar va dasturiy ta’minot. Matlab dasturi, kompyuter yoki noutbook, loyihalash uchun Simulink kutubxonalari o’rnatilgan bo’lishi kerak.

Nazariy qism.

M/M/1 modeli — eng oddiy va klassik SMO turi bo‘lib, real hayotdagi bank kassasi, do‘kon kassasi, server yoki telefon markazi kabi tizimlarni taxminiy modellashtirish uchun ishlatiladi.

Sistema massaviy xizmat ko‘rsatish (navbat tizimi) — bu mijozlar oqimi kelib, xizmat ko‘rsatuvchi qurilmalar (serverlar) tomonidan qayta ishlanadigan tizimdir. Real hayotda bunday tizimlarga misollar: bank kassalari, do‘kon kassalari, telefon markazlari, kompyuter serverlari, avtomobil yuvish shoxobchalari va h.k.

Mijozlarning kelishi va xizmat ko‘rsatish vaqti tasodifiy bo‘lgani uchun, navbat tizimlarini tahlil qilish uchun ehtimollar nazariyasi va navbat nazariyasi (Queuing Theory) qo‘llaniladi.

Kendall belgilash tizimi bo’yicha navbat tizimlari quyidagi belgilash bilan tavsiflanadi: A/B/m/K, bu yerda:

A — kelish jarayoni turi (M — Markov, ya’ni Puasson jarayoni / eksponensial taqsimot);

B — xizmat ko‘rsatish vaqti turi (M — eksponensial taqsimot);

m — xizmat ko‘rsatuvchilar (serverlar) soni;

K — navbat sig‘imi (cheksiz bo‘lsa, ko‘rsatilmaydi).

M/M/1 modeli — eng oddiy va keng tarqalgan navbat tizimi:

Kelish jarayoni — Puasson jarayoni (eksponensial taqsimotli kelish vaqt oralig‘i);

Xizmat ko‘rsatish vaqti — eksponensial taqsimot;

Bitta xizmat ko‘rsatuvchi (server);

Navbat sig‘imi — cheksiz.

Bu model ko‘plab real tizimlarni dastlabki taxminiy tahlil qilish uchun qo‘llaniladi.

Asosiy parametrlar

λ — mijozlarning o‘rtacha kelish intensivligi (bir vaqt birligida keladigan mijozlar soni);

μ — xizmat ko‘rsatishning o‘rtacha intensivligi (bir vaqt birligida xizmat ko‘rsatiladigan mijozlar soni);

ρ — tizim yuklanishi: $\rho = \lambda / \mu$

Tizim barqaror (stabil) ishlashi uchun $\rho < 1$ sharti bajarilishi kerak. Agar $\rho \geq 1$ bo‘lsa, navbat cheksiz o‘sib boradi va tizim barqaror bo‘lmaydi.

M/M/1 modelining asosiy formulalari (steadi-state, barqaror holat uchun)

Tizim yuklanishi (server bandlik darajasi): $\rho = \lambda / \mu$

Bo‘sh server ehtimolligi (hech kim yo‘q holati): $P_0 = 1 - \rho$

Tizimdagi o‘rtacha mijozlar soni (Ls yoki L): $Ls = \rho / (1 - \rho)$

Navbatdagi o‘rtacha mijozlar soni (Lq): $Lq = \rho^2 / (1 - \rho)$ (yoki $Lq = Ls - \rho$)

Mijozning tizimdagi o‘rtacha vaqti (Ws yoki W): $Ws = 1 / (\mu - \lambda)$ (yoki $Ws = Ls / \lambda$ — Little qonuni bo‘yicha)

Mijozning navbatdagi o‘rtacha kutish vaqti (Wq): $Wq = \rho / (\mu - \lambda)$ (yoki $Wq = Lq / \lambda$)

Little qonuni (barcha navbat tizimlarida bajariladi): $L = \lambda \times W$ Bu qonun tizimdagi o‘rtacha mijozlar sonini kelish intensivligi va o‘rtacha vaqt orqali bog‘laydi.

Mijozlar soni bo‘yicha ehtimollik taqsimoti M/M/1 modelida tizimdagi mijozlar soni n bo‘lish ehtimolligi geometrik taqsimotga ega: $Pn = (1 - \rho) \times \rho^n$, $n = 0, 1, 2, ...$

ρ qiymati 1 ga yaqinlashganda (masalan, 0.9 va undan yuqori) navbat uzunligi va kutish vaqti keskin ortadi. Bu “tirbandlik effekti” deb ataladi.

Simulyatsiya natijalari nazariy qiymatlarga yaqinlashishi uchun simulyatsiya vaqtini yetarlicha uzun (1000–10000 va undan ortiq vaqt birligi) olish tavsiya etiladi. Nazariy formulalar faqat $\rho < 1$ bo‘lganda va uzoq muddatli barqaror holat uchun to‘g‘ri keladi.

Ushbu nazariy asoslar laboratoriya ishida M/M/1 modelini Simulink yoki MATLAB skriptida qurish, simulyatsiya qilish va olingan empirik natijalarni nazariy qiymatlar bilan solishtirish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Oddiy MATLAB skript (m-fayl) yordamida diskret voqea simulyatsiyasi

(SimEvents bo‘lmasa ham ishlaydi. Eng tavsiya etiladigan usul laboratoriya ishi uchun.)

Quyidagi to‘liq kodni yangi mm1_simulation.m fayliga joylashtiring va ishga tushiring:

```
clc; clear all; close all;
% ==================== Parametrlar ====================
lambda = 0.8;      % Kelish intensivligi (mijoz/vaqt birligi)
mu = 1.0;          % Xizmat intensivligi
simulation_time = 10000;  % Simulyatsiya davomiyligi (vaqt birligi)
num_customers = 5000;     % Yetarli mijozlar soni (vaqt yetarli bo'lishi uchun)
% ======= Tasodifiy vaqtlar generatsiyasi ====================
rng('default');  % Takrorlanuvchanlik uchun
inter_arrival_times = exprnd(1/lambda, 1, num_customers);    % Kelish oralig'i (eksponensial)
service_times = exprnd(1/mu, 1, num_customers);                % Xizmat vaqti (eksponensial)
arrival_times = cumsum(inter_arrival_times);   % Har bir mijozning kelish vaqti
% ==================== Simulyatsiya ====================
departure_times = zeros(1, num_customers);
waiting_times = zeros(1, num_customers);   % Navbatdagi kutish vaqti
system_times = zeros(1, num_customers);    % Tizimdagi umumiy vaqt
server_free_time = 0;   % Server bo'sh bo'ladigan vaqt
for i = 1:num_customers
    arrival = arrival_times(i);
     % Xizmat boshlanish vaqti
    start_service = max(arrival, server_free_time);
```

```
    % Kutish vaqti
    waiting_times(i) = start_service - arrival;
    % Xizmat tugash vaqti
    departure = start_service + service_times(i);
    departure_times(i) = departure;
    % Tizimdagi vaqt
    system_times(i) = departure - arrival;
    % Server yangi bo'sh vaqt
    server_free_time = departure;
end
%================== Empirik natijalar ====================
avg_waiting_time_sim = mean(waiting_times); % O'rtacha kutish vaqti (Wq)
avg_system_time_sim = mean(system_times);  % O'rtacha tizimdagi vaqt (Ws)
avg_queue_length_sim = lambda * avg_waiting_time_sim; % Little qonuni bo'yicha Lq
avg_system_length_sim = lambda * avg_system_time_sim; % Ls

%================= Nazariy natijalar ====================
rho = lambda / mu;
Ls_theory = rho / (1 - rho);
Lq_theory = rho^2 / (1 - rho);
Ws_theory = 1 / (mu - lambda);
Wq_theory = rho / (mu - lambda);

% ============== Natijalarni chiqarish ====================
fprintf('=== M/M/1 NAVBAT TIZIMI SIMULYATSIYASI ===\n\n');
fprintf('Parametrlar:\n');
fprintf('Kelish intensivligi (lambda) = %.2f\n', lambda);
fprintf('Xizmat intensivligi (mu)     = %.2f\n', mu);
fprintf('Yuklanish darajasi (rho)     = %.4f\n\n', rho);
```

```
fprintf('Nazariy natijalar:\n');
fprintf('O‘rtacha tizimdagi mijozlar (Ls)   = %.4f\n', Ls_theory);
fprintf('O‘rtacha navbatdagi mijozlar (Lq)  = %.4f\n', Lq_theory);
fprintf('O‘rtacha tizimdagi vaqt (Ws)       = %.4f\n', Ws_theory);
fprintf('O‘rtacha kutish vaqti (Wq)         = %.4f\n\n', Wq_theory);
fprintf('Simulyatsiya natijalari:\n');
fprintf('O‘rtacha kutish vaqti (Wq)         = %.4f\n', avg_waiting_time_sim);
fprintf('O‘rtacha tizimdagi vaqt (Ws)       = %.4f\n', avg_system_time_sim);
fprintf('O‘rtacha navbat uzunligi (Lq)      = %.4f\n', avg_queue_length_sim);
fprintf('O‘rtacha tizimdagi mijozlar (Ls)   = %.4f\n', avg_system_length_sim);
% ==================== Grafiklar ====================
figure('Name','Navbat tizimi statistikasi','NumberTitle','off');
subplot(2,2,1);
plot(arrival_times(1:100), waiting_times(1:100), 'b.-');
xlabel('Kelish vaqti'); ylabel('Kutish vaqti');
title('Birinchi 100 mijozning kutish vaqti');
subplot(2,2,2);
histogram(waiting_times, 30);
xlabel('Kutish vaqti'); ylabel('Chastota');
title('Kutish vaqti taqsimoti');
subplot(2,2,3);
stairs(arrival_times(1:200), (1:200)./arrival_times(1:200), 'r');
xlabel('Vaqt'); ylabel('O‘rtacha kelish tezligi');
title('Kelish jarayoni');
subplot(2,2,4);
bar([Lq_theory, avg_queue_length_sim; Ls_theory, avg_system_length_sim]);
legend('Nazariy','Simulyatsiya');
set(gca,'XTickLabel',{'Lq (navbat)','Ls (tizim)'});
title('Nazariy va simulyatsiya solishtirish');
grid on;
```

Laboratoriyai ishini bajarish uchun variantlar:

5.3.1-jadval

Variant	λ (kelish intensivligi)	μ (xizmat intensivligi)	ρ = λ/μ (yuklanish)
1	0.5	1.0	0.50
2	0.7	1.0	0.70
3	0.8	1.0	0.80
4	0.9	1.0	0.90
5	1.2	2.0	0.60
6	1.5	2.0	0.75
7	1.6	2.0	0.80
8	1.8	2.0	0.90
9	2.0	3.0	0.667
10	2.5	3.0	0.833
11	3.0	4.0	0.75
12	3.5	4.0	0.875
13	4.0	5.0	0.80
14	4.5	5.0	0.90
15	5.0	6.0	0.833

Nazorat savollari:

1. M/M/1 modeli nima? Ushbu modelning asosiy xususiyatlarini tushuntiring.

2. ρ nima? Uni qanday hisoblaymiz? Tizim barqaror ishlashi uchun ρ qanday shart bajarilishi kerak?

3. M/M/1 modelida o‘rtacha navbatdagi mijozlar soni (Lq) va o‘rtacha tizimdagi mijozlar soni (Ls) ni hisoblash formulalarini yozing. Ular o‘rtasidagi farqni tushuntiring.

4. Little qonuni nima? Uni M/M/1 modeli misolida tushuntiring va Ls = λ × Ws formulasini qo‘llab misol keltiring.

5. Mijozning navbatdagi o‘rtacha kutish vaqti (Wq) va tizimdagi o‘rtacha vaqt (Ws) ni hisoblash formulalarini yozing. Bu ikki ko‘rsatkich o‘rtasidagi bog‘liqlikni izohlang.

6. MATLABda M/M/1 modelini simulyatsiya qilish uchun qanday usullardan foydalaniladi? Simulink + SimEvents va oddiy MATLAB skript usullarining afzallik va kamchiliklarini solishtiring.

7. Simulyatsiya natijalari nazariy qiymatlardan farq qilishi mumkin. Buning asosiy sabablari nimalar? Simulyatsiya natijalarini aniqroq qilish uchun nima qilish kerak?

8. ρ qiymati ortganda (masalan, 0.5 dan 0.9 gacha) navbat uzunligi va kutish vaqti qanday o‘zgaradi? Nima uchun $\rho \to 1$ ga yaqinlashganda tizimda “tirbandlik effekti” yuzaga keladi? Misol keltiring.

9. MATLAB skriptida exprnd() funksiyasi nima uchun ishlatiladi? Kelish vaqt oralig‘i va xizmat vaqtini generatsiya qilishda qanday taqsimot qo‘llaniladi va nima uchun aynan shu taqsimot tanlanadi?

10. Real hayotda M/M/1 modelini qanday tizimlarda qo‘llash mumkin? Kamida 3 ta misol keltiring va har birida λ va μ ni taxminiy qiymatlar bilan izohlang. Modelning cheklovlarini ham aytib o‘ting.

5.4. §. Resurslardan foydalanish samaradorligini MATLAB yordamida hisoblash

Ishdan maqsad: talabalarda ishlab chiqarish tizimlarida resurslardan (xomashyo, energiya, vaqt, mehnat) foydalanish samaradorligini hisoblash ko‘nikmalarini shakllantirish hamda MATLAB muhitida oddiy matematik modellarni dasturlashni o‘rgatish.

Asbob-uskunalar va dasturiy ta’minot. Matlab dasturi, kompyuter yoki noutbook, loyihalash uchun Simulink kutubxonalari o’rnatilgan bo’lishi kerak.

Nazariy qism.

Ishlab chiqarish tizimlarida resurs samaradorligi quyidagi asosiy ko‘rsatkichlar orqali baholanadi:

1. Umumiy samaradorlik:

$$\eta = \frac{Foydali\ chiqish}{Sarflangan\ resurs}$$

1. Mehnat samaradorligi:

$$E_m = \frac{Ishlab\ chiqarilgan\ mahsulot}{Ishchi\ soatlari}$$

2. Energiya samaradorligi:

$$E_e = \frac{Mahsulot\ miqdori}{Energiya\ sarfi}$$

4. Resurslardan foydalanish koeffitsienti:

$$K_r = \frac{Amalda\ ishlatilgan\ resurs}{Rejalashtirilgan\ resurs}$$

Amaliyotda ushbu ko‘rsatkichlar ishlab chiqarish jarayonini optimallashtirish, yo‘qotishlarni kamaytirish va raqamli boshqaruv tizimlarini yaratishda muhim ahamiyatga ega.

Matlab dasturida asosiy kod quyidagicha:

```
clc;
clear;
% Kirish ma'lumotlari
output_product = 1200;      % ishlab chiqarilgan mahsulot (dona)
labor_hours = 300;          % ishchi soatlari
energy = 500;               % energiya sarfi (kWh)
resource_plan = 600;        % rejalashtirilgan resurs
resource_actual = 540;      % amalda ishlatilgan resurs
```

% 1. Umumiy samaradorlik

efficiency = output_product / resource_actual;

% 2. Mehnat samaradorligi

labor_eff = output_product / labor_hours;

% 3. Energiya samaradorligi

energy_eff = output_product / energy;

% 4. Resursdan foydalanish koeffitsienti

Kr = resource_actual / resource_plan;

% Natijalarni chiqarish

fprintf('Umumiy samaradorlik: %.2f\n', efficiency);

fprintf('Mehnat samaradorligi: %.2f dona/soat\n', labor_eff);

fprintf('Energiya samaradorligi: %.2f dona/kWh\n', energy_eff);

fprintf('Resurs foydalanish koeffitsienti: %.2f\n', Kr);

Laboratoriya ishini bajarish uchun variantlar:

5.4.1-jadval

№	Mahsulot (dona)	Ishchi soat	Energiya (kWh)	Reja resurs	Amalda resurs
1	1000	250	400	500	450
2	1200	280	450	520	480
3	1500	320	600	700	650
4	900	200	350	400	380
5	2000	400	800	900	850
6	1100	270	500	550	530
7	1300	300	520	600	580
8	1400	310	560	620	600
9	1600	350	650	750	720
10	1700	360	700	800	770
11	1800	380	720	820	790
12	1900	390	760	850	820
13	2100	420	850	950	900
14	2200	450	900	1000	960
15	2500	500	1000	1100	1050

Nazorat savollari:

1. Resurs samaradorligi nima?
2. MATLABda oddiy iqtisodiy model qanday tuziladi?

3. Mehnat samaradorligi qanday hisoblanadi?
4. Energiya sarfi ishlab chiqarishga qanday ta’sir qiladi?
5. Resurslardan optimal foydalanish nima degani?
6. Grafik tahlil nima uchun kerak?
7. Efficiency koeffitsienti qanday talqin qilinadi?
8. Real ishlab chiqarishda bu model qayerda qo‘llaniladi?

5.5. §. Arena dasturida oddiy ishlab chiqarish liniyasini modellashtirish.

Ishdan maqsad: talabalarda Arena dasturi yordamida ishlab chiqarish liniyalarini imitatsion modellashtirish ko‘nikmalarini shakllantirish va rivojlantirishdan iborat. Ushbu ish davomida talabalar ishlab chiqarish jarayonlarini tizimli tahlil qilish va model ko‘rinishida ifodalashni o‘rganadi;

Arena muhitida asosiy bloklar (Create, Process, Dispose) yordamida model qurish ko‘nikmasini hosil qiladi; ishlab chiqarish tizimida navbatlar, resurslar va jarayon vaqtlarini modellashtirishni o‘zlashtiradi; tizim samaradorligini baholash uchun asosiy ko‘rsatkichlarni (navbat uzunligi, resurs yuklanishi, xizmat ko‘rsatish vaqti) aniqlaydi; ishlab chiqarishdagi joylar (bottleneck)ni aniqlash va ularni bartaraf etish usullarini tahlil qiladi; model asosida qaror qabul qilish va optimallashtirish ko‘nikmalarini rivojlantiradi.

Asbob-uskunalar va dasturiy ta’minot. Arena dasturi, kompyuter yoki noutbook, loyihalash uchun Simulink kutubxonalari o’rnatilgan bo’lishi kerak.

Nazariy qism.

Mahsulotlarini olish uchun yig'ish liniyasidan foydalanadigan sanoat tarmoqlari hozirda katta qiyinchiliklarni boshdan kechirmoqda. Birinchisi, bozor talab qiladigan xilma-xillik tufayli ko'p sonli mahsulot modellari va ularning variantlarini o'z liniyalarida yig'ish zarurati.

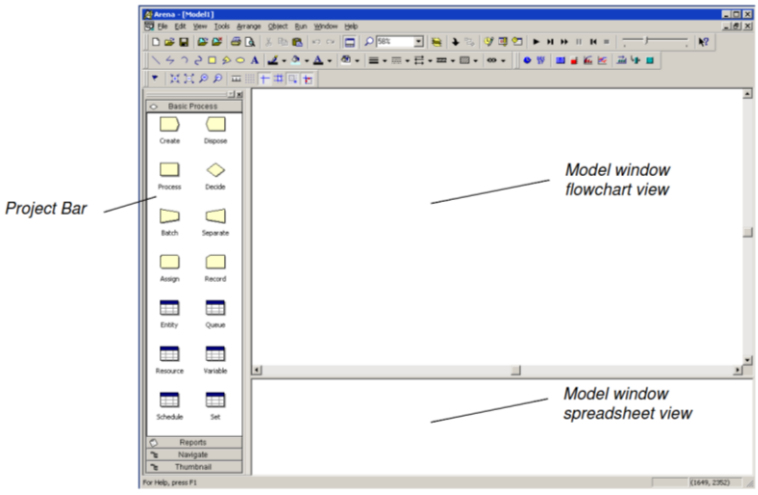
Yana bir qiyinchilik - bu yetarli darajada ishchi kuchi va boshqa foydalanilgan resurslarni saqlab qolish zarurati. Ushbu stsenariyda muvozanatlash operatsiyalari faolligi paydo bo'ladi.

Liniyaning samaradorligini oshirish va operatsion xarajatlarini kamaytirish uchun ish stantsiyalari o'rtasida muvozanatlash faoliyati amalga oshiriladi. Ular turli usullar bilan, masalan: aniq, evristika, meta-evristika usullari yoki simulyatsiya[1] yordamida amalga oshirilishi mumkin.

Shuning uchun, ushbu laboratoriya ishining maqsadi ARENA simulyatsiyasini qo'llash orqali uni hal qilish uchun boshqa usulni qo'llash xisoblanadi Ushbu ishda mototsikl ishlab chiqaruvchi kompaniyalardan birida yuzaga kelgan muammolarni hal qilish uchun ARENA simulyatsiyasi qanday taklif qilinishini ko'rsatib o’tilgan.

Hozirgi vaqtda samarali tizimlar barcha modellar uchun juda qisqa ishlab chiqarish vaqti, avtomatlashtirishning yuqori darajasi, yangi texnologiyalarga ehtiyoj va yig'ish liniyalarini qurish uchun yuqori xarajatlar bilan tavsiflanadi. Bu xususiyatlar dizaynerlarni yangi muammolar haqida xabardor qildi va shu bilan ularni yangi chiziqlar yaratishga va chiziqlarni tez-tez takomillashtirishga, shuningdek, chiziqlarni loyihalashni osonlashtiradigan tegishli va aniq dasturiy vositalarni yaratishga majbur qiladi.

Arena dasturiy muhitining ishchi muxiti quyudagicha:



5.5.1-rasm. Arena dasturi ishchi muxiti.

Loyiha paneli odatda Arena dastur oynasining chap tomoniga joylashtiriladi, ammo boshqa asboblar paneli kabi boshqa joyga joylashtirilishi ham mumkin.

Arena dasturida jarayonni modellashtirish uchun dastur oynasining uchta asosiy mintaqasida ishlanadi.

Loyiha panelida ishlaydigan asosiy obyekt turlariga ega panellar joylashgan:

1. Asosiy jarayonlar paneli: Jarayonni aniqlash uchun foydalanadigan modullar deb nomlangan modellashtirish shakllarini o'z ichiga oladi.

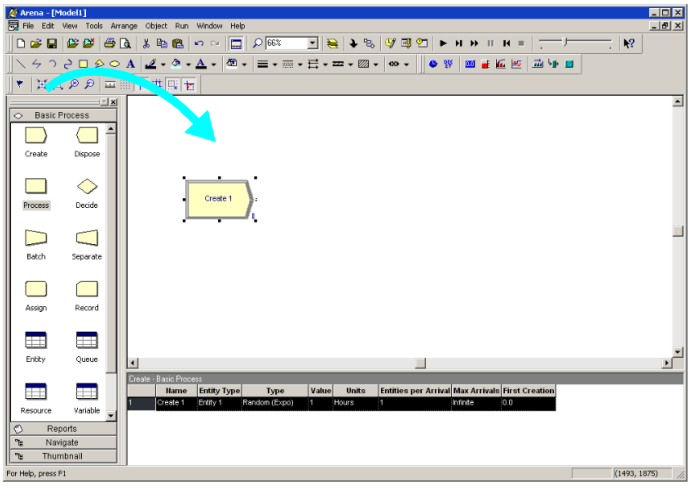
2. Hisobotlar paneli: Simulyatsiya natijalarini ko'rsatish uchun mavjud bo'lgan hisobotlarni o'z ichiga oladi.

3. Navigatsiya paneli: Ierarxik submodellar bo'ylab harakatlanish va model eskizini ko'rsatish kabi modelingizning turli ko'rinishlarini ko'rsatish imkonini beradi.

Model oynasida ikkita asosiy mintaqa mavjud. Oqim-sxema ko'rinishida barcha model grafikalar, jumladan, jarayonning oqim-sxemasi, animatsiya va boshqa chizma elementlari bo'ladi. Pastki elektron jadval ko'rinishida vaqt, xarajatlar va boshqa parametrlar kabi model ma'lumotlari ko'rsatiladi.

Har bir jarayon oqimi Create moduli bilan boshlanadi. Oqim sxemasini simulyatsiya qilinganda, alohida obyektlar Create moduli xususiyatlarida taqdim etgan vaqt ma'lumotlariga muvofiq yaratiladi. U yaratilgandan so'ng, har bir obyekt Create modulidan jarayon oqimidagi keyingi shaklga o'tadi.

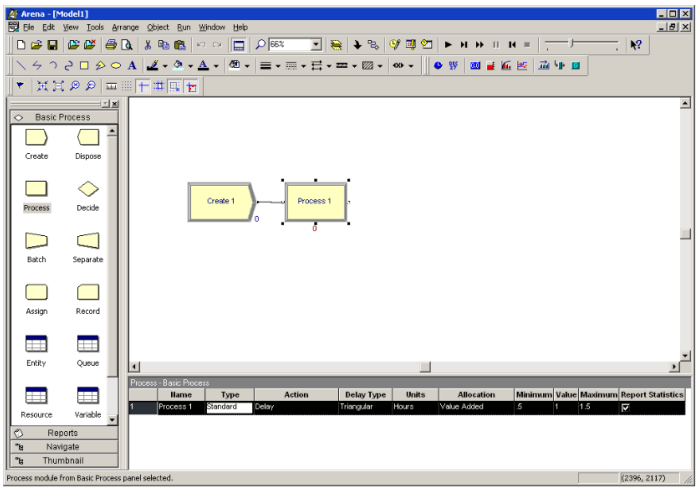
Agar Process ni joylashtirilganda Crate va Process avtomatik ravishda ulanmagan bo'lsa, uning belgilanganligini tekshirish uchun Object > Auto-Connect menyusini tekshiriladi. Agar belgilanmagan bo'lsa, ushbu parametrni yoqish uchun uni tanlanadi.



5.5.2.- rasm. Arena dasturida obyektlarni joylashtirish.

Agar Crate va Prossec o'rtasida hech qanday ulanish ko'rinmasa, ulanishni chizish uchun Object > Connect menyusidagi elementni yoki Connect toolbar tugmani bosing. Kursor kesishgan chiziqqa o'zgaradi.

Ulanishni Crate modulining chiqish nuqtasini ( ) bosish orqali boshlanadi, so'ngra ulanishni yakunlash uchun Process modulining kirish nuqtasini ( ) bosing. Agar bir nechta ulanishlarni amalga oshirish kerak bo'lsa, shunchaki Ulanish tugmasini ikki marta bosiladi yoki Ob'ekt > Ulanishni ikki marta tanlanadi(Ulanish tugmasi ko'p ulanish rejimida ekanligini ko'rsatish uchun bosilgan holda qoladi). Keyin kerakli miqdordagi ulanishlarni chiziladi. Agar ko'rsatkich uning ustiga qo'yilgan bo'lsa, ulanish sessiyasi davomida haqiqiy ulanish maqsadi (masalan, kirish nuqtasi, chiqish nuqtasi yoki operand obyekti) ajratib ko'rsatiladi. Ko'p ulanish sessiyasini tugatish uchun yana Ulanish opsiyasini bosiladi, Esc tugmasini bosish yoki sichqonchaning o'ng tugmasi bilan bosiladi.



5.5.3-rasm. Obyektlarni ulsh.

Asosiy buyruqlar va ularning ma’nosi:

Create- Jarayon oqimining boshlanishi. Ob'ektlar bu yerda simulyatsiyaga kirishadi.

Dispose- Jarayon oqimining oxiri. Ob'ektlar bu yerda simulyatsiyadan olib tashlanadi.

Process - Odatda bir yoki bir nechta resurslar tomonidan bajariladigan va bajarish uchun biroz vaqt talab qiladigan faoliyat.

Decide - Jarayon oqimidagi tarmoq. Faqat bitta tarmoq olinadi.

Batch - Bir qator obyektlarni qayta ishlashni davom ettirishdan oldin to'plash.

Separate - Bir vaqtning o'zida yoki parallel qayta ishlash uchun nusxalangan obyektlar yoki ilgari o'rnatilgan obyektlar to'plamini ajratish.

Assign - Ob'ekt turi yoki model o'zgaruvchisi kabi ba'zi parametrlarning qiymatini o'zgartirish (simulyatsiya paytida).

Record -Ob'ektlar soni yoki tsikl vaqti kabi statistikani to'plash.

Ma'lumotlar to'plangandan so'ng, barcha ma'lumotlar ARENA simulyatsiyasidan yig'ish liniyasi oqimiga o'xshash modelni yaratish uchun ishlatiladi. ARENA simulyatsiyasidan tadqiqotchi ishlab chiqarishning navbatini yoki kutish vaqtini bilishi va uning tasdiqlangan yoki tasdiqlanmaganligini bilishi kabi ko'plab ma'lumotlardan foydalanish mumkin.

Birinchi qadam sanoatda yuzaga keladigan muammoni, ya'ni navbat vaqti va ishlab chiqarilgan mahsulot sonini aniqlashdir. Keyingi qadam kuzatish orqali ma'lumotlarni to'plash va har bir jarayon uchun sarflangan vaqtni to'plash uchun sekundomerdan foydalaniladi, so'ngra model ishlab chiqiladi. Talaba tomonidan muammolar va jarayon oqimi haqida ko'proq ma'lumot olish uchun 3-zavod bo'limi rahbari bilan suhbat o'tkazish talab etiladi. Model ARENA simulyatsiyasi yordamida kompyuterlashtiriladi. Keyin ma'lumotlar kiritilgandan so'ng model tekshiriladi. Agar ma'lumotlar haqiqiy bo'lsa, model oqimini loyihalashni boshlash mumkin, shuningdek, simulyatsiya qanday ishlashini shakllantirish va nihoyat, chiqish ma'lumotlarini tahlil qilish va simulyatsiyani yakunlash mumkin bo’ladi.

Ushbu laboratoriya ishida mototsikl sanoati modellashtirilgan. Zavod uchta bo'limga bo'lingan: 1-zavod bo'yash bo'limi, 2-zavod ishlov berish bo'limi va 3-zavod yakuniy yig'ish bo'limi. Mototsikl ishlab chiqarishda har kuni talablarga muvofiq CT100, MR1, Ace va DINAMIK kabi turli xil mototsikllar ishlab chiqariladi.

Sanoatda qo'llanilgan ishlab chiqarish tizimi bir vaqtning o'zida ko'plab mahsulotlarni partiyalariga ko'ra ishlab chiqarish kerak bo'lgan guruhlash ishlab chiqarish tizimidir. Keyin mahsulot mototsikllarning kuzovini bo'yashdan tortib, dvigatel qismlarini qayta ishlash bo'limida qayta ishlashdan tortib, bir nechta jarayonlarga o'tadi. Bo'yash bo'limida operatorlar tomonidan ma'lum ishlar bajariladi va ishlov berish bo'limi mahsulotni tugatgunga qadar ishlab chiqarish uchun turli xil mashinalardan foydalanadi.

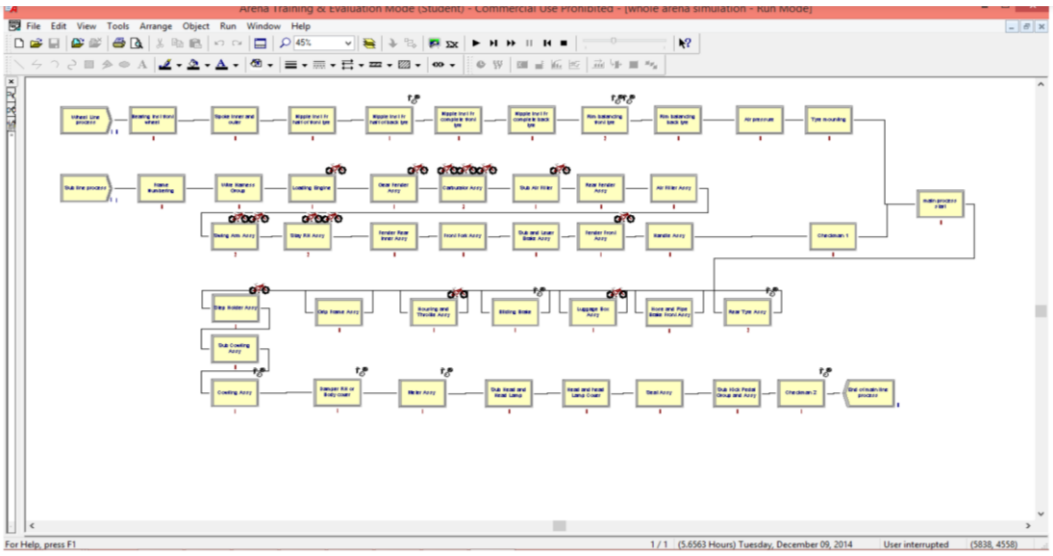
Oxirgi jarayon - bu barcha qismlar va dvigatel birlashtirilib, mototsikllarga aylanadigan yakuniy yig'ish. Jarayon 42 operator tomonidan va mashina yordamida amalga oshirildi.

Ushbu ishda uchun faqat bitta mototsikl ishlab chiqarish turi o'rganildi, bu DINAMIK mototsikli, chunki bu mototsikl ishlab chiqarish boshqalarga nisbatan maksimal tsikl vaqtini ko'rsatadi. Bundan tashqari, o'rganish faqat 3-zavodda, ya'ni Yakuniy yig'ish bo'limida amalga oshirilgan.

Ishlab chiqarish bo'yicha umumiy ma'lumot va kuzatuvlar o'tkazilgan. Ba'zi ishlab chiqarish muammolari aniqlangan, va ular ishlab chiqarishda konveyerning sekin harakatlanishi, shuning uchun operatorlar bo'sh vaqtlarida dam olishga vaqt topa olmasligi kuzatilgan.

Bundan tashqari, ishlab chiqarish maqsadga erisha olmagan past unumdorlik ham mavjud. Yana, ishlab chiqarish hajmi va mashinadan foydalanishda muammolar mavjud. Muammolarni bartaraf etish uchun ushbu laboratoriya ishida ARENA qo'llanilgan. Ishlab chiqarish natijasini optimallashtirish uchun operatorlar va mashinalardan foydalanish va tsikl vaqtini oshirish kerak bo’ladi.

5.5.4-rasmda ishga tushirish rejimidagi simulyatsiya ko'rsatilgan. Simulyatsiyada mahsulotni tugatishni talab qiladigan 42 ta jarayon mavjud va ularning har biri sarflangan vaqtga qarab harakatlanadi. Sarflangan vaqt sekundomer yordamida o’lchanadi va simulyatsiyada vaqtning o'rtacha qiymati topiladi.



5.5.4-rasm. Ishlash rejimida simulyatsiya.

5.5.5-rasmda ko'rsatilgan ARENA simulyatsiya dasturi yordamida DINAMIK mototsiklini ishlab chiqarishning har bir bosqichi uchun navbatlar natijasi ko’rsatilgan.

Unnamed Project Replications: 1

Replication 1 Start Time: 0.00 Stop Time: 24.00 Time Units: Hours

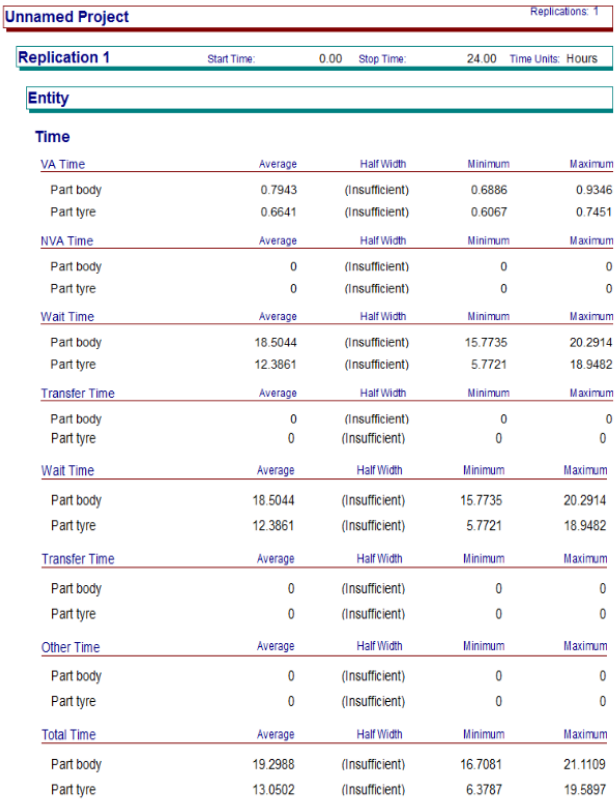
Queue Detail Summary

Time

	Waiting Time
Air Filter Assy.Queue	1.23
Air pressure.Queue	0.55
Bearing Inst front wheel.Queue	1.33
Bliding Brake.Queue	1.15
Carburator Assy.Queue	1.09
Checkman 1.Queue	0.98
Checkman 2.Queue	1.29
Cowling Assy.Queue	0.94
Damper RH or Body cover.Queue	1.21
Fender Front Assy.Queue	0.96
Fender Rear Inner Assy.Queue	1.17
Frame Numbering.Queue	1.10
Front Fork Assy.Queue	1.11
Gear Fender Assy.Queue	1.05
Grip Frame Assy.Queue	1.36
Handle Assy.Queue	0.99
Housing and Throttle Assy.Queue	1.32
Loading Engine.Queue	0.82
Luggage Box Assy.Queue	1.12
Meter Assy.Queue	1.26
Nipple inst Fr complete back tyre.Queue	1.21
Nipple inst Fr complete front tyre.Queue	1.20
Nipple inst Fr half of back tyre.Queue	1.35
Nipple inst Fr half of front tyre.Queue	1.31
Rear Fender Assy.Queue	1.13
Rear Tyre Assy.Queue	0.73
Rim balancing back tyre.Queue	1.13
Rim balancing front tyre.Queue	1.22
Seat Assy.Queue	1.53
Spoke inner and outer.Queue	1.28
Stay RH Assy.Queue	1.25
Step Holder Assy.Queue	1.27
Sub Air Filter.Queue	1.07
Sub and Lever Brake Assy.Queue	1.02
Sub Cowling Assy.Queue	1.36
Sub Head and Head Lamp.Queue	1.22
Sub Kick Pedal Group and Assy.Queue	1.46
Swing Arm Assy.Queue	1.12
Tyre mounting.Queue	0.94
Wire Harness Group.Queue	1.13

5.5.5-rasm. Har bir jarayonning navbat vaqti.

Quyidagi 5.5.6-rasmda tahlil qilingan simulyatsiyaning umumiy vaqt natijasi ko'rsatilgan.



Unnamed Project — Replications: 1

Replication 1 — Start Time: 0.00 — Stop Time: 24.00 — Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Part body	0.7943	(Insufficient)	0.6886	0.9346
Part tyre	0.6641	(Insufficient)	0.6067	0.7451

NVA Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Part body	0	(Insufficient)	0	0
Part tyre	0	(Insufficient)	0	0

Wait Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Part body	18.5044	(Insufficient)	15.7735	20.2914
Part tyre	12.3861	(Insufficient)	5.7721	18.9482

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Part body	0	(Insufficient)	0	0
Part tyre	0	(Insufficient)	0	0

Wait Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Part body	18.5044	(Insufficient)	15.7735	20.2914
Part tyre	12.3861	(Insufficient)	5.7721	18.9482

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Part body	0	(Insufficient)	0	0
Part tyre	0	(Insufficient)	0	0

Other Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Part body	0	(Insufficient)	0	0
Part tyre	0	(Insufficient)	0	0

Total Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Part body	19.2988	(Insufficient)	16.7081	21.1109
Part tyre	13.0502	(Insufficient)	6.3787	19.5897

5.5.6-rasm. Umumiy vaqt natijasi.

Yuqoridagi natijadan 4.3-rasmda 24 soatlik ishlab chiqarish jarayonida har bir jarayon uchun navbat vaqtlari ko'rsatilgan. Bu jarayonning ko'p qismi kutish vaqtiga ega ekanligini isbotlaydi va ushbu tadqiqotda ARENA simulyatsiya dasturi ishlab chiqarish jarayonida kechikish vaqtini aniqlashga yordam beradi. Bundan tashqari, umumiy vaqt kuzov qismi va shinaning minimal tsikl vaqtida ishlab chiqarilmaganligini ko'rsatadi. Ishlab chiqarilgan mahsulotning optimal va maksimal miqdorini olish uchun mashina va operatorlardan foydalanishni ko'paytirish kerak.

Natijada, a'lo darajadagi mashina harakati va yaxshi tutqich qobiliyatiga ega operatorlarga ega bo'lish orqali yuqori ishlab chiqarish va pastroq birlik tannarxi bilan amalga oshiriladi. Narxni pasaytirishda ishlab chiqaruvchi kompaniya jarayonni amalga oshirish uchun faqat qobiliyatli operatorlarni yollashi kerak bo’ladi.

4.2-rasmdagi navbat natijalari uchun eng yuqori kutish vaqti operatsion o'rindiq yig'ilishida bo'ladi. Navbat natijasi 1,53 soatni tashkil etadi. Natijalardan ko'rinib turibdiki, mashina va operatorlarning tezligini oshirish orqali kutishni

kamaytirish mumkin, shunda ular bir vaqtning o'zida ko'proq shina qismlarini ishlab chiqarishlari mumkin bo'ladi. Ikkinchi eng yuqori ko'rsatkich - bu 1,46 soatlik ishlaydigan sub tepish pedali guruhi va yig'ilishi, uchinchi eng yuqori ko'rsatkich esa 1,36 soatlik ishlaydigan tutqich ramkasi yig'ilishi va sub-kapot yig'ilishi.

Bundan tashqari, korpus qismi va shinaning umumiy kutish vaqti 18,5044 soat va 12,3861 soatni tashkil etdi. Yuqoridagi natijadan ko'rinib turibdiki, kutish vaqti sikl vaqtining minimal qiymatidan yuqori bo'ldi va bu ishlab chiqarish davomida har kuni ko'p vaqt isrof bo'lganligini isbotlaydi. Simulyatsiyaning umumiy vaqti uchun ular sikl vaqtining yarmidan foydalanganlar, bu aslida tezroq bo'lishi va vaqtni minimallashtirishi mumkin edi. Korpus qismi uchun simulyatsiyadan olingan umumiy vaqt 19,2988 soatni tashkil etadi, bu 8,5405 soatdan past natijani minimallashtirishi mumkin, shuning uchun sikl vaqtining tezroq tezligini ko'rsatishi mumkin. Bundan tashqari, shina qismi uchun simulyatsiyadan olingan umumiy vaqt 13,0502 soatni tashkil etadi, uni 4,5487 soatgacha kamaytirish mumkin.

Olingan natijadan kelib chiqib, navbat vaqtini qisqartirish uchun ba'zi yaxshilanishlarni kiritilishi mumkin.

Laboratoriya ishini bajarish uchun variantlar jadvali

5.5.1-jadval

№	Ishlab chiqarish turi	Jarayon bosqichlari	Resurslar	Xususiyat
1	Metall detal ishlab chiqarish	Kesish → Parlatish → Nazorat	2 stanok, 1 nazoratchi	Navbat tahlili
2	Plastik mahsulot quyish	Qizdirish → Qolipga quyish → Sovitish	1 pech, 2 qolip	Jarayon vaqtlari farqi
3	Avtomobil qismlari yig‘ish	Tayyorlash → Yig‘ish → Test	3 ishchi, 1 test uskunasi	Yig‘ish sekin
4	Non ishlab chiqarish	Xamir → Pishirish → Qadoqlash	1 mikser, 1 pech, 2 ishchi	Pishirish uzoq
5	Ichimliklar liniyasi	Shisha → To‘ldirish → Yopish	1 liniya	Uzluksiz oqim
6	Elektron plata yig‘ish	Joylash → Payvandlash → Test	2 operator, 1 test stendi	Nosozlik ehtimoli

7	Tikuvchilik ishlab chiqarish	Kesish → Tikish → Dazmollash	2 tikuvchi, 1 dazmolchi	Ishchi yuklamasi
8	Qandolat mahsulotlari	Aralashtirish → Shakl → Qadoqlash	1 mikser, 2 ishchi	Parallel jarayon
9	Yog‘och mebel ishlab chiqarish	Kesish → Yig‘ish → Laklash	2 stanok, 1 ustaxona	Laklash bottleneck
10	Farmatsevtika ishlab chiqarish	Aralashtirish → Tabletkalash → Qadoqlash	1 liniya, 1 nazoratchi	Sifat nazorati
11	Metall quyish	Eritish → Quyish → Sovitish	1 pech, 2 qolip	Batch ishlab chiqarish
12	Maishiy texnika yig‘ish	Tayyorlash → Yig‘ish → Sinov	4 ishchi, 1 test qurilma	Resurs yetishmovchiligi
13	Qog‘oz ishlab chiqarish	Tayyorlash → Presslash → Quritish	1 press, 1 quritgich	Uzluksiz + diskret
14	Oziq-ovqat konservalash	Tayyorlash → Sterilizatsiya → Qadoqlash	1 sterilizator, 2 ishchi	Sterilizatsiya bottleneck
15	Kompyuter yig‘ish	Yig‘ish → Dastur → Test	3 operator, 1 server	Parallel test

Laboratoriya xisoboti talabi:

1. Arena modelini qurish (Create–Process–Dispose bloklari asosida)
2. Jarayon vaqtlarini tasodifiy taqsimot bilan berish
3. Navbat uzunligini aniqlash
4. Resurs yuklanishini tahlil qilish
5. Bottleneck (tor joy)ni aniqlash
6. Modelni optimallashtirish (resurs qo‘shish yoki o‘zgartirish).

Nazorat savollari:

1. Arena dasturida modellashtirishning asosiy maqsadi nimadan iborat?
2. Ishlab chiqarish tizimini modellashtirishda Create, Process, Dispose bloklarining vazifasi qanday?
3. Jarayon vaqtlarini modellashtirishda qanday ehtimollik taqsimotlaridan foydalaniladi? Misollar keltiring.

4. Navbat (queue) tushunchasi nima va u qanday sabablarga ko‘ra yuzaga keladi?
5. Resurs (resource) deganda nima tushuniladi va uning yuklanish darajasi qanday aniqlanadi?
6. Bottleneck (tor joy) nima va uni modelda qanday aniqlash mumkin?
7. Diskret va uzluksiz modellashtirish o‘rtasidagi farq nimada?
8. Arena modelida bir nechta parallel jarayonlarni qanday tashkil etish mumkin?
9. Model natijalarini tahlil qilishda qaysi ko‘rsatkichlar muhim hisoblanadi?
10. Ishlab chiqarish tizimini optimallashtirish uchun modelga qanday o‘zgartirishlar kiritish mumkin?

5.6. §. AnyLogic dasturida logistika jarayonini modellashtirish.

Ishdan maqsad: AnyLogic muhitida logistika ob'ektlarini (distribyutor, chakana savdo nuqtalari) yaratish, ularni GIS xaritasiga joylashtirish va yuk tashish jarayonini modellashtirish ko'nikmalarini shakllantirish.

Kerakli asbob-uskunalar va dasturiy ta’minot. AnyLogic dasturi, kompyuter yoki noutbook, loyihalash uchun AnyLogic dasturi kutubxonalari o’rnatilgan bo’lishi kerak.

Nazariy qism.

Bugungi kunda logistika, turli xil vazifalarni bajarib, hayot va fanning eng muhim jihatlaridan biridir. Biroq, logistika tobora ko’proq ko’plab muammolarga duch kelmoqda, ular AnyLogic dasturi yordamida muvaffaqiyatli amalga oshirilgan logistika modellashtirish orqali hal qilinadi.

Logistika tizimlari yuqori darajadagi noaniqlik va murakkablikka ega bo'lgan dinamik tizimlardir. AnyLogic dasturi asosida logistika jarayonlarini modellashtirish bo‘yicha quyidagi laboratoriya ishi diskret-voqeali va agentli modellashtirish yondashuvlariga hamda GIS (Geografik axborot tizimlari) integratsiyasiga asoslanadi.

AnyLogic-da logistikani modellashtirish uchun uchta asosiy yondashuvdan foydalanadi:

Diskret-voqeali modellashtirish - ombor ichidagi operatsiyalar (yuk tushirish, saralash) kabi ketma-ket voqealarni tasvirlash uchun qo'llaniladi.

Agentli modellashtirish - ta'minot zanjiri ishtirokchilarining (mijozlar, yetkazib beruvchilar) mustaqil xatti-harakatlarini modellashtirish uchun ishlatiladi.

GIS integratsiyasi - agentlarni real geografik koordinatalar asosida joylashtirish va real yo‘l tarmoqlari orqali marshrutlarni hisoblash imkonini beradi.

Logistika modellashtirish AnyLogic dasturi yordamida muvaffaqiyatli amalga oshirilib kelinmoqda. Ushbu dasturiy ta'minot foydalanuvchilari quyidagi muammolarni hal qilish mumkin:

- Ta'minot zanjiri modellashtirish: AnyLogic yetkazib beruvchilar, omborlar, transport tarmoqlari va mijozlarni o'z ichiga olgan butun ta'minot zanjiri tizimini modellashtirish uchun ishlatilishi mumkin. Bu logistika mutaxassislariga to'siqlarni aniqlash, yetkazib berish vaqtini yaxshilash va inventarizatsiya darajasini kamaytirish orqali ta'minot zanjiri operatsiyalarini optimallashtirish imkonini beradi.

- Transport tarmog'ini optimallashtirish: AnyLogic eng samarali yo'nalishlarni, transport turlarini va tashuvchi variantlarini aniqlash orqali transport tarmoqlarini optimallashtirish uchun ishlatilishi mumkin. Bu transport xarajatlarini kamaytirishga va yetkazib berish vaqtini qisqartirishga yordam beradi.

- Ombor modellashtirish: AnyLogic ombor operatsiyalarini, jumladan, qabul qilish, jo'natish, saqlash, buyurtmalarni yig'ish va jo'natish operatsiyalarini modellashtirish uchun ishlatilishi mumkin. Bu logistika mutaxassislariga ombor joylashuvini, xodimlar sonini va inventarizatsiya darajasini optimallashtirishga imkon beradi.

- Xavf tahlili: AnyLogic tabiiy ofatlar, yetkazib beruvchilarning bankrotligi va transportdagi uzilishlar kabi ta'minot zanjiri xavflarini modellashtirish uchun ishlatilishi mumkin. Bu logistika mutaxassislariga ushbu xavflarni kamaytirish va operatsion uzluksizlikni ta'minlash uchun favqulodda vaziyatlar rejalarini ishlab chiqish imkonini beradi.

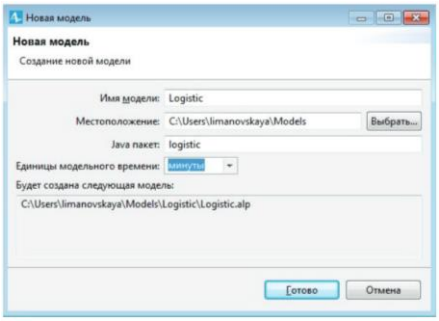
- Real vaqt rejimida qaror qabul qilish: AnyLogic logistika mutaxassislariga logistika operatsiyalari haqida real vaqt rejimida ma'lumot berish uchun real vaqt

rejimida ma'lumot manbalari bilan integratsiya qilinishi mumkin. Bu ularga tezkor ravishda xabardor qarorlar qabul qilish, o'zgaruvchan talab modellariga javob berish va operatsiyalarini real vaqt rejimida optimallashtirish imkonini beradi.

Laboratoriya ishini bajarish ketma-ketligi.

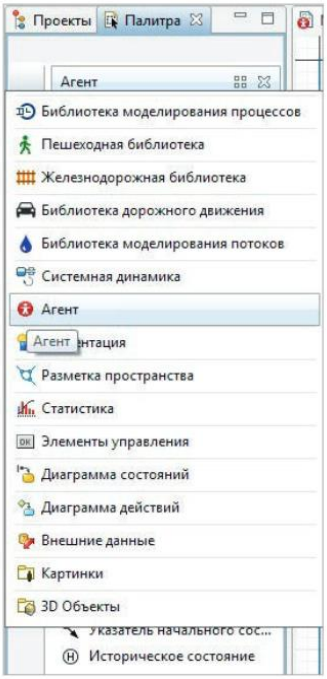
Topshiriq. Ishlab chiqarish zavodida bo'sh omborlar, yig'ish sexi va tayyor mahsulotlar ombori o'rtasida zavod ichidagi logistika modelini yaratish. Ustaxonada yig'ish uchun ehtiyot qismlar yoki tayyor mahsulotlarni omborlarga yetkazib beradigan o'z yuk mashinalari parki mavjud. Agar ustaxonadagi inventarizatsiya 10 donadan kam bo'lsa, ehtiyot qismlar yig'ish sexiga yetkazib beriladi. Mahsulotlar har soatda ustaxonadan olib chiqiladi.

1. Model agentlarini yaratish. Yangi model yarating va uni Logistik deb nomlang (5.61-rasm). Model vaqt birliklarini daqiqalarga o'rnating.



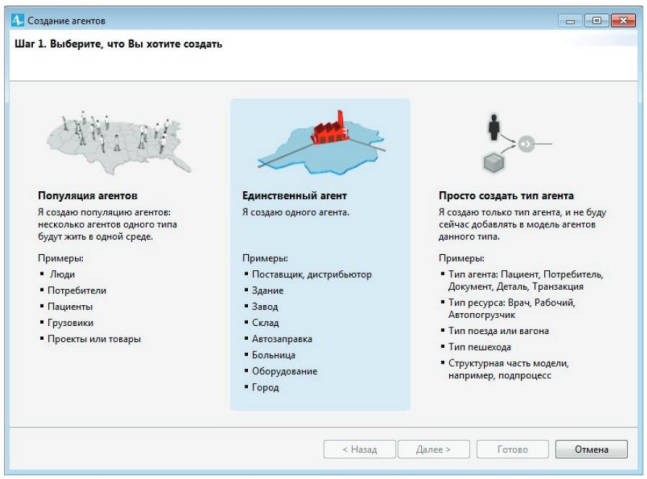
5.6.1-rasm. Yangi model yaratish.

Bu ishda agentga asoslangan yondashuv qo'llaniladi. Agentga asoslangan yondashuv uchun zarur bo'lgan barcha vositalar Agent kutubxonasida, Palette yorlig'ida joylashgan (5.6.2-rasm).



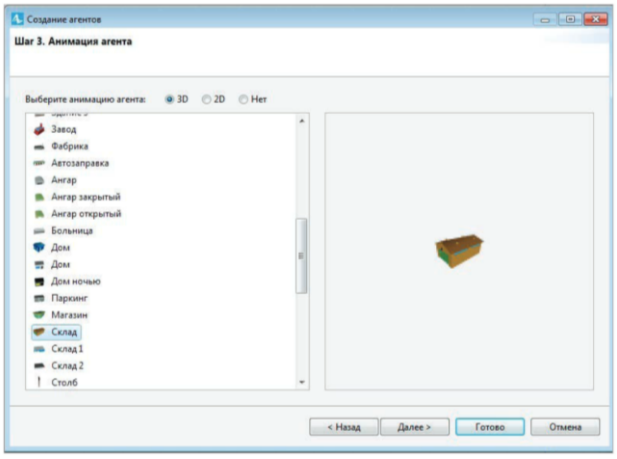
5.6.2-rasm. Agent kutubxonasi

Agent yaratish ustasi ochiladi. Har bir ombor va ustaxona noyob bo'lgani uchun biz bitta agent yaratamiz. Oynaning birinchi bosqichida "Я создаю единственного агента" ni tanlang (2.4-rasm).



5.6.3-rasm. Storage agentini yaratish ustasining birinchi bosqichi oynasi.

Masterning uchinchi bosqichida agent animatsiyasi o'rnatiladi (5.6.4-rasm).



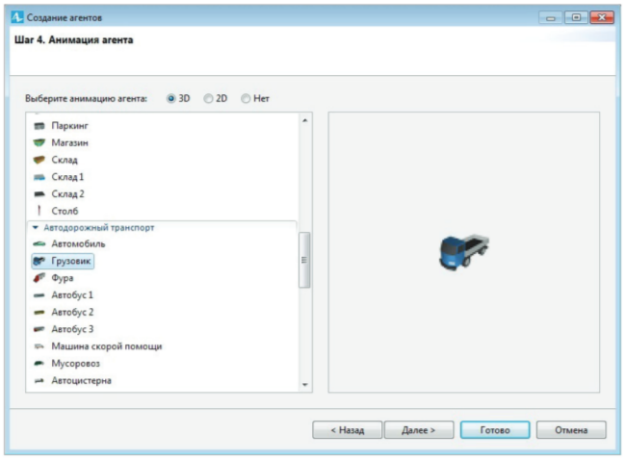
5.6.4-rasm. Storage agentini yaratish masterining uchinchi bosqichi.

Endi Storage_Production agentini yarating. Buning uchun Agent elementini model tuvaliga sudrab olib boring va sehrgarning 1 dan 4 gacha bo'lgan bosqichlarini bajaring, agent nomini (Storage_Production) va animatsiyasini (Warehouse 1) ko'rsating. Sehrgarning ikkinchi bosqichida sizdan yangi agent turini yaratish yoki mavjudini ishlatishni tanlashingiz so'raladi. Yangi agent turini tanlang. Natijada tuvalda ikkita agent, Storage va Storage_Production paydo bo'ladi (5.6.5-rasm).



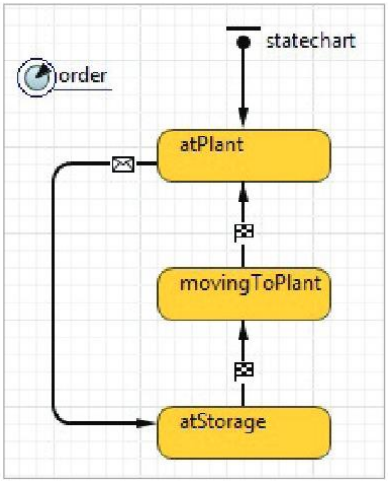
5.6.5-rasm. Model kanvasida Storage va Storage_Production agentlari.

Masterning ikkinchi bosqichida yangi agent turini tanlanadi. Masterning uchinchi bosqichida agentga "Yuk mashinasi" deb nom beriladi. Bu bir vaqtning o'zida "yuk mashinalari" nomli populyatsiyani yaratadi. To'rtinchi bosqichda agent animatsiyasini tanlanadi (5.6.6-rasm).

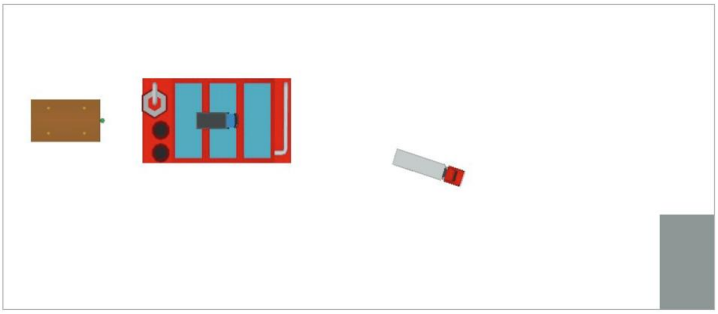


5.6.6-rasm. Yuk mashinasi agenti animatsiyasini sozlash.

5.6.7-rasmda ko'rsatilgandek, Statechart Start elementini va 3 ta State elementini Truck agentining ish maydoniga sudrab tortiladi, ularga nom bering va ularni Transition elementlari bilan ulanadi.



5.6.7-rasm. Yuk mashinasi agentining holat diagrammasi.



5.6.8-rasm. Yakuniy modelning ishlashi.

Laboratoriya ishini bajarish bo’yicha variantlar jadvali 5.6.1-jadval

№	Variant nomi	Tizim tavsifi	Asosiy elementlar
1	Ombor tizimi (Warehouse)	Omborga mahsulot kelishi va chiqishini modellashtirish	Source, Queue, Delay, Sink
2	Yuk mashinalari navbati	Omborga keluvchi yuk mashinalari navbatini boshqarish	Transport, Queue, Resource
3	Distribyutor markazi	Mahsulotlarni saralash va taqsimlash tizimi	SelectOutput, Conveyor
4	Kuryer yetkazib berish xizmati	Buyurtmalarni mijozlarga yetkazish	Agent, GIS, Route
5	Port logistika tizimi	Kemalardan yuk tushirish va yuklash	Crane, Queue, Delay
6	Aeroport yuk tashish tizimi	Bagaj va yuklarni tashish jarayoni	Conveyor, Service
7	Chakana savdo logistika tizimi	Do‘konlarga mahsulot yetkazib berish	Transport, Schedule
8	E-commerce logistika tizimi	Onlayn buyurtmalarni qayta ishlash	Source, Pick&Pack
9	Avtomobil ehtiyot qismlar logistika tizimi	Ehtiyot qismlar yetkazib berish zanjiri	Inventory, Transport
10	Temir yo‘l yuk tashish tizimi	Vagonlar orqali yuk tashish	Train, Schedule
11	Shahar ichki logistika	Shahar ichida yuk yetkazish optimallashtirish	GIS, Route optimization
12	Sovutkichli logistika (Cold chain)	Harorat nazorati ostida yuk tashish	Sensor, Delay
13	Kross-docking tizimi	Omborda vaqtincha saqlamasdan qayta taqsimlash	SelectOutput

14	Qayta ishlash logistika tizimi	Chiqindilarni yig‘ish va qayta ishlash	Transport, Queue
15	Multi-modal logistika tizimi	Turli transport vositalari orqali yuk tashish	Transport, Mode switching

Har bir variantda talabalar quyidagilarni bajarib xisobot tuzish tavsiya etiladi:

- Tizimning blok-sxemasini yaratiladi
- Asosiy parametrlarni belgilash (kelish intensivligi, xizmat vaqti va h.k.)
- Simulyatsiya natijalarini tahlil qilinadi
- Tizimni optimallashtirish bo‘yicha takliflar ishlab chiqiladi.

Nazorat savollari:

1. Logistika jarayonlarini modellashtirishning asosiy maqsadi nimadan iborat?
2. AnyLogic dasturida logistika tizimlarini modellashtirish uchun qaysi asosiy kutubxonalar (libraries) qo‘llaniladi?
3. Diskret-hodisaviy modellashtirish (Discrete Event Simulation) logistika tizimlarida qanday ahamiyatga ega?
4. Source, Queue, Delay va Sink bloklarining vazifalari nimadan iborat?
5. Logistika tizimida navbat (queue) hosil bo‘lishining asosiy sabablari nimalar?
6. Transport vositalarini modellashtirishda qanday parametrlar muhim hisoblanadi?
7. Logistika tizimlarida resurslardan foydalanish samaradorligi qanday baholanadi?
8. Simulyatsiya natijalarini tahlil qilishda qaysi ko‘rsatkichlardan foydalaniladi?
9. Modelni optimallashtirish uchun qanday usullar qo‘llanilishi mumkin?
10. AnyLogic dasturida logistika tizimini real hayotga yaqinlashtirish uchun qanday omillar hisobga olinadi?

5.7. §. AnyLogic yordamida ishlab chiqarish liniyalarida transport jarayonini tahlil qilish

Ishdan maqsad: talabalarda AnyLogic muhitida Material Handling Library va Process Modeling Library yordamida ishlab chiqarish liniyasidagi transport jarayonlarini (konveyer, AGV, forklift, transporter) modellashtirish, tizimdagi tor joylarni aniqlash, resurslardan foydalanish samaradorligini baholash va optimallashtirish ko‘nikmalarini xosil qilishdan iborat.

Kerakli asbob-uskunalar va dasturiy ta’minot. AnyLogic dasturi, kompyuter yoki noutbook, loyihalash uchun AnyLogic dasturi kutubxonalari o’rnatilgan bo’lishi kerak.

Nazariy qism.

Ishlab chiqarish liniyasida transport jarayonlari quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

- Xom ashyo / qismlar yetkazib berish
- Liniya bo‘ylab tashish (conveyor, AGV, cart)
- Ish stansiyalarida qayta ishlash
- Tayyor mahsulotni chiqarish

AnyLogic dasturida Material Handling Library (Conveyor, Transporter, Path, Crane va boshqalar) orqali real transport tizimini modellashtirish mumkin. Modelda quyidagi KPI lar kuzatiladi:

- Liniya umumiy o‘tkazuvchanligi (throughput)
- Transport vositalarining foydalanish darajasi (utilization)
- O‘rtacha kutish vaqti va tsikl vaqti (cycle time)
- Tor joylar (bottleneck stations).

Laboratoriya ishini bajarish ketma-ketligi:

1. Tayyorgarlik bosqichi. AnyLogic 8.8 yoki undan yuqori versiyasini oching. Yangi model yarating: File → New → Model → nomini qo‘ying: IshlabChiqarish_Transport. Process Modeling va Material Handling kutubxonalarini qo‘shing.

2. Modelni qurish. Quyidagi bloklarni joylashtiring va ulang (chapdan o‘ngga oqim, 4 ta stansiya + transport tizimi).

Xom ashyo qismi:

Source → nomi: XomAshyo

Arrival rate: exponential(2) minut (har 2 daqiqada 1 ta qism)

Entities: “PartA” va “PartB” (2 turdagi qism)

Transport va ishlov berish liniyasi:

Conveyor (yoki Transporter) → nomi: AsosiyKonveyer (uzunligi 50 m, tezligi 1 m/s)

Station (ish stansiyalari) – 4 ta ketma-ket:

Service → Stansiya1 (qayta ishlash vaqti: triangular(3,5,8) minut)

Service → Stansiya2 (triangular(4,6,10) minut)

Service → Stansiya3 (triangular(5,7,12) minut)

Service → Stansiya4 (yig‘ish – triangular(6,9,15) minut)

Transport vositalari:

Transporter (AGV yoki forklift) → ResourcePool: AGV (miqdori: 3 ta)

Path (yo‘l tizimi) yaratib, AGV harakatini belgilang.

Har bir stansiya orasida transporter orqali yuk tashish (MoveTo bloklari).

Chiqarish qismi:

Sink → nomi: TayyorMahsulot

Qo‘shimcha elementlar (majburiy):

ResourcePool lar: Mashinalar (4 ta tur), AGV (3 ta), Operator (2 ta).

TimeMeasureStart / TimeMeasureEnd – butun liniya tsikl vaqtini o‘lchash. Dataset va Histogram yaratib quyidagilarni kuzating:

AGV / Conveyor utilization (%)

Har bir stansiyadagi navbat vaqti

Umumiy throughput (soatiga mahsulot)

O‘rtacha tsikl vaqti (minut).

3. Animatsiya yaratish.

Model oynasida ishlab chiqarish liniyasini chizing:

- Xom ashyo zonasi (yashil)
- Konveyer liniyasi (ko‘k)
- 4 ta stansiya (sariq)
- Tayyor mahsulot zonasi (qizil)

Harakatlanuvchi elementlar: qismlar, AGV, konveyerdagi palletlar (animation shapes).

4. Tajriba o‘tkazish.

Parameter Variation Experiment yarating.

O‘zgartiriladigan parametrlar:

AGV soni: 2 / 3 / 4

Konveyer tezligi: 0.8 / 1.2 / 1.5 m/s

Stansiya vaqtlari ±20% o‘zgarishi

Har bir variantni 30 kunlik simulyatsiya bilan ishga tushiring (run length = 30 days, warm-up 2 days). Natijalarni jadval va grafik shaklida saqlang.

Laboratotriya ishini bajarish uchun variantlar:

5.7.1-jadval

№	Stansiyalar soni	Transport turi	Transport soni	Masofa (m)	Tezlik (m/s)	Yuk hajmi (dona)	Kelish oralig‘i (min)
1	3	Konveyer	1	20	1.0	10	3
2	4	AGV	2	30	1.5	8	4
3	5	Konveyer	1	25	0.8	12	2
4	3	Forklift	1	40	2.0	15	5
5	6	AGV	3	35	1.2	10	3
6	4	Konveyer	1	28	1.1	9	2
7	5	AGV	2	32	1.4	11	4
8	3	Forklift	2	45	2.2	20	6
9	4	Konveyer	1	22	0.9	8	3
10	6	AGV	3	38	1.3	13	5

11	5	Forklift	2	50	2.5	18	7
12	7	Konveyer	1	30	0.7	10	2
13	4	AGV	2	27	1.6	9	3
14	6	Konveyer	1	33	1.0	12	4
15	5	Kombinatsiyal ashgan (AGV + konveyer)	2 + 1	40	1.2	15	5

Nazorat savollari:

1. Ishlab chiqarish liniyasida transport jarayonining asosiy vazifasi nimadan iborat?

2. AnyLogic dasturida transport tizimlarini modellashtirish uchun qaysi kutubxonalar (libraries) qo‘llaniladi?

3. Konveyer, AGV va forklift transport vositalarining asosiy farqlari nimada?

4. Transport jarayonini modellashtirishda asosiy parametrlar (tezlik, masofa, yuk hajmi) qanday rol o‘ynaydi?

5. Navbat (queue) tushunchasi nima va u qaysi hollarda yuzaga keladi?

6. Transport tizimida “bottleneck” (tor joy) qanday aniqlanadi?

7. Resurs yuklanishi (utilization) qanday hisoblanadi va u nimani ko‘rsatadi?

8. AnyLogic modelida vaqtni qanday sozlash va boshqarish mumkin?

9. Diskret-hodisali modellashtirish (Discrete Event Simulation) transport jarayonlarini tahlil qilishda qanday afzalliklarga ega?

10. Modellashtirish natijalariga asoslanib transport tizimini optimallashtirishning qanday usullarini taklif qilish mumkin?

5.8. §. AnyLogic muhitida ishlab chiqarish zanjirida resurslarni taqsimlash modeli

Ishning maqsadi: AnyLogic dasturiy muhitidan foydalanib ishlab chiqarish tizimlarida resurslarni (ishchi kuchi, uskunalar, vaqt, materiallar)

samarali taqsimlash jarayonini modellashtirish va tahlil qilish ko‘nikmalarini shakllantirishdir.

Kerakli asbob-uskunalar va dasturiy ta’minot. AnyLogic dasturi, kompyuter yoki noutbook, loyihalash uchun AnyLogic dasturi kutubxonalari o’rnatilgan bo’lishi kerak.

Nazariy qism.

Ishlab chiqarish jarayonini modellashtirish — bu real sex faoliyatini matematik va kompyuter modeli orqali ifodalash, tahlil qilish va optimallashtirishga qaratilgan ilmiy-uslubiy yondashuvdir. Zamonaviy sharoitda bunday modellashtirish ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, resurslardan oqilona foydalanish va qaror qabul qilish sifatini yaxshilashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Modellashtirish jarayonida ishlab chiqarish tizimi asosiy elementlarga ajratiladi: texnologik operatsiyalar, ishchi o‘rinlar, uskunalar, material oqimlari va xizmat ko‘rsatish jarayonlari. Ushbu elementlar o‘zaro bog‘liq holda yagona tizim sifatida ko‘rib chiqiladi. Ayniqsa, navbatlar hosil bo‘lishi, xizmat ko‘rsatish vaqti va resurslar bandligi kabi omillar tizim samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

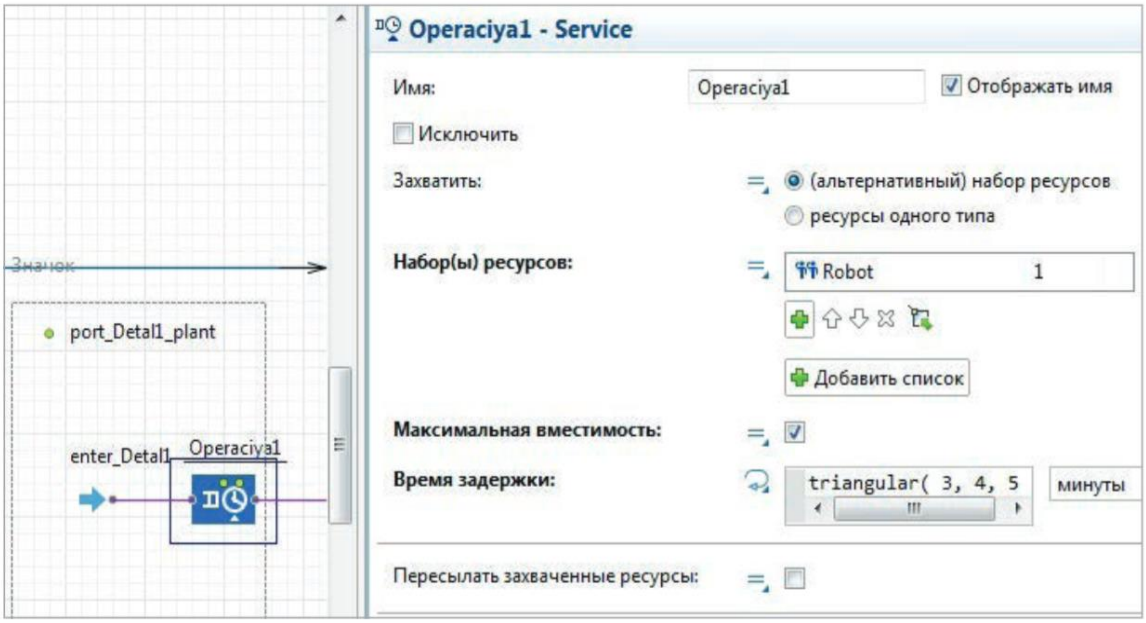
Ko‘pincha ishlab chiqarish tizimlarini modellashtirishda diskret-hodisaviy modellashtirish usuli qo‘llaniladi. Ushbu yondashuvda tizim holati faqat muayyan hodisalar (masalan, buyurtmaning kelishi, operatsiyaning tugashi) sodir bo‘lganda o‘zgaradi. Bu esa real ishlab chiqarish jarayonlarini aniqroq aks ettirish imkonini beradi.

Modellashtirish natijasida ishlab chiqarish tizimining asosiy ko‘rsatkichlari aniqlanadi: ishlab chiqarish quvvati, mahsulot ishlab chiqarish tezligi, kutish vaqtlari, uskunalar yuklanish darajasi va boshqalar. Shu asosda tizimdagi “tor joylar” aniqlanadi va ularni bartaraf etish bo‘yicha takliflar ishlab chiqiladi.

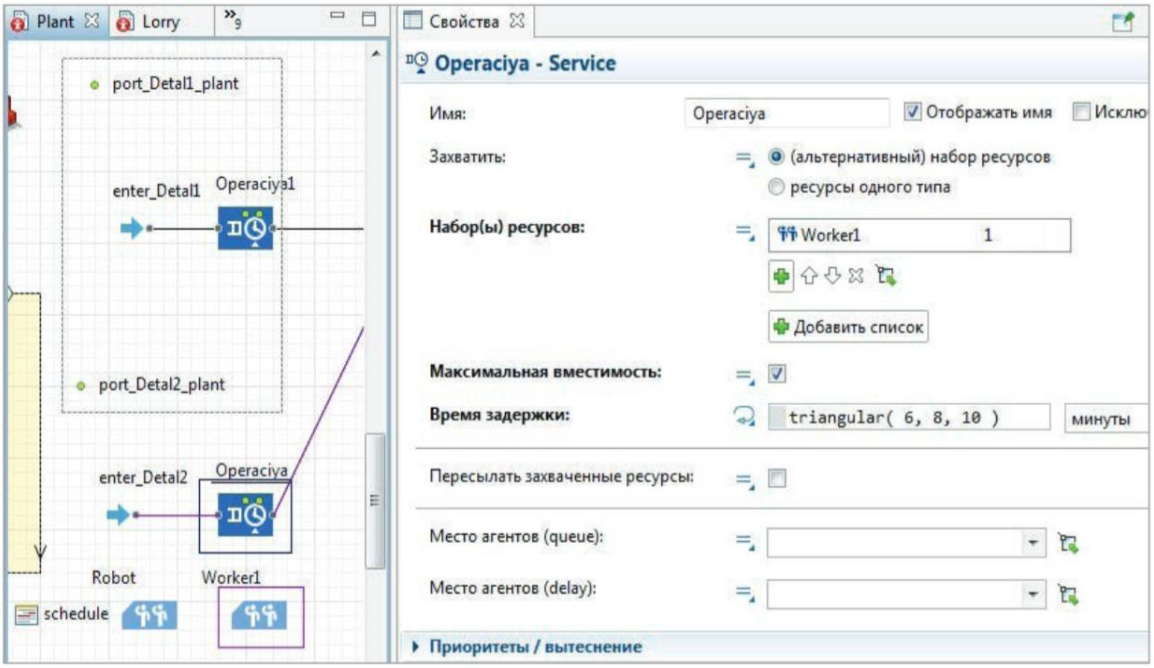
Topshiriq. Anylogic dasturi yordamida ishlab chiqarish jarayonini modellashtiring.

Buning uchun Plant agentiga o'tiladi. Avvalgi vazifada bo'lgani kabi, yig'ish ishlab chiqarish jarayonini jarayonni modellashtirish kutubxonasidagi elementlardan

foydalanib modellashtiriladi. Xizmat elementlarini enter_Detal1 va enter_Detal2 kirishlariga ulanadi va ularning xususiyatlarini o'rnatiladi, 5.8.1 va 5.8.2-rasmlarda ko'rsatilgandek.

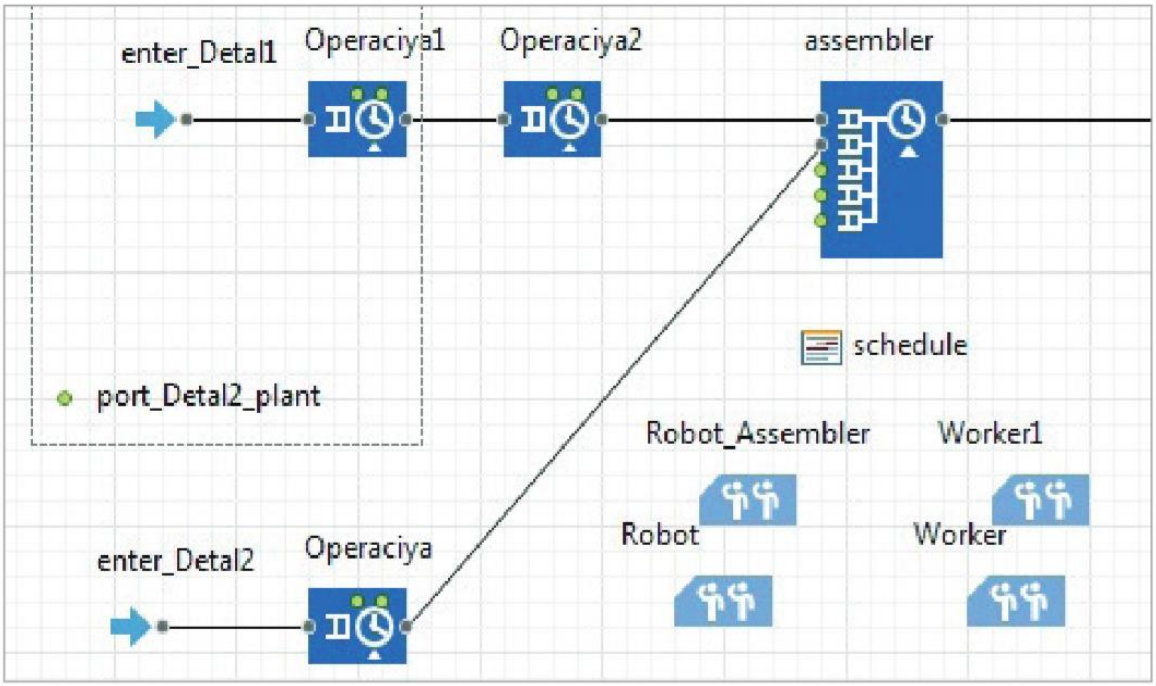


5.8.1-rasm. Operation1 xususiyatlarini sozlash



5.8.2-rasm. Operation xususiyatlarini sozlash

Keyin, qadoqlash operatsiyasidan tashqari, oldingi vazifadagi kabi barcha amallarni takrorlanadi. Yakuniy natija 6.27-rasmda ko'rsatilgan.



5.8.3-rasm. Yakuniy natija

Talabalar uchun modellashtirish uchun variantlar:

1-variant. Bir turdagi mahsulot ishlab chiqaruvchi liniyada 3 ta stanok mavjud. Buyurtmalar oqimi tasodifiy. Navbat uzunligi va xizmat ko‘rsatish vaqtini tahlil qiling.

2-variant. Ikki bosqichli ishlab chiqarish jarayoni (kesish va yig‘ish). Har bir bosqichda bitta uskuna. “Tor joy”ni aniqlang.

3-variant. 3 xil mahsulot ishlab chiqariladigan sex. Har bir mahsulot uchun ishlov berish vaqti turlicha. Resurslarni taqsimlashni optimallashtiring.

4-variant. Operatorlar soni cheklangan ishlab chiqarish tizimi. Uskunalar yetarli, lekin ishchilar yetishmaydi. Ishchi yuklanishini baholang.

5-variant. Avtomatlashtirilgan liniya va qo‘lda bajariladigan operatsiyalar kombinatsiyasi. Umumiy ishlab chiqarish samaradorligini aniqlang.

6-variant. Buyurtmalar ustuvorlik (prioritet) asosida bajariladi. Yuqori va past prioritetli buyurtmalar uchun kutish vaqtini solishtiring.

7-variant. Parallel ishlov beruvchi 4 ta stanokli tizim. Nosozliklar (buzilishlar) ehtimolini hisobga olib model yarating.

8-variant. Material yetkazib berish kechikadigan ishlab chiqarish jarayoni. Ombor zahirasi ta’sirini tahlil qiling.

9-variant. Transport vositasi (konveyer yoki aravacha) orqali detallar uzatiladigan tizim. Transport vaqti umumiy samaradorlikka qanday ta’sir qiladi?

10-variant. Ko‘p bosqichli ishlab chiqarish (4 ta operatsiya). Har bir bosqich uchun xizmat vaqti turlicha. Eng band operatsiyani aniqlang.

11-variant. Ishlab chiqarish jarayonida qayta ishlash (brakni tuzatish) mavjud. Bu jarayon umumiy vaqtga qanday ta’sir qiladi?

12-variant. Talab (demand) o‘zgaruvchan bo‘lgan ishlab chiqarish tizimi. Pik va oddiy davrlarni solishtiring.

13-variant. Energiya yoki resurs cheklovi mavjud ishlab chiqarish jarayoni. Cheklovlar samaradorlikka ta’sirini aniqlang.

14-variant. Bir nechta operator va bir nechta uskunalar o‘zaro bog‘langan tizim. Resurslarni optimal taqsimlash variantini toping.

15-variant. Real vaqt rejimida boshqariladigan (adaptiv) ishlab chiqarish tizimi. Navbatga qarab resurslarni dinamik taqsimlashni modellashtiring.

Variant boyicha berilgan topshiriqni AnyLogic dasturida modellashtiring va xisobot tayyorlang.

Nazorat savollari:

1. Ishlab chiqarish jarayonini modellashtirish deganda nima tushuniladi va uning asosiy maqsadi nimadan iborat?
2. Sex sharoitidagi ishlab chiqarish tizimining asosiy elementlari (resurslar, operatsiyalar, oqimlar) nimalardan iborat?
3. diskret-hodisaviy modellashtirish usulining mohiyati nimada va u qaysi hollarda qo‘llaniladi?
4. Ishlab chiqarish jarayonida “navbat” tushunchasi qanday yuzaga keladi va uning tizim samaradorligiga ta’siri qanday?
5. Resurslar (uskunalar, ishchilar) yuklanish darajasi qanday aniqlanadi?

6. “Tor joy” (bottleneck) nima va uni modellashtirish orqali qanday aniqlash mumkin?

7. Ishlab chiqarish tizimida xizmat ko‘rsatish vaqti va kelish intensivligi qanday rol o‘ynaydi?

8. Modellashtirish natijasida olinadigan asosiy ko‘rsatkichlar qaysilar?

9. AnyLogic dasturida ishlab chiqarish jarayonini modellashtirishning asosiy bosqichlari nimalardan iborat?

10. Modellashtirish orqali ishlab chiqarish jarayonini optimallashtirishning qanday usullari mavjud?

5.9. §. AnyLogic orqali ombor logistikasini modellashtirish.

Ishdan maqsad: Talabalarda AnyLogic muhitida diskret voqea simulyatsiyasi usuli yordamida haqiqiy ombor logistikasi jarayonlarini modellashtirish, tizimning asosiy ko‘rsatkichlarini hisoblash, tor joylarni aniqlash va optimallashtirish ko‘nikmalarini hosil qilish.

Kerakli asbob-uskunalar va dasturiy ta’minot. AnyLogic dasturi, kompyuter yoki noutbook, loyihalash uchun AnyLogic dasturi kutubxonalari o’rnatilgan bo’lishi kerak.

Nazariy qism. Ombor logistikasida quyidagi asosiy jarayonlar mavjud:

- Inbound logistika (yuk mashinalari kelishi, qabul qilish)
- Saqlash (storage / putaway)
- Buyurtmalarni yig‘ish (order picking)
- Outbound logistika (paketlash va jo‘natish)

AnyLogic Process Modeling Library va Material Handling Library yordamida ushbu jarayonlarni bloklar (Source, Queue, Service, ResourcePool, Delay, Sink va boshqalar) orqali modellashtirish mumkin. Modelda resurslar (forklift, picker), navbatlar, inventar darajasi va vaqt ko‘rsatkichlari kuzatiladi.

Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq.

1. Tayyorgarlik bosqichi:

-AnyLogic 8.8 yoki undan yuqori versiyasini oching (Personal Learning Edition yoki University litsenziyasi).

-Yangi model yarating: File → New → Model → nomini qo‘ying: Ombordagi_Logistika.

-Process Modeling kutubxonasini qo‘shing (agar Material Handling kerak bo‘lsa, uni ham qo‘shing).

2. Modelni qurish.

Quyidagi bloklarni joylashtiring va ulang (chapdan o‘ngga oqim):

Inbound qismida:

- Source (yuk mashinalari kelishi)
  - Arrival rate: exponential(10) minut (o‘rtacha har 10 daqiqada 1 ta mashina)
  - Entities: “Truck”
- Queue (navbat) → nomi: Qabul_Navbati
- ResourcePool → nomi: Forklift (miqdori: 2 ta, boshlang‘ich holatda)
- Service (qabul qilish va yuk tushirish) → nomi: YukTushirish
  - Resource: Forklift
  - Delay time: triangular(8, 12, 18) minut

Saqlash qismi:

- Delay → nomi: Putaway (yukni javonga joylashtirish)
  - Delay time: uniform(3, 7) minut
- Inventar darajasini kuzatish uchun Variable yarating: int Inventory = 0;
- Har bir yuk tushganda Inventory++ (on exit action).

Outbound qismi (buyurtmalar):

- Yangi Source → nomi: Buyurtma_Kelishi
  - Arrival rate: exponential(15) minut (har 15 daqiqada 1 ta buyurtma)
  - Entities: “Order”
- Service (yig‘ish) → nomi: Picking
  - ResourcePool: Picker (miqdori: 3 ta)

- Delay time: triangular(10, 15, 25) minut
- Shart: if (Inventory > 0) Inventory--; else {reject order}

- Service (paketlash) → nomi: Packing (1 ta resurs – “Packer”)
  - Delay time: uniform(4, 8) minut
- Sink → nomi: JoNatish (buyurtma jo‘natildi)

Qo‘shimcha elementlar (majburiy):

- TimeMeasureStart va TimeMeasureEnd bloklarini qo‘shing (yuk mashinasining butun tsikli va buyurtmaning yetkazib berish vaqtini o‘lchash uchun).
- Dataset va Histogram yaratib, quyidagi ko‘rsatkichlarni yozing:
  - Forklift va Picker foydalanish darajasi (utilization)
  - O‘rtacha navbat vaqti
  - O‘rtacha inventar darajasi
  - Soatiga qabul qilingan va jo‘natilgan yuklar soni (throughput)

3. Animatsiya yaratish bosqishi.

- Model oynasida to‘rtburchaklar chizing:
  - Qabul zonasi (yashil)
  - Saqlash zonasi (ko‘k)
  - Yig‘ish zonasi (sariq)
  - Jo‘natish zonasi (qizil)
- Har bir blok uchun animation qo‘shing: yuk mashinasi, forklift va palletlar harakatlanishi kerak (moving shape).

4. Tajriba o‘tkazish bosqichi.

- Parameter Variation Experiment yarating.
- O‘zgartiriladigan parametrlar:
  - Forklift soni: 1 / 2 / 3
  - Picker soni: 2 / 3 / 4
- Har bir variantni 100 kunlik simulyatsiya (run length = 100 days) bilan ishga tushiring.
- Natijalarni jadval va grafik shaklida saqlang.

Talabalar uchun laboratoriya ishi variantlari:

Variant 1. Yuk mashinalari har 8 daqiqada keladi (exponential(8)). Har bir mashinada 20 ta pallet. Buyurtmalar har 12 daqiqada. Picker soni = 4. Forklift = 2. Qo‘shimcha: Inventar darajasi past bo‘lsa (Inventory < 50), avtomatik ravishda yangi yuk mashinasi chaqiriladi.

Variant 2. Truck arrival: exponential(15). Pallets per truck = 30. Order arrival: exponential(20). Picking time: triangular(12, 18, 30). Forklift = 3, Picker = 3. Qo‘shimcha: ABC tahlili – A toifadagi tovarlar alohida javonda saqlanadi (tezroq yig‘ish).

Variant 3. Truck arrival: exponential(6) (yuqori yuklama). Pallets per truck = 15. Order arrival: exponential(10). Forklift = 1 (tor joyni aniqlash). Picker = 5.

Qo‘shimcha: Navbat uzunligi 5 tadan oshsa, qo‘shimcha forklift chaqiriladi.

Variant 4. Truck arrival: exponential(12). Pallets per truck = 25. Order arrival: exponential(18). Picking time: uniform(8, 20). Forklift = 2, Picker = 2.

Qo‘shimcha: Modelga conveyor (lentali tashish) qo‘shish (Material Handling Library orqali).

Variant 5. Truck arrival: exponential(10). Pallets per truck = 40 (katta yuk). Order arrival: exponential(25). Forklift = 4, Picker = 4.

Qo‘shimcha: Kunlik ish vaqti 8 soat, keyin tizim to‘xtaydi (Schedule blokidan foydalaning).

Variant 6. Truck arrival: exponential(9). Pallets per truck = 18. Order arrival: exponential(14). Picking time: triangular(15, 22, 35). Forklift = 2, Picker = 6. Qo‘shimcha: Buyurtmalarning 30% i tez yetkazib berish (express orders) – ular birinchi navbatda yig‘iladi.

Variant 7. Truck arrival: exponential(20) (past yuklama). Pallets per truck = 35. Order arrival: exponential(8) (yuqori talab). Forklift = 3, Picker = 3.

Qo‘shimcha: Inventar darajasi 100 tadan oshsa, yangi yuk mashinalari kelishi to‘xtatiladi.

Variant 8. Truck arrival: exponential(7). Pallets per truck = 22. Order arrival: exponential(16). Forklift = 2, Picker = 4.

Qo‘shimcha: Har bir buyurtmada o‘rtacha 5 ta turli tovar (multi-item order). Yig‘ish vaqti har bir qo‘shimcha tovar uchun +3 minut.

Variant 9. Truck arrival: exponential(11). Pallets per truck = 28. Order arrival: exponential(13). Picking time: uniform(10, 25). Forklift = 1, Picker = 5.

Qo‘shimcha: Modelga AGV (avtomatik transport vositasi) qo‘shish o‘rniga forklift ishlatish va ularning sonini optimallashtirish.

Variant 10. Truck arrival: exponential(14). Pallets per truck = 12 (kichik yuklar). Order arrival: exponential(22). Forklift = 3, Picker = 2.

Qo‘shimcha: Saqlash zonasi ikki qismga bo‘lingan: yaqin va uzoq zona (uzoq zonadagi tovarlarni yig‘ish vaqti +40%).

Variant 11. Truck arrival: exponential(10). Pallets per truck = 25. Order arrival: exponential(15). Forklift = 4, Picker = 3.

Qo‘shimcha: Ish vaqti davomida forkliftlarning 20% i texnik xizmat ko‘rsatishga ketadi (random breakdown).

Variant 12. Truck arrival: exponential(5) (juda yuqori). Pallets per truck = 20. Order arrival: exponential(30). Forklift = 5, Picker = 4.

Qo‘shimcha: Qabul zonasi va yig‘ish zonasini alohida animatsiya qilish, tor joylarni vizual aniqlash.

Variant 13. Truck arrival: exponential (13). Pallets per truck = 32. Order arrival: exponential(11). Picking time: triangular (9, 14, 28). Forklift = 2, Picker = 5.

Qo‘shimcha: Buyurtmalar kelishi kunning turli vaqtlarida farq qiladi (ertalab yuqori, kechqurun past – Schedule blokidan foydalaning).

Variant 14. Truck arrival: exponential (16). Pallets per truck = 15. Order arrival: exponential (17). Forklift = 3, Picker = 3.

Qo‘shimcha: Modelga “Wave Picking” usulini qo‘llash (bir vaqtda bir necha buyurtma yig‘ish).

Variant 15. Truck arrival: exponential (10). Pallets per truck = 25. Order arrival: exponential (15). Forklift = 2, Picker = 4.

Qo‘shimcha: Eng qiyin variant – ikkita ombor (asosiy + zaxira ombor). Yukni ikki ombor o‘rtasida taqsimlash va o‘tkazish vaqtini hisoblash.

Laboratoriya ishi bo’yicha xisobot yozishga talablar:

- Modelning skrinshotlari (blok sxemasi + animatsiyalari).
- Parametrlar ro‘yxati va qiymatlari.
- Tajriba natijalari (jadval + grafiklar):
- Utilization (%)
- O‘rtacha navbat vaqti (minut)
- Throughput (yuk/soat)
- Inventar darajasi o‘zgarishi
- Tor joylarni tahlil qilish (qaysi resurs eng ko‘p yuklangan?).
- Optimallashtirish taklifi (qancha forklift/picker qo‘shish kerakligi va iqtisodiy asoslash).
- Xulosa.

Nazorat savollari:

1. AnyLogicda ResourcePool va Service bloklari o‘rtasidagi farq nima?
2. Modelda navbat hosil bo‘lishini qanday oldini olish mumkin?
3. Inventar darajasini qanday boshqarish mumkin (sotib olish siyosati qo‘shish mumkinmi)?
4. Material Handling Librarydan foydalansangiz, model qanday o‘zgaradi?
5. Real omborda qanday ma’lumotlar (real data) kerak bo‘ladi?

5.10. §. FlexSim dasturida ishlab chiqarish tsexining modellashtirish.

Ishning maqsadi: FlexSim dasturining asosiy obyektlari bilan tanishish, ishlab chiqarish jarayonining mantiqiy zanjirini qurish va tizim samaradorligini (utilizatsiya, o'tkazuvchanlik quvvati) tahlil qilish ko'nikmalarini rivojlantirish.

Kerakli asbob-uskunalar va dasturiy ta’minot. FlexSim dasturi, kompyuter yoki noutbook, loyihalash uchun FlexSim dasturi kutubxonalari o’rnatilgan bo’lishi kerak.

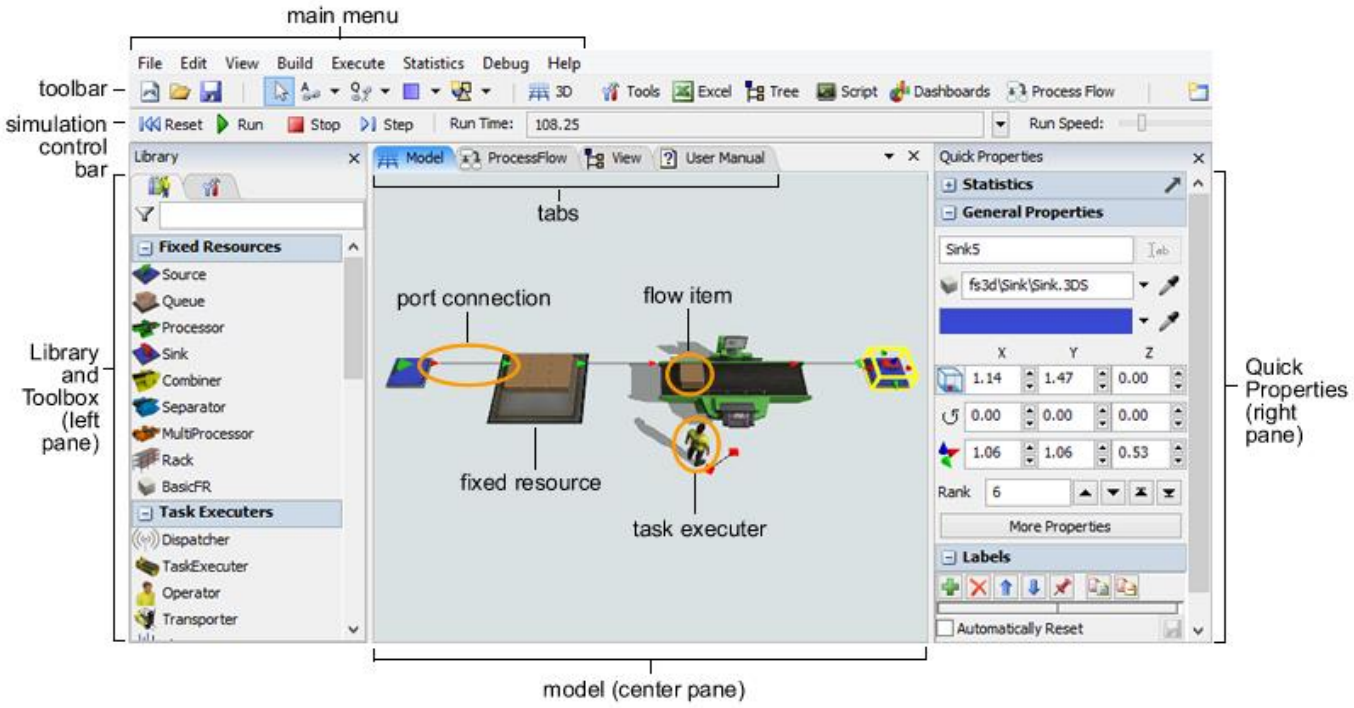
Nazariy qism.

Hozirda bozorda juda ko'p sonli obyektga yo'naltirilgan imitasion modellashtiruvchi tizimlar mavjud bo’lib, ulardan eng mashhurlari Arena, Anylogic, GPSS W, BizagiModeler va FlexSim dasturlaridir.

Flexsim - bu ishlab chiqarish, materiallarni qayta ishlash, sog'liqni saqlash, omborxona, konchilik, logistika va boshqa sohalardagi tizimlarni modellashtiradi, simulyatsiya qiladi, bashorat qiladi va vizualizatsiya qiladi. Bu kuchli, ammo foydalanuvchilar uchun qulay simulyatsiya muhitidir. Flexsim joriy va rejalashtirilgan jarayonlarni optimallashtirishga, chiqindilarni aniqlash va kamaytirishga, xarajatlarni kamaytirishga va daromadlarni oshirishga yordam beradi.

FlexSim-ni noyob qiladigan jihatlardan biri shundaki, u biznes tizimlarining 3D tasvirlarini yaratish imkoniyatini beradi. Boshqa simulyatsiya dasturlari nazariy modellarni yaratishda yordam berishi mumkin bo'lsa-da, FlexSim biznes va ishlab chiqarish tizimingizni tushunish va ulardan foydalanish osonroq bo'lgan aniqroq tarzda ko'rish imkoniyatini hosil qilib beradi.

Ushbu laboratoriya ishida siz 3D modellarni yaratishda FlexSim foydalanuvchi interfeysi ichida ishlashning ba'zi asoslari bilan tanishasiz va o'rganasiz. Quyidagi rasmda, 3D model interfeysining eng muhim elementlari bilan tanishishingiz mumkin:



5.10.1. FlexSim dasturining ishchi muhiti.

Laboratoriya ishini bajarish tartibi.

1. 3D modelga obyektlarni qo’shish.

3D modelni yaratishning birinchi bosqichi simulyatsiya qilishga harakat qilayotgan biznes tizimining asosiy sxemasini yaratishdir. Modellashtirayotgan mijozlarga xizmat ko'rsatish markazida bir yoki bir nechta mijozlarga xizmat ko'rsatish vakillaridan iborat xizmat ko'rsatish stoli mavjud. Kelgan mijozlar odatda xodim yordam bera olmaguncha deraza yonida navbatda turishadi. Ushbu simulyatsiya modelida kutish juda uzoq bo'lsa, erta chiqib ketadigan mijozlarni ham simulyatsiya qilish mumkin.

Ushbu turli elementlarning barchasini simulyatsiya qilish uchun 3D modelga obyektlar qo'shiladi. Obyektlar 3D simulyatsiya modelining asosiy qurilish bloklari hisoblanadi. Simulyatsiya modelida turli xil obyektlar turli maqsadlar va funktsiyalarga ega. Eng keng tarqalgan obyektlardan ba'zilari:

Oqim elementlari - Simulyatsiya modeli orqali, odatda bir stansiyadan boshqa quyi oqim stansiyasiga o'tadigan obyektlar. Ushbu simulyatsiya modelida oqim elementlari mijozlarga xizmat ko'rsatish markazi mijozlarini ifodalaydi.

Ruxsat etilgan resurslar - 3D modelda harakatsiz qoladigan va oqim elementlari bilan o'zaro ta'sir qiluvchi obyektlar. Har bir qat'iy resurs ma'lum bir funktsiyani bajaradi. Ushbu simulyatsiya modeli mijozlar bilan o'zaro ta'sir qiladigan turli xil qat'iy resurslardan foydalanadi.

Vazifa bajaruvchilari - 3D modelda harakatlana oladigan va oqim elementlarini tashish, mashinalarni boshqarish va boshqalar kabi vazifalarni bajara oladigan obyektlar. Hozircha simulyatsiya modelingizda hech qanday vazifa bajaruvchisidan foydalanilmaydi.

Ushbu bosqichda simulyatsiya modeliga ba'zi qat'iy resurslarni qo'shish mumkin:

5.10.1-jadval

Ob'ekt	Tushuntirish
Manba	*Manbalar oqim elementlarini yaratadi. Mijozlarni yaratish uchun manbadan foydalanasiz, bu ularning mijozlarga xizmat ko'rsatish markaziga kelishini ifodalaydi.*
Navbat	*Navbatlar oqim elementlarini boshqa obyektga yuborish mumkin bo'lguncha saqlaydi. Navbat mijozlarga xizmat ko'rsatish markazidagi kutish navbatini ifodalaydi.*
Protsessor	*Protsessorlar odatda vaqt kechikishi sifatida simulyatsiya qilinadigan oqim elementlarini qayta ishlaydi. Protsessor mijozga yordam beradigan xodimni ifodalaydi.*
Lavabo	*Lavabolar simulyatsiya modelidan oqim elementlarini olib tashlaydi. Mijozlarga xizmat ko'rsatish markazidan chiqayotgan mijozlarni ifodalash uchun lavabolardan foydalanish mumkin. Ushbu modelda aslida ikkita lavabodan foydalanilgsn: biri mamnun mijozlarni, ikkinchisi esa norozi mijozlarni (erta ketganlarni) ifodalash uchun.*

3D modelni maketini yaratish uchun:

1. Yangi simulyatsiya modelini ishga tushiring. FlexSim markaziy oynasida joylashgan 3D model maydonini toping. Shuningdek, FlexSim chap oynasida joylashgan Kutubxonani ham toping.

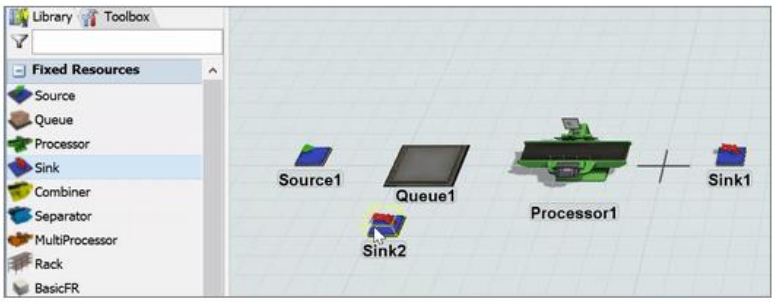
2. Quyidagi obyektlarni kutubxonadan 3D modelga torting:

1 Manba

1 ta navbat

1 ta protsessor

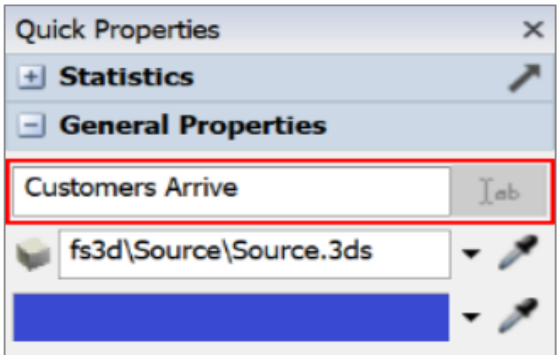
2 ta lavabo



5.10.2-rasm.

3. Agar kerak bo'lsa, obyektlarni avvalgi rasmda ko'rsatilgandek taxminan joylashishi uchun siljitish mumkin.

4. Uni tanlash uchun Manba tugmasini bosing. O'ng panel ushbu obyekt uchun Tezkor Xususiyatlarni ko'rsatish uchun o'zgarganiga e'tibor bering. Umumiy Xususiyatlar guruhi ostida obyektning joriy nomini ko'rsatadigan birinchi katakchaning ichiga bosing. Ob'ektning joriy nomini o'chiring va yangi nom kiriting: Customers Arrive. Ushbu obyektning ko'rsatiladigan nomi 3D modelda yangilanishiga e'tibor bering.



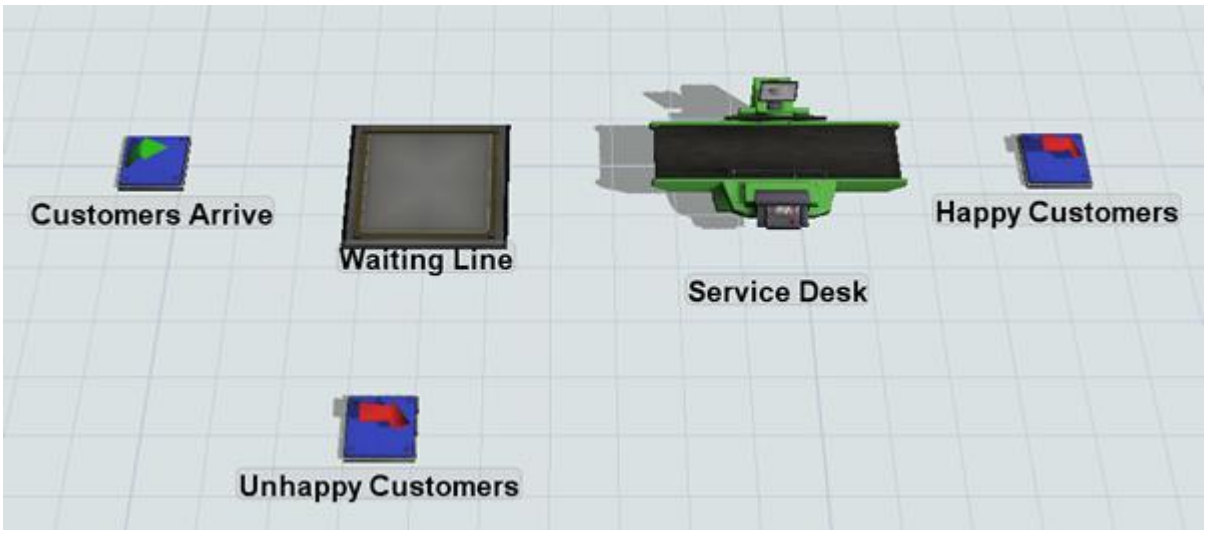
5.10.3-rasm.

Barcha obyektlarni quyidagicha qayta nomlash uchun oldingi bosqichni takrorlang:

Ob'ekt	Yangi nom
Navbat	Kutish navbati
Protsessor	Xizmat ko'rsatish stoli
Lavabo (protsessor tomonidan)	Baxtli mijozlar
Lavabo (navbat yonida)	Norozi mijozlar

5.10.4-rasm

Tugatganingizdan so’ng, 3D model quyidagi rasmga o’xshash ko’rinishi kerak:

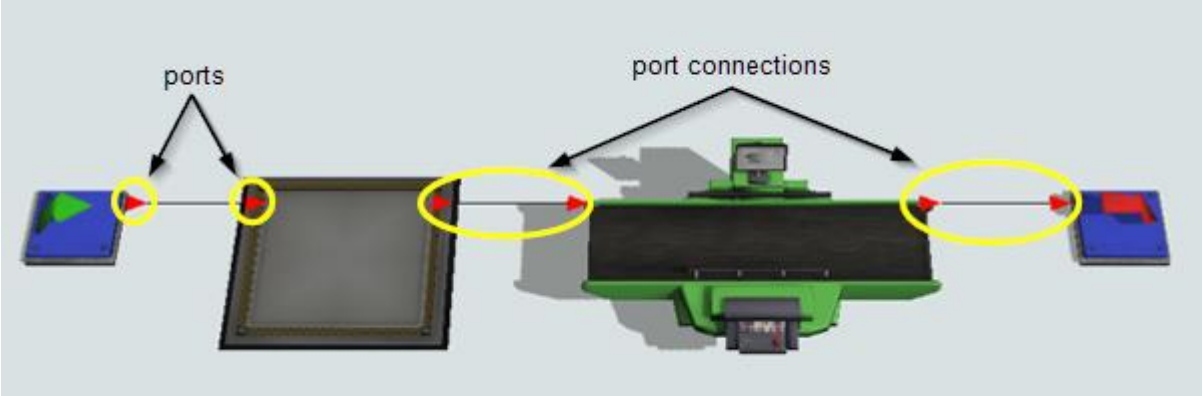


5.10.5-rasm.

2. 3D obyektlarni ulash.

Ushbu bosqichda 3D obyektlarni mijozlar bir obyektdan ikkinchisiga tegishli tartibda o'tishlari uchun ulanadi. Boshqacha qilib aytganda, elementlarning bir sobit resursdan boshqasiga o'tishiga yordam beradigan mantiqni yaratiladi. FlexSim-da buni amalga oshirishning bir nechta turli usullari mavjud. Ushbu bosqichda port ulanishlari yordamida obyektlarni qanday ulashni o'rganish mumkin.

FlexSimda port - bu ob'ektdagi oqim elementlarini bir obyektdan boshqasiga o'tkazish mumkin bo'lgan nuqta. Port ulanishi - bu ikki xil obyektdagi portlar orasidagi ulanish. Portlar obyektlar o'rtasida bir-biri bilan aloqa qilish va oqim elementlarini almashish imkonini beruvchi munosabatlarni yaratadi.



5.10.6-rasm. FlexSimda portlarni ulash.

Ushbu modelda **Customers Arrive** manbasidan Kutish Liniyasiga va Xizmat Ko'rsatish Markazidan **Happy Customers** lavabosiga kirish/chiqish port ulanishlarini yaratiladi. Hozircha boshqa obyektlarni uzib qo'yiladi.

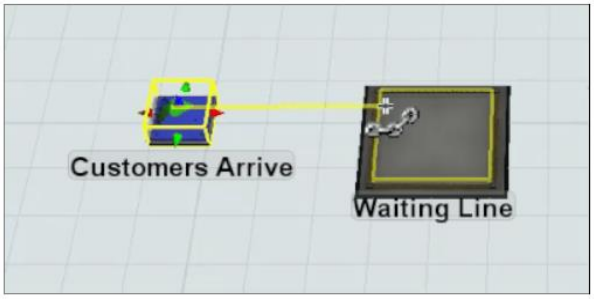
Ushbu obyektlar o'rtasida port ulanishlarini yaratish uchun:

Menyuni ochish uchun asboblar panelidagi "Obyektlarni ulash" tugmasini bosiladi. Ulanish rejimiga o'tish uchun "Obyektlarni ulash" ni tanlandi.

Ulanish rejimida bo'lganda, sichqoncha ko'rsatkichi yonida zanjirli bog'lanish belgisi bo'lgan plyus belgisiga o'zgaradi:

Ulanish rejimiga o'tgandan so'ng, ikkita obyektni bir-biriga ulash mumkin. "Mijozlar kelishadi" manba obyekti bosiladi. (Sichqonchani harakatlantirganida, bosgan obyekt va kursor o'rtasida sariq chiziq paydo bo'lishini kuting.)

Ikki obyekt o'rtasida port ulanishini yaratish uchun Kutish qatori navbati obyektini bosiladi.

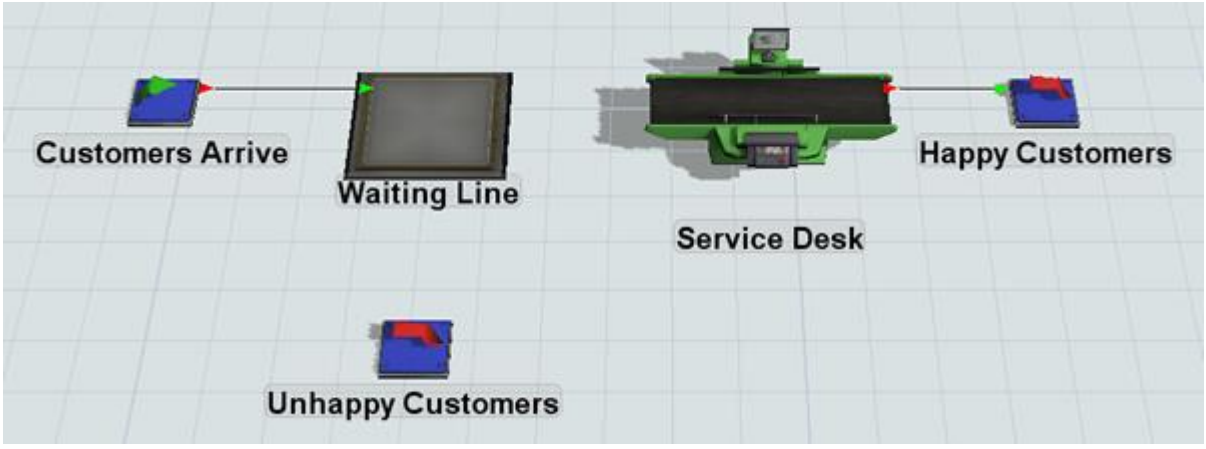


5.10.7-rasm.

Ushbu ikkita obyektni ulangandan keyin ham ulanish rejimida bo'lib turiladi. Agar navbatga boshqa obyektni ulamoqchi bo'linsa, ulanish rejimida qolinadi. Lekin navbatni obyektlarga ulashni tugatgani uchun ulanish rejimidan chiqish uchun Esc tugmasi bosiladi.

Ulanish rejimini yana bir marta yoqish uchun, bu safar yorliqdan foydalaniladi. A tugmasini bosib ushlab turiladi, so'ngra Service Desk protsessorini va keyin yana bir ulanish yaratish uchun Happy Customers lavabosini bosiladi. Ulanish rejimidan chiqish uchun A tugmachasini qo'yib yuboriladi

Tugatgandan so'ng, 3D model quyidagi rasmga o'xshash ko'rinishi kerak:



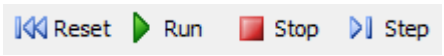
5.10.8-rasm.

3. Modelni birinchi marta ishga tushirish.

Ushbu bosqichda, modelni ishga tushirganida nima bo'lishini ko'rish uchun modelni shu nuqtada ishga tushirishga harakat qilinadi. Hozircha modelni birinchi marta ishga tushirish korsatilgan.

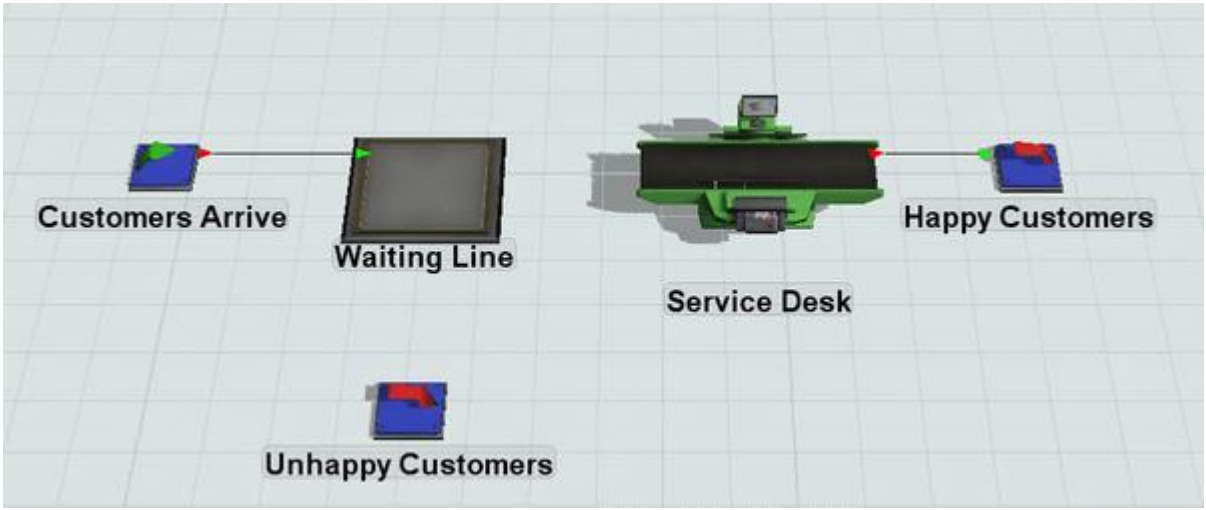
Modelni ishga tushirish uchun:

1. Asosiy asboblar paneli ostida joylashgan simulyatsiya boshqaruv panelidagi "Qayta tiklash" tugmasi bosiladi.



Simulyatsiyani boshlash uchun Play tugmasini va to'xtatib turish uchun Stop tugmasini bosiladi.

Bu nuqtada, manba (Mijozlar Yetib Keladi) oqim elementlarini yaratayotganini (bu nuqtada ular qutilarga o'xshaydi) va ularni Kutish Navbatiga joylashtirayotganini ko'rish mumkin. Ushbu oqim elementlarini ko'chiradigan biron bir mantiq yaratilmagani uchun, ular simulyatsiyani to'xtatmaguncha shunchaki navbat ichida to'planib qoladi.



5.10.8-rasm.

4. Mijozlarni kuzatib borish uchun ro'yxat yaraish.

Oldingi bosqichda port ulanishlari yordamida obyektlar oqimlarini qanday ulashni o'rganildi. Ushbu bosqichda qat'iy resurslar o'rtasida murakkabroq oqimlarni yaratish uchun global ro'yxatlar deb nomlangan vositadan qanday foydalanishni o'rganish mumkin.

Ushbu modelda oqim elementlari mijozlarni ifodalaydi. Mijozlar kutish navbatiga kirganda, ular kutayotgan mijozlar ro'yxatiga qo'shiladi, bu esa mijozlar qancha vaqt kutganini kuzatib boradi. Xizmat ko'rsatish stoli avval eng uzoq kutgan mijozlarga yordam beradi. Biroq, 200 soniyadan ko'proq kutgan mijozlar

umidsizlikka tushib, "Norozi mijozlar" bo'limidan chiqib ketishadi. Ushbu funksiyani yaratish uchun murakkab mezonlar to'plamidan foydalangan holda oqim elementlarini filtrlash va ustuvorlashtirish mumkin bo'lgan global ro'yxat ishlatiladi.

Ushbu bosqichda oqim elementlari ro'yxatini tuzib va uni WaitingCustomers deb nomlanadi. Ushbu ro'yxatni FlexSim-dagi deyarli barcha vositalarga kirib mumkin bo'lgan Toolbox yordamida yaratiladi.

Ro'yxat yaratishda avval uning maydonlarini sozlash kerak. Maydonlar ro'yxat qaysi ma'lumotlarni kuzatishini belgilaydi. Odatiy bo'lib, elementlar ro'yxati to'rtta standart maydon bilan birga keladi, ularning har biri oldindan dasturlashtirilgan mantiqqa ega. Bu maydonlar shunchaki oqim elementlari ro'yxatida qanday maydonlarni xohlash mumkinligi haqida takliflardir. Zarur bo'lganda, ushbu maydonlarni o'chirishz yoki boshqa oldindan dasturlashtirilgan yoki maxsus maydonlarni qo'shish mumkin.

Standart maydonlardan biri bu yosh maydoni bo'lib, u manba tomonidan ushbu oqim elementi yaratilganidan beri o'tgan vaqtni kuzatib boradi. Ushbu maydon, ehtimol, ushbu ro'yxatning mantiqiy ehtiyojlari uchun ishlaydi, ammo aniqroq bo'lishi uchun age In Queue maydonini qo'shish yaxshiroq bo'lishi mumkin. Age In Queue maydoni elementning ro'yxatda bo'lgan vaqtini kuzatib boradi. Boshqacha qilib aytganda, u mijoz kutish navbatiga qo'shilganidan beri o'tgan vaqtni kuzatib boradi. Ushbu maydonni ushbu bosqichda qo'shish mmkin.

Global ro'yxat yaratish uchun:

1. Chap panelda Kutubxona joylashgan joyga qaraladi. Ushbu panelning yuqori qismida "Asboblar qutisi" deb nomlangan yorliqni ko'rish mumkin. Asboblar qutisini ochish uchun ushbu yorliq bosiladi.

2. Asboblar qutisida menyuni ochish uchun Qo'shish tugmasi bosiladi. Global ro'yxatga ishora qilinib, so'ngra Elementlar ro'yxati tanlanadi. Yangi ro'yxatning xususiyatlari oynasi avtomatik ravishda ochiladi.

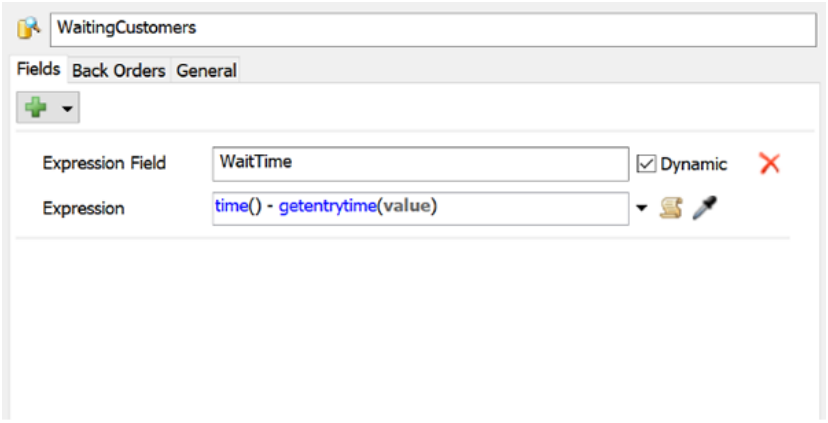
3.Yuqori oynada ro'yxat nomini WaitingCustomers ga o'zgartiriladi.



4. Maydonlar yorlig'i ochiq bo'lganda, menyuni ochish uchun Qo'shish tugmasini bosiladi. AgeInQueue ni tanlanadi. Yangi maydon maydonlarning pastki qismida ko'rsatiladi.

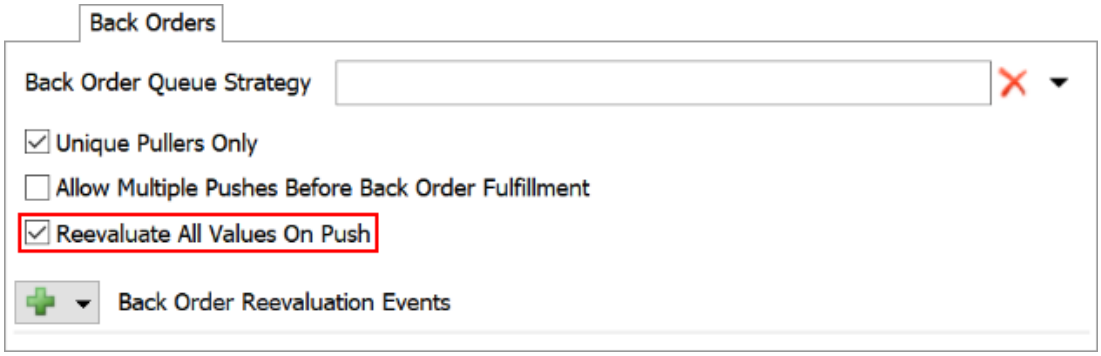
5. Keraksiz bo'lgani uchun ularni olib tashlash uchun boshqa barcha maydonlar yonidagi O'chirish tugmasini bosiladi.

6. Endi AgeInQueue maydonining nomini yanada tavsiflovchi narsaga o'zgartiladi. "Ifoda maydoni" katagiga bosib, joriy matnni o'chirib va uning nomini WaitTime ga o'zgartiriladi.



5.10.9-rasm.

7."Orqaga buyurtmalar" yorlig'ida" Barcha qiymatlarni bosish orqali qayta baholash" katagiga belgi qo'yiladi.



5.10.10-rasm.

8. O'zgarishlarni saqlash uchun OK tugmasi bosiladi.

5. Simulyatsiya modelini ishga tushirish va sinovdan o'tkazish.

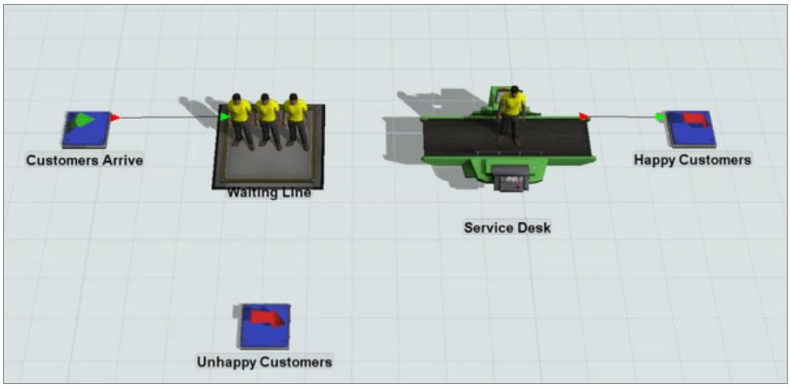
Ushbu bosqichda simulyatsiya modeli yana ishga tushiladi. Simulyatsiya modelini ishga tushirish simulyatsiya modelini yaratish jarayonida muhim qadamdir.

Model yaratishning dastlabki bosqichlarida bu modelni to'g'ri qurisgga ishonch hosil qilish uchun uni sinab ko'rish va muammolarni bartaraf etishga yordam beradi.

Modelni ishga tushirish uchun asosiy asboblar paneli ostidagi simulyatsiya boshqaruv panelidagi "Qayta tiklash" tugmasini bosiladi. (Qayta tiklash tugmasini bosish simulyatsiya modelini tozalaydi va uni boshlang'ich qiymatlariga qaytaradi.) Simulyatsiyani boshlash uchun "Play" tugmasini va to'xtatib turish uchun "Stop" tugmasini bosiladi.



Modelni birinchi marta ishga tushirilganda, mijoz darhol xizmat ko'rsatish stolida paydo bo'ladi. Asta-sekin, ko'proq mijozlar paydo bo'ladi va Kutish Navbati navbatida navbat hosil qiladi:



5.10.11-rasm.

Agar simulyatsiya modeli shunga o'xshash tarzda ishlamasa yoki xato xabarlarini olinsa, oldingi barcha amallarni to'g'ri bajarilganiga ikki martadan tekshirib chiqiladi.

Bundan tashqari, hozirda 3D vizuallar biroz g'alati va g'ayritabiiy ko'rinishi mumkin. Shuni yodda tutish kerakki, model yaratishning dastlabki bosqichida asosiy modelni yaratish va uning to'g'ri ishlashiga ishonch hosil qilish haqida ko'proq tashvish, uni realistik ko'rinishga keltirishdan ko'ra. Keyingi topshiriqlarda 3D modelni vizuallarini uni tabiiyroq ko'rinishga keltirish uchun qanday yaxshilashni o'rganish mumkin.

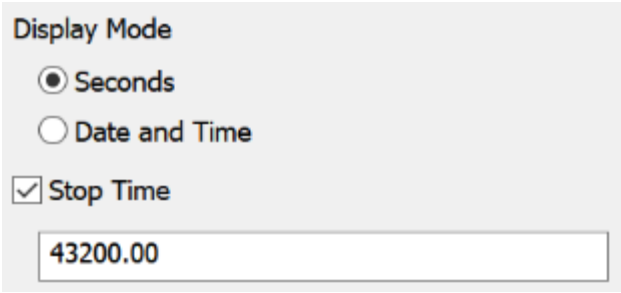
Qo'llanmaning keyingi bosqichi ustida ishlashda, simulyatsiya modelini standart tezlikdan tezroq tezlikda ishga tushirish foydali bo'lishi mumkin. Modeldan

vakillik ma'lumotlarini olish uchun simulyatsiya modelini to'liq kun davomida ishga tushirish ham foydali bo'lishi mumkin. Mijozlarga xizmat ko'rsatish markazidagi odatiy kun 12 soat davom etganligi sababli, simulyatsiyani 43 200 soniya (12 soatga teng) davomida ishlashga sozlanadi.

Simulyatsiya tezligini va to'xtash vaqtini o'zgartirish uchun:

-Menyuni ochish uchun simulyatsiya boshqaruv panelidagi " Ish vaqti " katagi yonidagi strelka bosiladi.

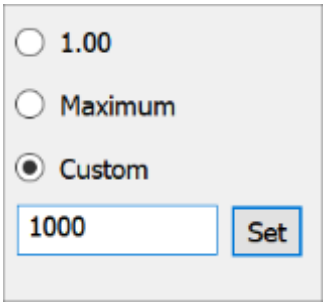
"To'xtash vaqti" katagiga belgi qo'yiladi va uning ostidagi katakchaga 43200 raqamini kiritiladi.



5.5.12-rasm.

Simulyatsiya boshqaruv panelidagi "Ishga tushirish tezligi" katagi yonidagi strelkani bosiladi.

"Maxsus" oynasiga 1000 raqamini kiritiladi va "O'rnatish " tugmasini bosiladi.



5.5.13-rasm.

Bu simulyatsiya jarayoniga qanday ta'sir qilishini ko'rish uchun modelni ikkinchi marta ishga tushirishga harakat qilish kerak.

Laboratoriya ishini bajarish uchun variantlar:

1. Oddiy ishlab chiqarish liniyasini sozlash: Talaba Source, Queue, Processor va Sink obyektlaridan foydalanib, mahsulot kelishi va unga ishlov berish vaqtini (masalan, 10 birlik vaqt) modellashtirishi kerak.

2. Yig'uv tsexini modellashtirish (Combiner): Ikki xil xomashyoni (masalan, korpus va detallar) bitta mahsulotga birlashtirish jarayonini Combiner obyekti yordamida qurish va yig'ish vaqtini tahlil qilish.

3. Operatorlar bilan ishlash va resurslarni taqsimlash: Ishlab chiqarish jarayoniga Operatorni qo'shish va uning ish yukini (utilizatsiya) diagrammalar yordamida tahlil qilish.

4. Uskunalarning buzilishi (MTBF/MTTR): Dastgohlarning tasodifiy buzilishlarini va ularni operator tomonidan ta'mirlanish jarayonini modellashtirish.

5. Ko'p bosqichli ishlov berish liniyasi: MultiProcessor obyektidan foydalanib, bitta dastgohda ketma-ket bajariladigan bir necha operatsiyalarni (masalan, tozalash, bo'yash, quritish) modellashtirish.

6. Konveyerli transport tizimi: Mahsulotlarni sexlararo tashish uchun turli xil konveyerlardan (masalan, belt yoki accumulating) foydalanish va ularning sig'imini o'rganish.

7. Avtomatlashtirilgan AGV tizimlari: Sex ichida mahsulotlarni tashish uchun yuk ko'targichlar o'rniga o'ziyurar robotlar (AGV) harakatini va ularning yo'nalishlarini sozlash.

8. Mahsulot turlari bo'yicha saralash: Turli xil mahsulotlarni (masalan, 3 xil rangdagi qutilar) ishlov berish vaqtiga qarab turli liniyalarga saralash mantiqini qurish.

9. Sex ichidagi ombor tizimi (Rack): Tayyor mahsulotlarni vaqtinchalik saqlash uchun Rack (stellaj) obyektidan foydalanish va uning to'lib borish dinamikasini o'rganish.

10. "Bottleneck" (Tor bo'g'iz) ni aniqlash va bartaraf etish: Liniyadagi eng sekin ishlovchi dastgohni aniqlash va unga parallel ravishda ikkinchi dastgohni qo'shish orqali tizim unumdorligini oshirish.

11. Process Flow yordamida maxsus mantiq yaratish: Standart mantiqdan tashqari, blok-sxemalar orqali mahsulotlarga ustuvorlik (priority) berish yoki murakkab yo'nalishlarni belgilash.

12. Excel orqali ma'lumotlarni import qilish: Mahsulotlarning kelish vaqti va ishlov berish parametrlarini tashqi Excel jadvalidan Global Tables orqali modelga bog'lash.

13. Ishchi smenalarini modellashtirish (Time Tables): Sex ishchilarining tushlik tanaffuslari va smena almashish vaqtlarini Time Table vositasi orqali kiritish.

14. Yoritish ustunlarini ishlab chiqarish liniyasi: Murakkabroq keys: varaqli metallni kesish, egish, payvandlash va tayyor ustunni forklift yordamida tashish jarayonini yaxlit modelga keltirish.

15. Optimizer yordamida resurslarni optimallashtirish: Experimenter va Optimizer vositalaridan foydalanib, xarajatlarni kamaytirgan holda maksimal ishlab chiqarish hajmiga erishish uchun operatorlar va mashinalar sonini tanlash

Variant boyicha berilgan topshiriqni FlexSim dasturida modellashtiring va xisobot tayyorlang.

Nazorat savollari:

1. FlexSim dasturida A-ulanish (A-connection) va S-ulanish (S-connection) o‘rtasidagi asosiy farq nimada?

2. Source, Queue, Processor va Sink obyektlarining har biri ishlab chiqarish modelida qanday funksiyalarni bajaradi?

3. Ishlab chiqarish tizimidagi "tor bo‘g‘iz" (bottleneck) nima va uni FlexSim yordamida qanday aniqlash mumkin?

4. MTBF (Mean Time Between Failures) va MTTR (Mean Time To Repair) ko‘rsatkichlari modelga nima uchun kiritiladi?

5. Dashboard panelidagi Utilization (utilizatsiya) va Throughput (o‘tkazuvchanlik) diagrammalari nimani anglatadi?

6. Simulyatsiya modelini validatsiya qilish (validation) jarayoni deganda nima tushuniladi?

7. Obyekt xossalaridagi Triggers (triggerlar) nima uchun xizmat qiladi va ularga misol keltiring?

8. Rejalashtirilgan to‘xtab qolishlar (masalan, tushlik tanaffusi) va tasodifiy buzilishlar modelda qaysi asboblar yordamida kiritiladi?

9. Vazifa ijrochilari (Task Executers) uchun harakatlanish tezligi (Max Speed) va tezlanish (Acceleration) ko‘rsatkichlarini belgilash nima uchun muhim?

10. Nima uchun murakkab mantiqiy jarayonlarni yaratishda faqat 3D obyektlar emas, balki Process Flow vositasidan foydalanish tavsiya etiladi?

5.11. §. Simul8 dasturida ishlab chiqarishdagi oqimlarni taqqoslash.

Ishdan maqsad: Simul8 muhitida ishlab chiqarish tizimining imitatsion modelini yaratish, turli ishlab chiqarish oqimlarini (line, parallel, bottleneck) modellashtirish, oqim samaradorligini asosiy ko‘rsatkichlar orqali taqqoslash, eng optimal ishlab chiqarish konfiguratsiyasini aniqlashdan iborat.

Kerakli asbob-uskunalar va dasturiy ta’minot. Simul8 dasturi, kompyuter yoki noutbook, loyihalash uchun Simul8 dasturi kutubxonalari o’rnatilgan bo’lishi kerak. Agar sizda Simul8 dasturi yo‘q bo‘lsa ushbu havola orqali yuklab olishungiz mumkin: https://www.softwaresuggest.com/simul8

Nazariy qism.

So‘nggi 10 yil ichida imitatsion modellashtirish sohasida strukturaviy sxemalarga asoslangan tizimlar maxsus dasturlash tillariga asoslangan tizimlardan ustunlikka ega bo‘ldi. Buning asosiy sababi — dasturlashdan voz kechib, obyektga yo‘naltirilgan modellashtirishga o‘tish imkoniyatidir.

Hozirgi kunda ko‘plab strukturaviy va imitatsion modellashtirish tizimlari mavjud. Biroq rus tilida tavsiflarning yetishmasligi sababli tanlash qiyinlashadi. Simul8 tizimi uchun ham rus tilidagi to‘liq tavsif mavjud emas. Ushbu maqola aynan shu tizimni yoritishga bag‘ishlangan.

Simul8 tizimi **Simul8 Corporation** tomonidan ishlab chiqilgan bo‘lib, ilk bor 1995-yilda sotuvga chiqarilgan. Kompaniyaning bosh ofisi AQShning Boston shahrida joylashgan. Simul8 tizimi quyidagi tizimlarga o‘xshash:

- *Simulink*

- *AnyLogic*

Bu tizimlarda paketlarning harakat yo‘nalishi va ularga xizmat ko‘rsatish jarayonlari aniq parametrlar orqali belgilanadi.

Ishlab chiqarish tizimlarida materiallar va yarim tayyor mahsulotlarning harakati muayyan oqimlar orqali amalga oshiriladi. Ushbu oqimlar ishlab chiqarishning samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Imitatsion modellashtirish ushbu jarayonlarni real tizimga zarar yetkazmagan holda virtual muhitda o‘rganish imkonini beradi.

Simul8 dasturi diskret-hodisaviy modellashtirishga asoslangan bo‘lib, unda ishlab chiqarish tizimi quyidagi asosiy elementlar orqali ifodalanadi:

- kirish nuqtalari (Entrance) — tizimga elementlarning kirishini ta’minlaydi;
- ishchi markazlar (Work Center) — texnologik operatsiyalar bajariladigan obyektlar;
- navbatlar (Queue) — resurslar yetishmasligi natijasida yuzaga keladigan kutish zonalari;
- chiqish nuqtalari (Exit) — tizimdan chiqishni ifodalaydi.

Simul8 tizimidagi asosiy tushunchalar:

- *zayavkalar → ishchi elementlar;*
- *navbat → queue;*
- *xizmat ko‘rsatuvchi qurilmalar → ishchi markazlar.*

Simul8 quyidagilar uchun mo‘ljallangan:

- ✓ *diskret tizimlarni modellashtirish*
- ✓ *ishlab chiqarishni optimallashtirish*
- ✓ *logistika tizimlarini tahlil qilish*
- ✓ *xizmat ko‘rsatish tizimlarini o‘rganish*

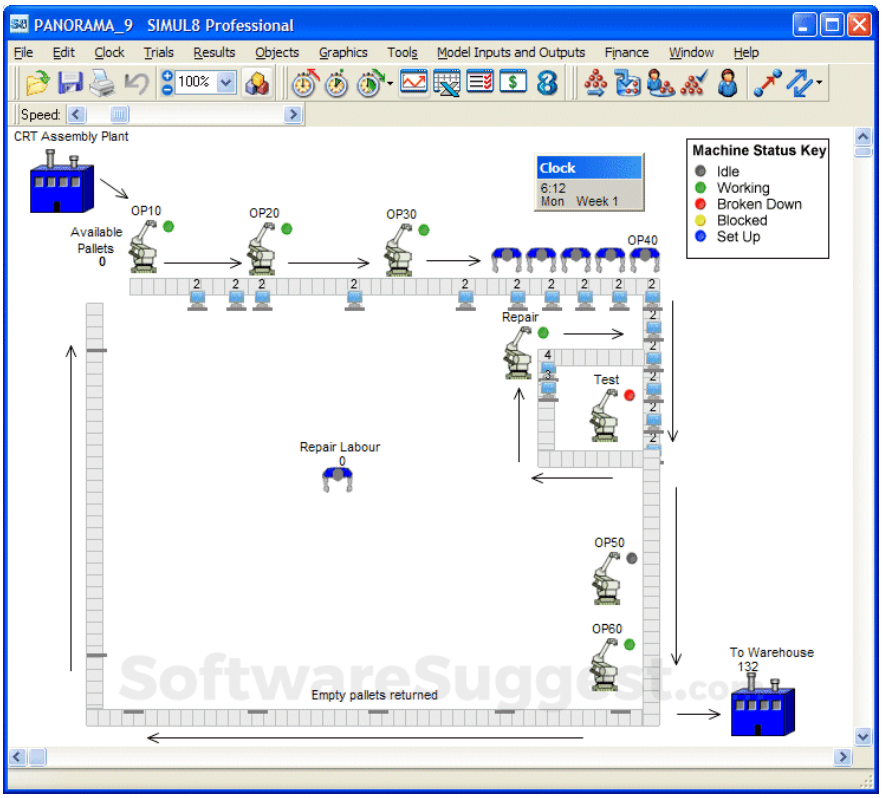
Bu tizim yordamida:

- ➢ *real jarayonlarni virtual muhitda sinash mumkin*
- ➢ *tizim yuklamasini modellashtirish mumkin*

- *samaradorlikka ta’sir qiluvchi parametrlarni o‘zgartirish mumkin*
- *optimal qarorlar tanlanadi*

Simul8 da model odatda dasturlashsiz, strukturaviy model asosida quriladi. Zarur bo‘lsa Visual Logic tilidan foydalanish mumkin.

Tizim quyidagi dasturlar bilan integratsiyalashadi: *Microsoft Excel, Access, Visio, SQL bazalari.*



5.11.1 –rasm. Simul8 dasturida modellashtirish oynasi.

Ushbu vosita real dunyo cheklovlari, quvvat, chastotalar, ish vaqtlari va boshqa omillarni hisobga oladigan kompyuter modelini yaratadi, bu esa tizimning real ishlash ko'rsatkichlari va umumiy unumdorlikni ta'minlashga imkon beradi. Ushbu model virtual muhitda real dunyo stsenariylarini sinab ko'rish, ekstremal yuklama sinovlarini o'tkazish va taklif qilingan yechimlarni eksperimental tasdiqlash imkonini beradi, natijada eng maqbulini tanlaydi.

Simul8 interfeysi 5.11.1-rasmda ko'rsatilgan. Yuqori qismida loyiha operatsiyalari uchun boshqaruv paneli, markazda sxemalar, modullar va umuman

tizimni yaratish uchun ish maydoni va chapda barcha elementlar olingan menyu joylashgan.

Ishlab chiqarish oqimlari odatda quyidagi asosiy turlarga bo‘linadi:

- Ketma-ket oqim (line flow) — barcha operatsiyalar izchil ravishda birin-ketin bajariladi. Bunday tizimlarda biror operatsiyaning sekin ishlashi butun tizim samaradorligini pasaytiradi.

- Parallel oqim (parallel flow) — bir xil operatsiyalar bir nechta ishchi markazlarda bir vaqtning o‘zida bajariladi. Bu ishlab chiqarish unumdorligini oshiradi, biroq qo‘shimcha resurslar talab etadi.

- Tor joyli tizim (bottleneck system) — tizimning biror qismida ishlash tezligi past bo‘lib, umumiy oqimni cheklab qo‘yadi. Bu navbatlarning ortishiga va ishlab chiqarish vaqtining uzayishiga olib keladi.

Ishlab chiqarish tizimlarini baholashda quyidagi ko‘rsatkichlar muhim hisoblanadi:

- ✓ o‘tkazuvchanlik (throughput);
- ✓ o‘rtacha kutish vaqti;
- ✓ navbat uzunligi;

Laboratoriya ishni bajarish tartibi.

Laboratoriya ishi doirasida uch xil ishlab chiqarish modeli Simul8 muhitida quriladi va ularning ishlash natijalari o‘zaro taqqoslanadi.

1. Ketma-ket ishlab chiqarish modeli

Birinchi bosqichda ketma-ket ishlab chiqarish liniyasining modeli yaratiladi. Model tarkibiga kirish nuqtasi, uchta ketma-ket joylashgan ishchi markaz va chiqish nuqtasi kiritiladi. Ishchi elementlarning tizimga kirish oralig‘i eksponensial qonun asosida beriladi, xizmat ko‘rsatish vaqtlari esa o‘rtacha qiymatlar asosida aniqlanadi.

Model ishga tushirilgandan so‘ng ishlab chiqarish tizimining asosiy ko‘rsatkichlari aniqlanadi va qayd etiladi.

2. Parallel ishlab chiqarish modeli

Ikkinchi bosqichda parallel ishlab chiqarish tizimi modellashtiriladi. Bu yerda kirish oqimi bir nechta parallel ishchi markazlarga taqsimlanadi. Buning natijasida yuklama teng taqsimlanadi va umumiy ishlab chiqarish samaradorligi oshadi.

Modelni ishga tushirish orqali tizimning o‘tkazuvchanligi, navbatlar holati va resurslardan foydalanish darajasi aniqlanadi.

3. Tor joyli (bottleneck) tizim modeli

Uchinchi bosqichda ishlab chiqarish tizimida sun’iy ravishda tor joy hosil qilinadi. Buning uchun ishchi markazlardan birida xizmat ko‘rsatish vaqti boshqa markazlarga nisbatan ancha yuqori qilib belgilanadi.

Simulyatsiya natijasida navbatlarning aynan qaysi nuqtada ortib borayotgani aniqlanadi hamda ushbu tor joyning butun tizim samaradorligiga ta’siri tahlil qilinadi.

Dastur matni quyidagicha:

```
import simpy
import random
# Parametrlar
ARRIVAL_RATE = 3        # mijoz/min
SERVICE_TIME = 0.5      # xizmat vaqti
NUM_SERVERS = 2
SIM_TIME = 100
wait_times = []
def customer(env, name, server):
    arrival_time = env.now
    print(f"{name} keldi: {arrival_time}")
    with server.request() as request:
        yield request
        wait = env.now - arrival_time
        wait_times.append(wait)
        print(f"{name} xizmatni boshladi: {env.now}")
        service_time = random.expovariate(1.0 / SERVICE_TIME)
        yield env.timeout(service_time)
```

```
        print(f"{name} ketdi: {env.now}")
    def arrival_process(env, server):
        i = 0
        while True:
            yield env.timeout(random.expovariate(ARRIVAL_RATE))
            i += 1
            env.process(customer(env, f"Mijoz {i}", server))
    # Muhit yaratish
    env = simpy.Environment()
    server = simpy.Resource(env, capacity=NUM_SERVERS)
    env.process(arrival_process(env, server))
    env.run(until=SIM_TIME)
    # Natijalar
    print("\n--- Natijalar ---")
    print("O‘rtacha kutish vaqti:", sum(wait_times)/len(wait_times))
```

4. Natijalarni qayta ishlash va tahlil qilish

Har bir model bo‘yicha olingan natijalar quyidagi asosiy ko‘rsatkichlar asosida tahlil qilinadi:

- ✓ ishlab chiqarish hajmi (throughput);
- ✓ o‘rtacha kutish vaqti;
- ✓ navbat uzunligi;
- ✓ resurslardan foydalanish darajasi.

Olingan natijalar jadval ko‘rinishida rasmiylashtiriladi va turli ishlab chiqarish oqimlari o‘rtasida solishtirma tahlil amalga oshiriladi. Ayniqsa, tor joy mavjud bo‘lgan tizimda samaradorlikning pasayish darajasiga alohida e’tibor qaratiladi.

Laboratoriya ishini bajarish uchun variantlar jadvali

5.11.1-jadval

Variant	Kirish oralig‘i (min)	WC1 (min)	WC2 (min)	WC3 (min)	Parallel soni	Bottleneck (qaysi WC)
1	5	4	5	6	2	WC2
2	6	5	7	5	2	WC2
3	4	3	6	4	3	WC2
4	5	6	8	5	2	WC2
5	7	5	9	6	3	WC2
6	5	4	10	5	2	WC2
7	6	6	7	6	2	WC2
8	4	3	5	4	3	WC2
9	5	5	8	5	2	WC2
10	6	4	9	6	3	WC2
11	5	6	10	5	2	WC2
12	7	5	8	7	3	WC2
13	4	3	7	4	2	WC2
14	6	5	9	6	3	WC2
15	5	4	6	5	2	WC2

Variant boyicha berilgan topshiriqni Simul8 dasturida modellashtiring va xisobot tayyorlang.

Nazorat savollari:

1. Simul8 dasturida ishlab chiqarish oqimini modellashtirish nima maqsadda ishlatiladi?
2. Simul8da Work Entry Point, Work Center, va Work Exit Point elementlari qanday vazifani bajaradi?
3. Ishlab chiqarish tizimida navbatlar (queues) qanday rol o‘ynaydi va ularni Simul8da qanday sozlash mumkin?
4. Resources va Work Centers o‘rtasidagi farq nima?

5. Simul8da ma’lumotlarni yig‘ish (Statistics Collection) qanday amalga oshiriladi?

6. Ishlab chiqarish oqimlarida ehtimollik (probability) qanday ishlatiladi va qaysi elementlarda qo‘llaniladi?

7. Simul8da Cycle Time, Throughput, va WIP (Work in Progress) tushunchalari nimani anglatadi?

8. Ishlab chiqarish liniyasini optimallashtirishda resurs sonini o‘zgartirish qanday ta’sir qiladi?

9. Simul8da ishlab chiqarish oqimini taqqoslash uchun qaysi usullar va grafiklar mavjud?

10. Simul8da modellashtirilgan ishlab chiqarish tizimida bottleneckni aniqlash va uni kamaytirish usullari qanday?

5.12-§. Pyton (SimPy kutubxonasi) yordamida navbat tizimini modellashtirish

Ishdan maqsad: talabalarga navbat tizimlarining ishlash prinsiplarini o‘rgatish, Pyton SimPy kutubxonasi yordamida imitatsion model yaratishni o‘rgatish, tizim samaradorligini baholash ko‘nikmalarini shakllantirish.

Kerakli asbob-uskunalar va dasturiy ta’minot. Simul8 dasturi, kompyuter yoki noutbook, loyihalash uchun Pyton dasturi SimPy kutubxonalari o’rnatilgan bo’lishi kerak. Agar sizda Pyton dasturi yo‘q bo‘lsa ushbu havola orqali yuklab olishungiz mumkin: https://www.python.org/downloads/

Nazariy qism.

Navbatlar – bu diskret hodisalarni simulyatsiya qilishning asosiy usuli bo’lib, agar ishlar to’g’r tashkil etilasa, mijozlar kutib qoladi, ishlar kutib qoladi, bu esa iqtisodiy harajatga olib keladi. Agar navbatni immitasion modellashtirilsa, uni yuzaga kelatirayotgan muammolarni tahlil qilinsa, jarayonni prognozlash mumkin bo’ladi.

Navbatga quyidagilar kerak:

1. **Kelishlar (Arrival)** – Kelish (mijozlar kelishi)

2. **Server** - Ularga xizmat ko'rsatuvchi resurs

3. **Xizmat** - Har bir kelishni qayta ishlash vaqti

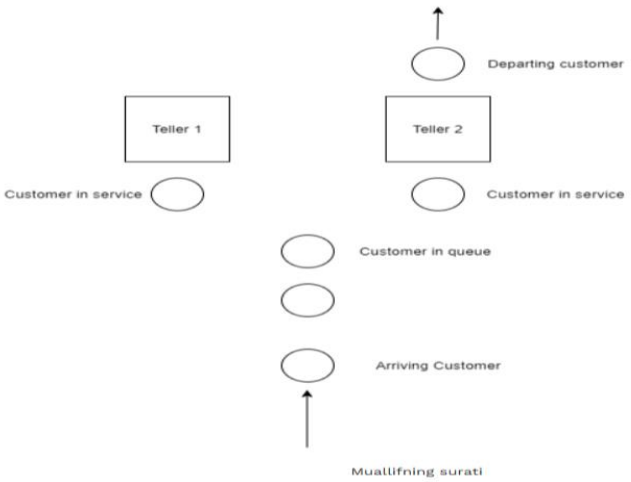
Navbatlar davlat xizmatlarida, banklarda, shifoxonalarda, aeraport va vokzallarda, supermarketlarda yuzaga kelishi mumkin. Masalan, hayotimizning biron bir davrida barchamiz bankka tashrif buyurganmiz va banklarning qanday ishlashini yaxshi bilamiz. Mijozlar kirishadi, raqamlarini chaqirish uchun navbatda kutishadi, kassadan xizmat olishadi va nihoyat ketishadi. Bu navbat tizimi va biz kundalik hayotimizda ko'plab navbat tizimlariga duch kelamiz, oziq-ovqat do'konlaridan tortib, o'yin-kulgi bog'larigacha, ular hamma joyda. Va shuning uchun biz ularni iloji boricha samarali qilishga harakat qilishimiz kerak. Bu tizimlarda juda ko'p tasodifiylik mavjud bo'lib, bu katta kechikishlarga, uzoq navbatlarga, samaradorlikni pasaytirishga va hatto pul yo'qotishlariga olib kelishi mumkin. Tasodifiylikni diskret hodisa simulyatsiyasi modelini ishlab chiqish orqali hal qilish mumkin, bu asosiy samaradorlik ko'rsatkichlarini tahlil qilish orqali operatsion samaradorlikni oshirishda juda foydali bo'ladi.

Quyida bank ish jarayonida navbatni modellashtiriladi.

Laboratoriya ishini bajarish ketma-ketligi:

Topshiriq: Bankda ikkita kassa xodimi bor bo’lib, mijozlar bankka o'rtacha har 3 daqiqada Puasson jarayoniga ko'ra kelishadi. Bu holda kelish tezligi taxmin qilindi, ammo aniq natijalarga erishish uchun haqiqiy ma'lumotlardan modellashtirilishi kerak. Ular bo'sh turgan kassa xodimini bitta navbatda kutishadi. Ushbu turdagi tizim **M/M/2 navbat tizimi** deb ataladi. Mijozga xizmat ko'rsatish uchun ketadigan o'rtacha vaqt birinchi kassa xodimi tomonidan 1, 2 daqiqa va ikkinchi kassa xodimi tomonidan 1, 5 daqiqani tashkil qiladi. Xizmat ko'rsatish vaqtlari bu yerda eksponensial deb taxmin qilindi. Mijoz bankka kirganda va ikkala kassa xodimi ham bo'sh turganida, ular teng ehtimollikdagi birini tanlaydilar. Agar mijoz bankka kirsa va navbatda to'rt kishi kutib tursa, ular bankdan 50% ehtimollik bilan chiqib ketadi. Agar mijoz bankka kirsa va navbatda besh yoki undan ortiq odam kutib tursa, ular bankdan 60% ehtimollik bilan chiqib ketadi. Jarayon Pyton (SimPy kutubxonasi) yordamida modellashtiriladi.

1. **Avval tizimni tasavvur qilib asosiy jarayonlar tasvirlanadi:**



5.12.1-rasm.

Diskret hodisa simulyatsiyasida vaqtni oldinga siljitishning ikkita keng qo'llaniladigan yondashuvi mavjud: keyingi hodisa vaqtini oldinga siljitish (soat bir hodisadan ikkinchisiga sakrab o'tadi) va belgilangan vaqt oralig'ida vaqtni oldinga siljitish (soat belgilangan vaqt oralig'ida oldinga siljiydi). Ushbu model uchun keyingi hodisa vaqtini oldinga siljitish mexanizmidan foydalanilgan.

Simulyatsiya modelining asosiy komponentlari quyidagilardir:

- Holat o'zgaruvchilari: tizimni ma'lum bir vaqtda tavsiflaydi;
- Simulyatsiya soati: vaqtni kuzatib boradi;
- Statistik hisoblagichlar: ishlash parametrlari haqidagi statistik ma'lumotlarni saqlash uchun o'zgaruvchilar;
- Boshlash tartibi: modelni 0 vaqtda ishga tushiradigan kichik dastur yoki klass;
- Vaqtni belgilash tartibi: keyingi hodisani belgilaydigan kichik dastur yoki sinf;
- Hodisa tartibi: muayyan hodisa sodir bo'lganda tizimni yangilaydigan kichik dastur yoki sinf.

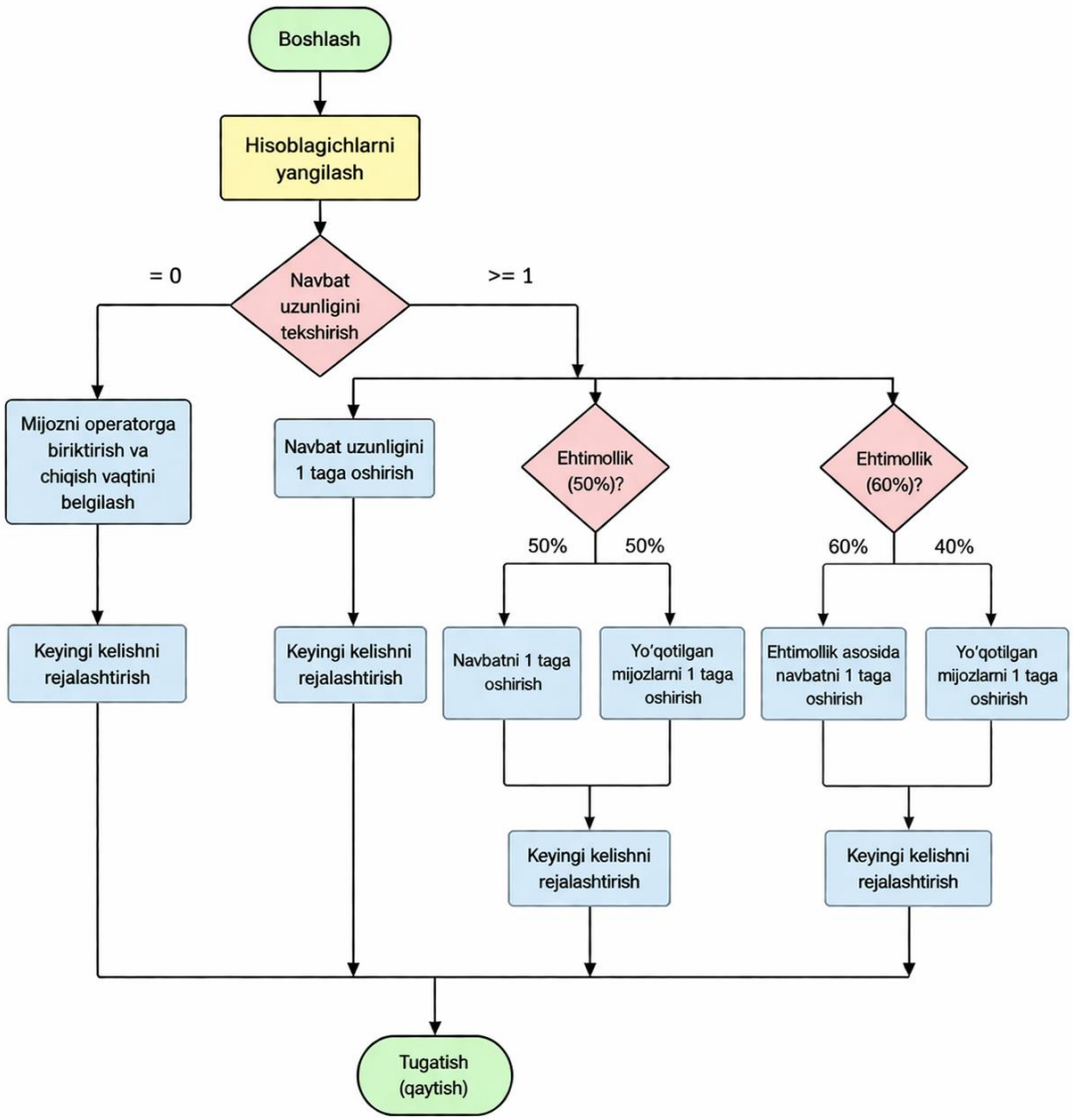
Ishni kerakli kutubxonalarni import qilishdan boshlab, bu holda faqat NumPy va Pandalar kerak bo'ladi (python da SimPy deb nomlangan simulyatsiya kutubxonasi mavjud, bu jarayonga asoslangan simulyatsiya tizimidan ham foydalanish mumkin).

Keyin, o'zgaruvchilarni aniqlash va ularni asosiy klass ichidagi init funksiyasida ishga tushirishdan boshlanadi. Quyida belgilangan o'zgaruvchilar holat o'zgaruvchilari va statistik hisoblagichlardir.

1. Tizimning ishlashi haqida ma'lumot beradigan asosiy o'zgaruvchilar o'rtacha kutish vaqti, serverlardan foydalanish, navbatda kutayotgan odamlar soni va yo'qolgan mijozlar bo'lib, ularning ba'zilari to'g'ridan-to'g'ri hisoblanadi, boshqalari esa olinadi.

2.Vaqtni xisoblash tartibi. Vaqtni hisoblash tartibi rejalashtirilgan voqealar vaqtini taqqoslash orqali keyingi qaysi voqea sodir bo'lishini aniqlaydi va simulyatsiya soatini tegishli hodisaga o'tkazadi. Dastlab, jo'nash voqealari cheksiz vaqt ichida sodir bo'lishi rejalashtirilgan (chunki mijozlar yo'q), bu birinchi voqea kelish hodisasi bo'lishini kafolatlaydi. Ushbu funksiyada mijozlarning umumiy kutish vaqtini ham hisoblab chiqdim. Bu mantiqan to'g'ri, chunki biz vaqtni hisoblash tartibining boshlanishi bo'lgan tadbir tugaganidan keyin mijozlarning kutish vaqtini baholanadi.

3. Navbat yetib kelishi. Yuqorida aytib o'tilgan muammoga ko'ra, kelish hodisasi bir nechta natijalarga olib kelishi mumkin, ular quyidagi algoritmd ko'rsatilgan.



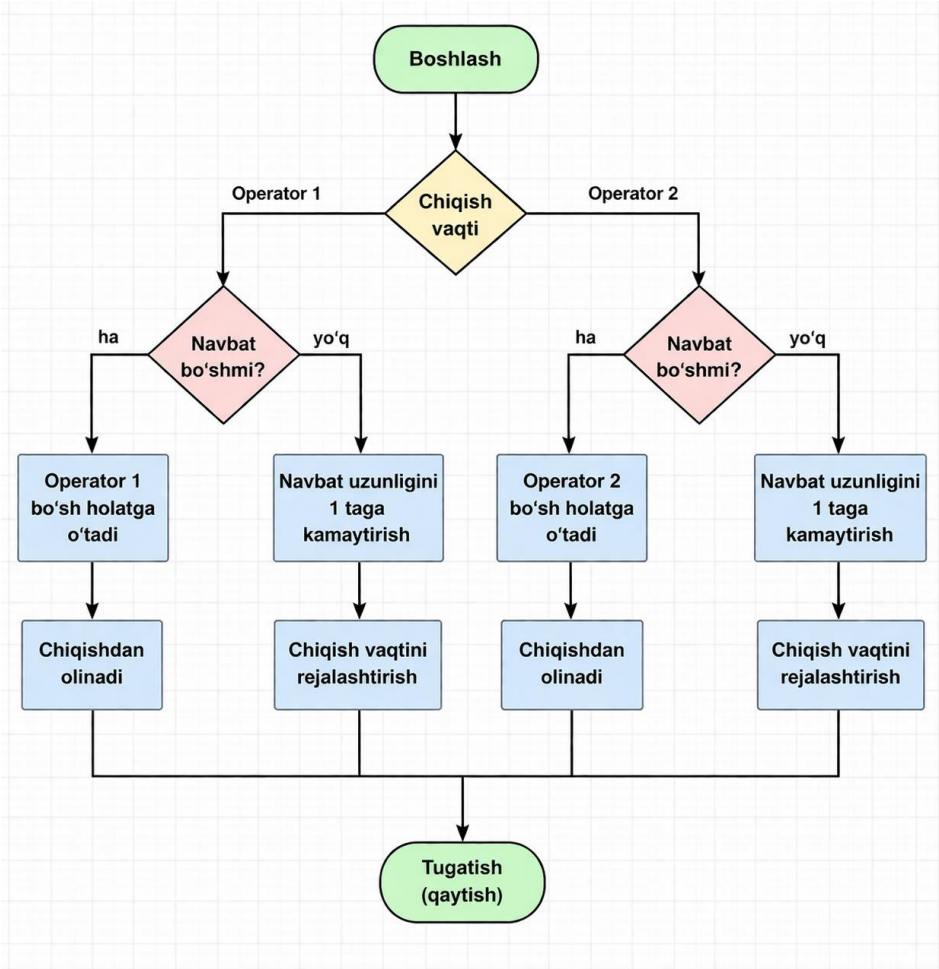
5.12.2-rasm

Yetib kelish hodisasining natijasi navbatdagi mijozlar soni va serverlarning holatiga qarab belgilanadi. Har bir natija uchun statistik hisoblagichlar yangilanadi va keyingi tadbir rejalashtiriladi.

Navbat uzunligi nolga teng bo'lgan taqdirda, har bir serverning holati tekshiriladi va mijoz bepul serverga biriktiriladi, jo'nash va kelish rejalashtiriladi. Agar ikkala server ham band bo'lsa va navbat uzunligi nolga teng bo'lsa, navbat uzunligi bittaga oshiriladi va keyingi kelish rejalashtiriladi.

Boshqa barcha hollarda, navbat uzunligi bittaga oshiriladi va keyingi kelish rejalashtiriladi yoki mijoz yo'qoladi va hisoblagich yangilanadi.

Mijoz ketib qolishi. Vaqt tartibi keyingi rejalashtiriladigan ikkita ketish hodisasidan birini aniqlaganda, ketish hodisasi sodir bo'ladi. Ketish hodisalari oqimi quyidagi algoritmda ko'rsatilgan.



5.12.3-rasm.

Kelish va xizmat ko'rsatish vaqtlari teskari konvertatsiya namunalarini olish yordamida yaratiladi. Ushbu tasodifiy sonlar generatori funksiyalari kelish va jo'nash funksiyalarida tasodifiy kelish va xizmat ko'rsatish vaqtlarini yaratish uchun chaqiriladi.

Pyton (SimPy kutubxonasi) dasturida matni quyidagicha:

Bank with multiple queues example

Covers:

- Resources: Resource

- Iterating processes

```
Scenario:
  A multi-counter bank with a random service time and customers arrival process. Based on the
  program bank10.py from TheBank tutorial of SimPy 2. (KGM)
By Aaron Janeiro Stone
"""
from simpy import *
import random
maxNumber = 30      # Max number of customers
maxTime = 400.0     # Rumtime limit
timeInBank = 20.0   # Mean time in bank
arrivalMean = 10.0  # Mean of arrival process
seed = 12345        # Seed for simulation
def Customer(env, name, counters):
    arrive = env.now
    Qlength = [NoInSystem(counters[i]) for i in range(len(counters))]
    print("%7.4f %s: Here I am. %s" % (env.now, name, Qlength))
    for i in range(len(Qlength)):
        if Qlength[i] == 0 or Qlength[i] == min(Qlength):
            choice = i  # the chosen queue number
            break
    with counters[choice].request() as req:
        # Wait for the counter
        yield req
        wait = env.now - arrive
        # We got to the counter
        print('%7.4f %s: Waited %6.3f' % (env.now, name, wait))
        tib = random.expovariate(1.0 / timeInBank)
        yield env.timeout(tib)
```

```
        print('%7.4f %s: Finished' % (env.now, name))
def NoInSystem(R):
    """Total number of customers in the resource R"""
    return max([0, len(R.put_queue) + len(R.users)])
def Source(env, number, interval, counters):
    for i in range(number):
        c = Customer(env, 'Customer%02d' % i, counters)
        env.process(c)
        t = random.expovariate(1.0 / interval)
        yield env.timeout(t)
# Setup and start the simulation
print('Bank with multiple queues')
random.seed(seed)
env = Environment()
counters = [Resource(env), Resource(env)]
env.process(Source(env, maxNumber, arrivalMean, counters))
env.run(until=maxTime)
```

Keyingi qadam simulyatsiyani ishga tushirishdir. Uni soat 9:00 dan 13:00 gacha (4 soat) 100 ta replikatsiya uchun ishga tushirishga va keyingi tahlil uchun ma'lumotlarni Excel ish daftariga to'plashga va saqlashga qoyildi. Har safar tasodifiy sonlar sonini yangilaydigan, 100 marta ishlaydigan va natijalarni ma'lumotlar doirasiga qo'shadigan for siklidan foydalanildi. Keyinchalik bu ma'lumotlar doirasi Excel ish daftari sifatida eksport qilinadi.

	Average interarrival time	Average service time teller1	Average service time teller 2	Utilization teller 1	Utilization teller 2	People who had to wait in line	Total average wait time	Lost Customers
0	2.70	1.51	1.47	29.87%	24.88%	9	5.52	0
1	2.73	1.33	1.42	23.78%	25.98%	9	13.51	0
2	2.92	1.24	1.33	22.25%	21.16%	7	2.14	0
3	2.61	0.95	1.55	18.61%	27.79%	4	3.84	0
4	2.97	1.13	1.65	20.24%	25.48%	12	10.93	0
5	3.21	1.23	2.15	22.04%	27.75%	7	4.53	0
6	3.10	0.88	1.34	14.20%	21.08%	1	0.86	0
7	3.05	1.21	1.48	18.85%	24.88%	5	4.65	0
8	2.60	1.08	1.56	19.21%	31.01%	8	4.43	0
9	3.22	1.02	1.45	16.69%	20.66%	6	2.71	0
10	2.44	1.11	1.65	24.94%	29.83%	9	8.42	0
11	3.10	1.29	1.80	20.88%	28.33%	11	7.75	0
12	2.84	1.29	1.68	22.00%	29.98%	10	13.47	0
13	2.50	1.31	1.96	25.64%	29.65%	24	59.23	12
14	2.82	0.95	1.72	19.42%	25.06%	7	10.57	0
15	2.72	1.51	1.40	25.61%	27.15%	7	3.28	0
16	2.97	1.01	1.45	16.02%	26.02%	8	5.75	0
17	3.00	1.15	1.23	20.02%	18.97%	4	2.58	0
18	3.54	1.38	1.05	16.01%	17.43%	1	0.53	0
19	2.52	0.98	1.50	20.57%	27.32%	11	6.67	0
20	3.43	1.31	1.66	22.32%	20.03%	3	2.42	0

5.12.4-rasm.

Natijada, ushbu jadval natijalardan samaradorlik ko'rsatkichlarini olishimiz mumkin, keyin ularni tahlil qilish va samaradorlikni oshirish, xarajatlarni kamaytirish, resurslarni taqsimlash va boshqalarda foydalanish mumkin.

5.12.1-jadval

Ko‘rsatkich nomi	**Qiymati**
1-operator bandlik darajasi	20.87 %
2-operator bandlik darajasi	24.43 %
Kutishga majbur bo‘lgan mijozlar soni	6.96
Har bir mijoz uchun o‘rtacha kutish vaqti	0.90
Yo‘qotilgan mijozlar soni	0.12

Simulyatsiya ishlab chiqarishdan tortib xizmat ko'rsatishgacha va hatto biologiyagacha bo'lgan ko'plab sohalarda muhim qaror qabul qilish vositasi sifatida ishlatilishi mumkin. Ushbu laboratoriya ishida simulyatsiyaning cheksiz imkoniyatlarining kichik bir namunasi ko’rib chiqildi. Ishning maqsadi diskret hodisa simulyatsiyasi qanday ishlashi va uni qaror qabul qilish vositasi sifatida qo'llash haqida fundamental tushunchaga ega bo'lish edi.

Laboratoriya ishini bajarish uchun variantlar jadvali:

5.12.2-jadval

№	Kelish intensivligi λ (mijoz/min)	Xizmat vaqti (daq)	Operator-lar soni	Navbat sig‘imi	Yo‘qotish ehtimoli	Izoh
1	2	0.5 – 1.0	1	Cheksiz	0	Oddiy M/M/1
2	3	0.3 – 0.8	1	10	0	Cheklangan navbat
3	4	0.2 – 0.6	2	Cheksiz	0	M/M/2 tizim
4	5	0.5 – 1.5	2	5	0.2	Yo‘qotish bilan
5	6	0.4 – 1.0	3	10	0	Ko‘p kanalli
6	2	1.0 – 2.0	1	5	0.3	Sekin xizmat
7	3	0.5 – 1.0	2	8	0	Balanslangan
8	7	0.2 – 0.5	3	10	0.1	Yuqori yuklama
9	5	0.6 – 1.2	2	Cheksiz	0	O‘rtacha tizim
10	8	0.3 – 0.7	4	12	0	Yuqori intensivlik
11	1	0.5 – 1.5	1	Cheksiz	0	Past yuklama
12	6	0.4 – 0.9	2	6	0.25	Yo‘qotishli model
13	4	0.7 – 1.3	3	10	0	Ko‘p xizmat kanali
14	9	0.2 – 0.6	4	8	0.15	Stress-test variant
15	3	0.8 – 1.5	2	5	0.2	Realistik model

Variant boyicha berilgan topshiriqni Pyton (SimPy kutubxonasi) dasturida modellashtiring va xisobot tayyorlang.

Nazorat savollari:

1. Navbat tizimi deganda nima tushuniladi va uning asosiy elementlari nimalardan iborat?
2. Kelish intensivligi (λ) va xizmat ko‘rsatish tezligi (μ) qanday tushunchalar va ular tizim ishlashiga qanday ta’sir qiladi?
3. SimPy kutubxonasida Environment va Resource obyektlarining vazifasi nimadan iborat?
4. Navbat uzunligi va kutish vaqti o‘rtasida qanday bog‘liqlik mavjud?
5. Cheklangan va cheksiz navbat tizimlari o‘rtasidagi farq nimada?
6. Ko‘p kanalli (multi-server) tizimlarning bir kanalli tizimlardan ustunliklari nimada?
7. Yo‘qotilgan mijozlar (lost customers) tushunchasi nimani anglatadi va qachon yuzaga keladi?
8. SimPy yordamida mijozlarning kelish jarayoni qanday modellashtiriladi?
9. Tizimning yuklanish darajasi (ρ) nima va u qanday hisoblanadi?
10. Modellashtirish natijalarini tahlil qilishda qaysi asosiy ko‘rsatkichlar hisobga olinadi?

Glossariy

GPSS - bu turli xil tabiatdagi ob'ektlarning fazoviy-vaqt harakatini qattiq blok-sxema tuzilmasi yordamida vizuallashtirsh uchun ishlatiladigan izohli til tizimi.

AVTOMATLASHTIRISH - amaliy faoliyatga avtomatik mashinalarni joriy etish (masalan, boshqaruvni avtomatlashtirish, moy ishlab chiqarish, tibbiy diagnostika, yuklash operatsiyalari va boshqalar).

O‘QITIShNI AVTOMATLANGAN TIZIMI (O‘AT) — o‘qitishni individuallashtirishga mo‘ljallangan, kompyuterga asoslangan texnik, o‘quv, uslubiy, lingvistik, dasturiy va tashkiliy ta’minotning o‘zaro bog‘langan majmuasi.

ALGORITM - (9-asr o‘zbek matematigi Al Xorazmiy nomidan kelib chiqqan) - 1) ketma-ketlik oxirida bajarilishi maqsadga erishishga olib keladigan harakatlar

ketma-ketligini to‘liq tavsiflash; 2) algoritmik tilda yozilgan yakuniy matn. Algoritmning dastlab sof matematik kontseptsiyasi endi kengaytirildi: algoritmga rasmiylashtirilmaydigan harakatlar ko‘rsatkichlarini, agar ular odamlar tomonidan to‘g'ri tushunilgan va amalga oshirilsa (masalan, ixtiro algoritmi) kiritishga ruxsat beriladi. Avtomat tomonidan qabul qilinadigan va bajariladigan algoritmga dastur deyiladi.

ALGORITMLASH - 1) loyihalashtirilgan jarayonning algoritmini tuzish (masalan, masalaning yechimini algoritmlash); 2) algoritmni aniqlash, mavjud jarayonni rasmiylashtirish (odatda uni o‘rganish, takomillashtirish yoki avtomatlashtirish maqsadida).

ALGORITMIK MODEL - bu qandaydir algoritm yoki algoritmlar to‘plami bilan tavsiflangan model, uning ishlashi va rivojlanishini belgilaydi. Bu, bir qarashda, g'ayrioddiy model turini (haqiqatan ham, har qanday modelni o‘rganish algoritmi bilan ifodalash mumkin), bizning fikrimizcha, juda asosli, chunki barcha modellarni algoritmik tarzda o‘rganish yoki amalga oshirish mumkin emas.

ALTERNATIVE - variant, ekvivalent, ikki yoki undan ortiq imkoniyatlardan biri; ega bo‘lishi, ishlatilishi mumkin bo‘lgan narsa va hokazo. boshqa narsa o‘rniga. Tanlov muqobillar to‘plami bo‘yicha amalga oshiriladi.

ANIMATION - tasvirni alohida ramkalar ko‘rinishida taqdim etish, unda tasvirlar biroz farq qiladi. Kadrlarning juda tez o‘zgarishi dinamik effektlarning paydo bo‘lishiga olib keladi.

KOMPYUTER ANIMATSIYASI - har xil dinamik vizual effektlardan foydalanishga asoslangan dinamik grafika (harakatlanuvchi rasmlar, ranglar bilan ajratib ko‘rsatish, diagrammalar/jadvallarning alohida elementlarining shrifti va boshqalar); dinamik tasvirlarni sintez qilish, displey ekranida harakat illyuziyasini yaratish.

DASTURIY TA'MINOT TIZIMI ARXITEKTURASI - tizimning hisoblash quyi tizimlari va ular orasidagi interfeyslar nuqtai nazaridan, masalani parchalash qoidalarini aks ettirish.

MA'LUMOTLAR BAZASI - 1) ma’lumot tashuvchilarda taqdim etilgan va umumiy va qulay tuzilishga ega, turli xil foydalanuvchi dasturlari tomonidan ma'lumotlardan foydalanishni ta'minlash uchun yagona tashkiliy, uslubiy, dasturiy ta'minot, apparat va til vositalariga ega bo‘lgan ma'lum bir mavzu bo‘yicha tuzilgan ma'lumotlarning etarlicha katta to‘plami. 2) kompyuter yordamida turli sohalarga oid bilimlar, ma'lumotlarni to‘plash, tizimlashtirish va saqlash, bu bilimlarga kirish, uni kengaytirish, olish, yangi bilimlarni olish va h.k. 3) mavzu sohasini tavsiflovchi va xulosa qilish mexanizmi bilan birgalikda ushbu mavzu bo‘yicha savollarga javob berishga imkon beruvchi qoidalar va faktlar to‘plami, ularning javobi ma'lumotlar bazasida aniq mavjud emas.

BLOK DIAGRAMMA - tizim ichida sodir bo‘ladigan operatsiyalarning grafik tasviri.

VERIFIKASIYA - hayot tsiklining har bir bosqichida tizimning belgilangan talablarga to‘g'ri bajarilishini tekshirish.

VISUAL MODEL - modellashtirilgan tizimning xususiyatlarini, ayniqsa dinamikada tasavvur qilish imkonini beruvchi model.

VIRTUALIZASIYA - voqelikni uning taqlidi/tasvirlari bilan almashtirish.

HYPERLINK – bir elektron axborot obyektidan boshqasiga havola (masalan, matndan eslatma yoki bibliografiya bandiga, bir ensiklopedik maqoladan boshqasiga).

HYPERTEXT - hujjatlar orasidagi bog'lanishlar (giperhavolalar) yordamida axborotni taqdim etish usuli; giperhavolalar bilan bog'langan interfaol matnlar sifatida elektron shaklda taqdim etilgan o‘quv materiallari turi.

DETERMINISTIK MODEL - har bir kirish parametrlari to‘plamiga to‘liq aniq va yagona aniqlangan chiqish parametrlari bilan mos keladigan model; aks holda, model deterministik bo‘lmagan, stokastik (ehtimolli).

DIAGRAMMA - sinflar, stsenariylar, holatlar va boshqalar yordamida tizimni modellashtirishning grafik tasviri.

DINAMIK MODEL - uning parametrlari orasida vaqt parametri mavjud bo‘lgan model, ya'ni tizimni (tizimdagi jarayonlarni) vaqtida ko‘rsatadi.

DINAMIK TEST - xatolarni aniqlash, ularning sabablarini aniqlash va ularni bartaraf etish uchun dasturlarni bajarish.

DISKRET MODEL - tizimning faqat diskret momentlardagi harakatini tavsiflaydi.

TIZIMNING HAYOTIY TSIKLI (Life Sykl) uzluksiz jarayon bo‘lib, uni yaratish zarurati to‘g'risida qaror qabul qilingan paytdan boshlab boshlanadi va u xizmatdan to‘liq bekor qilingan paytda tugaydi.

BELGI - 1) shaxs tomonidan qabul qilinadigan o‘ziga xos (odatda yagona, elementar) ma'noga ega bo‘lgan signal (masalan, yo‘l belgisi, belgilar, matematik belgilar, odatiy imo-ishoralar va boshqalar); 2) mavhum tushunchaning haqiqiy modeli.

O‘YIN MODELI - o‘yin ishtirokchilari (individuallar, koalitsiyalar) o‘rtasida ma'lum o‘yin holatini tavsiflaydi va amalga oshiradi.

IERARXIK MODEL (daraxt) - qandaydir ierarxik tuzilma (daraxt) bilan ifodalanishi mumkin bo‘lgan model.

IMITATSION MODELI - modelning ayrim yoki barcha parametrlarini o‘zgartirish orqali ob'ektning rivojlanishi va xatti-harakatlarining mumkin bo‘lgan yo‘llarini sinab ko‘rish yoki o‘rganish uchun mo‘ljallangan model.

IMITASION MODELLASHTIRISH - dinamik xususiyatlarni tahlil qilish va resurslarni taqsimlashni tahlil qilish bilan turli jihatlarda va turli tashqi va ichki sharoitlarda tizim xatti-harakatlarini modellashtirish.

KOMPYUTER MODELI – matematik modellarga asoslangan o‘quv nashri; nafaqat sinf muhitida takrorlash qiyin bo‘lgan hodisalarni ko‘rsatish, balki o‘rganilayotgan jarayon va hodisalarga ma'lum parametrlarning ta'sirini (interaktiv rejimda) aniqlashtirish uchun ham qo‘llanilishi mumkin.

KOMPYUTER TEST TIZIMI - bu bir tomondan talabaning o‘zini o‘zi nazorat qilish imkoniyatini ta'minlasa, ikkinchi tomondan joriy yoki yakuniy nazoratning odatiy qismini o‘z zimmasiga oladigan o‘quv nashri. Kompyuter test tizimi o‘zgartirishga ruxsat bermaydigan alohida dastur yoki to‘ldirish o‘qituvchiga yuklangan universal dasturiy ta'minot qobig'i bo‘lishi mumkin.

KOMPYUTER SIMULYATSIYASI - bu murakkab tizimni uning kompyuter modelidan foydalanish asosida tahlil qilish yoki sintez qilish muammosini hal qilish usuli.

MANTIQIY MODEL - predikatlar va mantiqiy funktsiyalar bilan ifodalanishi mumkin bo‘lgan model.

MAKRO MODELLASH - makromodel yordamida ma'lum qurilmalar va tizimlarni modellashtirish.

MAKRO MODEL - bir qancha murakkab modellardan oddiy strukturaviy diagrammaga qisqartirilgan model.

MATEMATIK MODEL - matematik tushunchalar yordamida haqiqatning soddalashtirilgan tavsifi. Matematik modellar bilan bog'liq muammolarning ikkita asosiy sinfi mavjud: to‘g'ridan-to‘g'ri va teskari. Birinchi holda, modelning barcha parametrlari ma'lum deb hisoblanadi va biz faqat uning xatti-harakatlarini o‘rganishimiz mumkin. Ikkinchisida esa, modelning ba'zi parametrlari noma'lum (masalan, ularni aniq o‘lchash mumkin emas) va ularni haqiqiy tizimning xatti-harakatlarini uning modeli bilan solishtirish orqali topish kerak.

MATEMATIK MODELLASH - real jarayon va hodisalarning matematik modellarini qurish va o‘rganish jarayoni.

MATEMATIK MODELLASHTIRISH - ijtimoiy hodisa va jarayonlarning asosiy xususiyatlarini tavsiflash va keyinchalik tahlil qilish uchun matematik til va apparatlardan foydalanish.

MODEL - ob'ektning ob'ekti yoki tavsifi, asl nusxani yaxshiroq o‘rganish yoki uning har qanday xususiyatlarini takrorlash uchun bir tizimni (ya'ni, asl nusxani) boshqa tizim bilan almashtirish (ma'lum shartlar, takliflar, gipotezalar) tizimi.

ABTRACT MODEL - ideal dizayn; tafakkur, ong yordamida qurilgan model.

KLASSIFIKASYON MODEL - eng oddiy model turi bo‘lib, unda faqat o‘ziga xoslik yoki farq munosabatlari qayd etiladi.

MATEMATIK MODEL - matematika yordamida tuzilgan mavhum yoki ramziy model (masalan, tenglamalar tizimi, grafik, mantiqiy formula va boshqalar shaklida).

MODEL OF MODELLAR - modellar ierarxiyasi; ko‘p darajali abstraktsiya; modellar ierarxiyasidagi darajalar soni, ehtimol, aqlning rivojlanishi bilan bog'liq.

KOGNITIV MODEL - bilimlarni tashkil etish va taqdim etish shakli; yangi bilimlarni mavjud bilimlar bilan bog'lash vositasi.

PRAGMATIK MODEL – boshqaruv, amaliy harakatlarni tashkil etish vositasi; namuna, to‘g'ri harakatlar standarti (masalan, algoritm) yoki ularning natijasi (masalan, maqsad modeli).

REAL MODEL (REAL, FISICAL, SUBJECT) – real obyektlardan qurilgan model; haqiqiy model va asl nusxa o‘rtasidagi o‘xshashlik bevosita, bilvosita va shartli bo‘lishi mumkin.

TIZIM TUZISH MODELI - tizim qanday quyi tizimlar va elementlardan iboratligini tavsiflovchi model.

STATIK MODEL - vaqt parametri bo‘lmagan model.

TIZIM TUZILISHI MODELI—tizim tarkibi modeli elementlari orasidagi barcha munosabatlarni (bog'lanishlarni) tavsiflovchi model.

FUNKSIONAL MODEL - tizimni o‘z ichiga olgan umumiy tizimning bir qismi sifatida tavsiflovchi jarayonlarni tavsiflovchi model, ya'ni ushbu tizimning maqsadi bilan bog'liq.

OPTIMAL - berilgan sharoitlarda eng yaxshisi. Sifat optimallik mezoni yordamida baholanadi va shartlar qo‘shimcha mezonlar bo‘yicha cheklovlar shaklida ko‘rsatiladi. Optimallashtirish kibernetikaning asosiy g'oyasidir.

QAROR QABUL QILISh - alternativalar to‘plamiga asoslangan maqsadli tanlov. Qaror qabul qilish usullari noaniqlik turiga va boshqa tanlov shartlariga qarab farqlanadi.

MUAMMO (yunoncha “vazifa” dan) - 1) rivojlanish muammosi - tizimning qoniqarsiz holati, uni yaxshi tomonga o‘zgartirish oson ish emas; 2) ishlash muammosi - saqlanishi doimiy va qiyin harakatlarni talab qiladigan tizimning qoniqarli holati (masalan, omon qolish muammosi)

MULTIMEDIA (multimediya vositalari) - har xil turdagi ma'lumotlarni raqamli shaklda yaratish, saqlash, qayta ishlash va ko‘paytirish uchun kompyuter

vositalari: matn, chizmalar, diagrammalar, jadvallar, diagrammalar, fotosuratlar, video va audio qismlar va boshqalar.

OBYEKTGA MO”LJALLANGAN MODEL - bir-biri bilan o‘zaro ta'sir qiluvchi, xususiyat va xatti-harakatlarga ega bo‘lgan ob'ektlar to‘plamining tuzilishi.

MODEL QURISH - bu dastlabki ma'lumotlar, farazlar, nazariyalar va mutaxassislar bilimlarini tahlil qilish va sintez qilishni talab qiladigan tizimli vazifadir. Tizimli yondashuv nafaqat real tizim modelini yaratish, balki ushbu modeldan tizimni baholash (masalan, boshqaruv samaradorligi, ishlashi) uchun foydalanish imkonini beradi.

PRAGMATIK MODEL - amaliy harakatlarni tashkil etish vositasi, uni boshqarish uchun tizim maqsadlarining ishchi ifodasidir. Ulardagi voqelik qandaydir pragmatik modelga moslashtirilgan. Bu odatda amaliy modellar.

DASTUR KODI - pedagogik va texnologik stsenariyda belgilangan algoritm bo‘yicha ma'lum bir dasturlash tilida yozilgan kompyuter dasturi.

TIZIM - maqsadga erishish vositasi; tizimlarning asosiy belgilari: yaxlitlik, atrof-muhitdan nisbiy izolyatsiya, atrof-muhit bilan aloqalarning mavjudligi, ular o‘rtasidagi qismlar va aloqalarning mavjudligi (strukturalilik), tizimning butun tashkil etilishining ma'lum bir maqsadga bo‘ysunishi.

TRENAJOR KOMPLEKSI – talabaga nazariy materialda ko‘rsatilgan ko‘nikmalarni mustaqil ravishda amalda qo‘llash va kursni o‘zlashtirishdagi zaif tomonlarini aniqlash imkonini beruvchi elektron o‘quv nashri.

TIZIM YADROSI - tizimning o‘rnatilgan funktsiyalari va operatorlarining etarlicha vakillik to‘plamini ta'minlaydigan ko‘plab oldindan tuzilgan funktsiyalar va protseduralarning kodlari.

DASTURLASH TILI - dastur algoritmlarini yozib olish va ularni keyinchalik kompyuterda bajarish uchun mo‘ljallangan til.

TIL MODELI - qandaydir lingvistik ob'ekt, rasmiylashtirilgan til tizimi yoki tuzilishi bilan ifodalanadigan model. Ba'zan bunday modellar og'zaki, sintaktik va boshqalar deb ataladi.

YACHEYKA - tizim ichidagi tizimdagi ba'zi raqamli ma'lumotlarni saqlash uchun elementlar. Saqlangan qiymatlar hujayralari va saqlangan qiymatlar matritsalari mavjud.

FOYDALANILGAN ADABIYOT VA HAVOLALAR

1. Mirziyoyev SH.M. Yangi O‘zbekiston strategiyasi [Matn]/SH.M.Mirziyoyev. - Toshkent: “O‘zbekiston” nashriyoti, 2021. - 464 b

2. Norman S. Nise. Control Systems Engineering.New York, John. Wiley, 7 edition, 2015. - 944 p.

3. Yusupbekov N.R., Muxamedov B.E., G‘uIomov Sh.M. Texnologik jarayonlami boshqarish tizimlari. - Toshkent. “O‘qituvchi”: 1997,704 b.

4. Акопов, А.С. Имитационное моделирование: учебник и практикум для академического бакалавриата / А. С. Акопов — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 389 с.

5. Алиев, Т.И. Основы моделирования дискретных систем / Т.И. Алиев. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.

6. Алтаев, А.А. Имитационное моделирование на языке GPSS / Сост. Алтаев А.А. – Улан-Удэ, Изд-во ВСГТУ, 2001. – 122 с.

7. Андреев, В.В. Методы и средства создания открытых мультиагентных систем для поддержки процессов принятия решений / 8. Барвиненко, В.В. Принять решение быстро / В.В. Барвиненко, В.Р. Ляпин // Армейский сборник. – 2010. – № 2. – С. 39–42.

9. Бахвалов, Л.А. Компьютерное моделирование: долгий путь к сияющим вершинам / Л.А. Бахвалов // Компьютерра. – 1997. – № 40. – С. 26-36. 10. Белевитин, А.Б. Моделирование организации медицинского обеспечения / А.Б. Белевитин, А.М. Шелепов, И.Ф. Савченко // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2011. – Т. 1. – С. 172–177.

11. Боев, В.Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World: учебное пособие / В.Д. Боев. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011. – 368 с.

12. Боев, В.Д. Исследование адекватности GPSS World и AnyLogic при моделировании дискретно-событийных процессов: Монография. – СПб.: ВАС, 2011. — 404 с.

13. Боев, В.Д. Имитационное моделирование систем : учеб. пособие для прикладного бакалавриата / В. Д. Боев. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 253 с.

14. Бражник, А.Н. Имитационное моделирование: Возможности GPSS World / А.Н. Бражник. – СПб.: Реноме, 2006. – 439 с.

15. Варжапетян, А.Г. Имитационное моделирование на GPSS/H: учебное пособие / А.Г. Варжапетян. – СПб.: ГУАП, 2007. – 384 с.

16. Девятков, В.В. Имитационное моделирование системы сервисного обслуживания в нефтегазовой компании / В.В. Девятков // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2014. – № 8/2014. – С. 31-37.

17. Девятков, В.В. Некоторые вопросы методологии имитационных исследований / В.В. Девятков // Прикладная информатика. – 2014. – № 4 (52). – С. 81-88.

18. Девятков, В.В. Системный анализ и имитационные исследования транспортной системы Универсиады 2013 в Казани / В.В. Девятков // Транспортное дело России. – 2014. – № 4 (113). – С. 24-27

19. Заборовский В.С., Ильяшенко А.С., Мулюха В.А. Имитационное моделирование телематических систем: Учеб. пособие. - СПб: Изд-во СПбГПУ, 2013. - 58 с.

20. Кудрявцев, Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем / Е.М. Кудрявцев. – М.: ДМК, 2003. – 320 с.

21. Маликов, Р. Ф. Практикум по дискретно-событийному моделированию сложных систем в расширенном редакторе GPSS [Текст]: учеб.

пособие / Р. Ф. Маликов. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2017. – 260с.
22. Carpenter, A. Carpenter's Guide to Innovative SAS Techniques / A. Carpenter. – SAS Institute, 2012. – 570 p.
23. Jeffrey Allen Joines, Stephen Dean Roberts Simulation modeling with SIMIO: A Workbook V4. - Fourth Edition. – Simio LLC, 2015. – 432 p.

MUNDARIJA

	KIRISH……..	3
	I-BOB. MUHANDISLIK TIZIMLARI VA ULARNI TASHKIL ETUVCHILARI	7
1.1 §	Muhandislik tizimlari dinamik tizimlar sifatida…….	7
	Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar…….....	12
1.2 §	Muhandislik tizimlarini ifodalashda qo’llaniladigan matematik sxemalar……..…….....	18
	Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar…….....	22
1.3 §	Muhandislik tizimlari strukturasini ifodalashdagi matematik apparatlar: graflar, Petra to’ri, chekli avtomatlar, Markov zanjiri…..	26
	Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar…….....	28
	II-BOB. IMITASION TIZIMLARNI QURISH PRINSIPLARI VA ALGORITMLARI	31
2.1 §	Imitasion tizimlarni qurish prinsiplari…….	31
	Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar…….	32
2.2 §	Muhandislik tizimlarining faoliyati jarayonini imitasiyalash……..	37
	Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar……	38
2.3 §	Muhandislik tizimlari ekvivalent strukturaviy o‘zgartirish algoritmlari……...	41
	Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar…….	42
	III-BOB. TURLI SOHALARDA MUHANDISLIK TIZIMLARNING IMITASION MODELINI YARATISH	48
3.1 §	Neft gaz sanoati jarayonlarining imitasion modelini yaratish……..	48
	Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar…….	49
3.2 §	Transport tizimlarini boshqarish tizimlarini imitasion modellash…..	57
	Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar…….....	59

3.3 §	Imitasion tizimlar modullarini tanlash va ularni dasturiy vositalarda qo‘llash.....	63
	Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar…….....	66
	IV-BOB. MATLAB/SIMULINK MUHITIDA VISUAL MODELLASHTIRISH	72
4.1 §	MATLAB-Simulink muhitida dinamik tizimlarni vizual modellashtirish…….	72
	Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar…….....	80
4.2 §	Simulink paketida strukturaviy bloklardan foydalanib chiziqli tizimlarni imitasion modellashtirish…….....	92
	Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar…….....	96
4.3 §	MATLAB-Simulink tizimida yulduz zanjiri bo‘yicha qabul qiluvchi fazalarni ulashda uch fazali elektr zanjirini hisoblash va modellashtirish….....	101
	Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar…….....	103
4.4 §	MATLAB-Simulink tizimida uchfazali elektrik zanjirlarning qabullagich fazalarini uchburchak sxemasi bo‘yicha ulashni hisoblash va modellashtirish……	115
	Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar…….....	117
4.5 §	Chiziqli elektrik zanjirlarda o‘tkinchi jarayonlarni imitasion modellashtirish….....	124
	Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar…….....	127
4.6 §	Gazni quritish, tozalash tizimining imitasion modelini yaratish…….	129
	Masalalarni yechishga doir ko‘rsatmalar……	132
	V-BOB. IMMITASION MODELLASHTIRISHGA OID LABORATORIYA MASHG’ULOTLARI	138
5.1 §	MATLAB muhitida oddiy ishlab chiqarish jarayonini modellashtirish…….	138

5.2 §	Simulinkda ishlab chiqarish liniyasining oqim sxemasini yaratish…….	144
5.3 §	Navbat tizimini (Queueing system) Matlab modeli……..…...	149
5.4 §	Resurslardan foydalanish samaradorligini MATLAB yordamida hisoblash……...	156
5.5 §	Arena dasturida oddiy ishlab chiqarish liniyasini modellashtirish…….	159
5.6 §	AnyLogic dasturida logistika jarayonini modellashtirish…….....	169
5.7 §	AnyLogic yordamida ishlab chiqarish liniyalarida transport jarayonini tahlil qilish …….	177
5.8 §	AnyLogic muhitida ishlab chiqarish zanjirida resurslarni taqsimlash modeli….....	180
5.9 §	AnyLogic orqali ombor logistikasini modellashtirish …….....	185
5.10 §	FlexSim dasturida ishlab chiqarish tsexining modellashtirish ……	190
5.11 §	Simul8 dasturida ishlab chiqarishdagi oqimlarni taqqoslash ……..	205
5.12 §	Pyton (SimPy kutubxonasi) yordamida navbat tizimini modellashtirish…….	212
	Glossariy…….....	222
	FOYDALANILGAN ADABIYOT VA HAVOLALAR RO‘YHATI…….	229
	Mundarija……..….	232

TABLE OF CONTENTS

	INTRODUCTION…….	3
	CHAPTER I. ENGINEERING SYSTEMS AND THEIR STRUCTURE	7
1.1 §	Engineering systems as dynamic systems……..…….	7
	Guidelines for problem solving…….....	12
1.2 §	Mathematical schemes used for representing engineering systems……....	18
	Guidelines for problem solving…….....	22
1.3 §	Mathematical tools for representing the structure of engineering systems: graphs, Petri nets, finite automata, Markov chains……..……....	26
	Guidelines for problem solving……	28
	CHAPTER II. PRINCIPLES AND ALGORITHMS FOR BUILDING SIMULATION SYSTEMS	31
2.1 §	Principles of building simulation systems…..……..	31
	Guidelines for problem solving……	32
2.2 §	Simulation of engineering system operation processes……	37
	Guidelines for problem solving……	38
2.3 §	Algorithms for equivalent structural transformations of engineering systems….....	41
	Guidelines for problem solving……	42
	CHAPTER III. DEVELOPMENT OF SIMULATION MODELS OF ENGINEERING SYSTEMS IN VARIOUS FIELDS	48
3.1 §	Development of simulation models for oil and gas industry processes……...	48
	Guidelines for problem solving …….....	49
3.2 §	Simulation modeling of transport system management ….....	57
	Guidelines for problem solving …….....	59
3.3 §	Selection of simulation system modules and their implementation in software tools ……...……...	63
	Guidelines for problem solving …….....	66
	CHAPTER IV. VISUAL MODELING IN MATLAB/SIMULINK ENVIRONMENT	72
4.1 §	Visual modeling of dynamic systems in MATLAB/Simulink …...…….	72
	Guidelines for problem solving…….....	80
4.2 §	Simulation modeling of linear systems using structural blocks in Simulink..……	93
	Guidelines for problem solving……..……....	96
4.3 §	Calculation and simulation of a three-phase electrical circuit with star	101

	(Y) connection in MATLAB/Simulink ……..…….....	
	Guidelines for problem solving…….…….....	103
4.4 §	Calculation and simulation of a three-phase electrical circuit with delta (Δ) connection in MATLAB/Simulink…….....…....	115
	Guidelines for problem solving…….....	117
4.5 §	Simulation of transient processes in linear electrical circuits……..	124
	Guidelines for problem solving…….....	127
4.6 §	Development of a simulation model for gas drying and purification systems.....	129
	Guidelines for problem solving…….....	132
	CHAPTER V. LABORATORY WORKS ON SIMULATION MODELING	138
5.1 §	Modeling of a simple production process in MATLAB……..	138
5.2 §	Creating a production line flow diagram in Simulink……..	144
5.3 §	Queueing system modeling in MATLAB……..…..	149
5.4 §	Calculation of resource utilization efficiency using MATLAB……..	156
5.5 §	Modeling a simple production line in Arena software……	159
5.6 §	Modeling logistics processes in AnyLogic…….…….	169
5.7 §	Analysis of transport processes in production lines using AnyLogic….	177
5.8 §	Resource allocation model in a production system using AnyLogic…..	180
5.9 §	Warehouse logistics modeling using AnyLogic……..	185
5.10 §	Modeling of a production workshop in FlexSim…….	190
5.11 §	Comparison of production flows in Simul8……..……...	205
5.12 §	Queueing system modeling using Python (SimPy library)……..…	212
	GLOSSARY	222
	REFERENCES	229
	TABLE OF CONTENTS	232

A.A.YUSUPOV

ISHLAB CHIQARISH JARAYONLARIDA IMITATSION MODELLASHTIRISH

(O‘QUV QO‘LLANMA)

Muharrir: O.Abdullayev
Dizayner: J.Qobilov

“OMADBEK PRINT NUMBER ONE” MCHJ
Andijon shahri, Bobur shoh ko`chasi, 39 a uy.
Nashriyot litsenziya raqami: № 156677.
2023-yil 7-noyabrda berilgan.
Tijoriy takliflar uchun: 99-906-90-71

Bosmaxonaga 2026 yil 02 oktyabrda berildi.
Bosishga 2026 yil 07 oktyabrda ruxsat etildi.
Bichimi 84x108 1/16. Hajmi 14,8 bosma taboq.
Times New Roman garniturasi,
ofset qog`ozi, ofset usulida chop etildi.
Buyurtma 871 Adadi 50 dona.

Ushbu kitobning hech bir qismidan mualliflarning yozma ruxsatisiz elektron yoxud bosma shaklda tijoriy maqsadlarda foydalanish uchun chop etish hamda internet, ijtimoiy tarmoqlar orqali tarqatish mumkin emas.
Mualliflik huquqlari qonun bilan himoya qilinadi.

“OMADBEK PRINT NUMBER ONE” MCHJ
bosmaxonasida chop etildi.
Andijon shahar Bobur shoh ko`chasi, 39 a uy.
O`zbekiston Respublikasi Prezidenti adminstratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligining **19.02.2025** dagi **627268** raqamli guvohnomasi.