UDK 624.012.45:001.891.53

# YIG‘MA-YAXLIT TEMIRBETON SINCHLI BINO MODELLARINI MASSHTABLI EKSPERIMENTAL TADQIQ ETISH USLUBI VA SINOV DASTURI

**Xamroqulov Ulug‘bek Damirovich**
Mirzo Ulug‘bek nomidagi Samarqand davlat texnika universiteti, doktorant (DSc)
e-mail: midimin@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0009-0009-8061-3336

**Annotatsiya.** Maqolada yig‘ma-yaxlit temirbeton sinchli binolarni masshtabli fizik modellar asosida eksperimental tadqiq etish uslubi bayon etilgan. Tadqiqot maqsadi — o‘xshashlik nazariyasiga tayangan holda uch turdagi sinchli bino modeli uchun yagona sinov dasturini ishlab chiqish, masshtab koeffitsientlarini asoslash va model o‘lchamlarining natura binoga mosligini tekshirishdan iborat. *Bakingem-Pi* teoremasi asosida to‘rtta o‘lchamsiz $\pi$-kompleks qabul qilinib, geometrik masshtab $kl = 4$, kuch uchun $kP = 16$, chiziqli ko‘chish uchun $kf = 4$ ekanligi asoslandi. Modellar 1:4 masshtabda, natura binosi materiallarining o‘zidan tayyorlandi; yordamchi namunalar sinovi natijasida betonning prizmatik mustahkamligi $R_{bm}$ = 30,84 MPa, hisobiy qarshiligi $R_b$ = 22,77 MPa aniqlandi. Model o‘lchamlari natura binoga qayta hisoblanganda amaldagi namunaviy mahsulot o‘lchamlariga to‘g‘ri kelishi (400×400 mm ustun, 220 mm qalinlikdagi ko‘p bo‘shliqli plita, 4Ø32 A400 armatura) tasdiqlandi. Bu masshtab tanlovining to‘g‘riligini va tajriba natijalarini natura binoga ekstrapolyatsiya qilish mumkinligini ko‘rsatadi.

**Kalit so‘zlar:** yig‘ma-yaxlit temirbeton, sinchli bino, fizik modellashtirish, o‘xshashlik nazariyasi, *Bakingem-Pi* teoremasi, masshtab koeffitsienti, sinov dasturi, yordamchi namunalar.

# МЕТОДИКА МАСШТАБНОГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОГРАММА ИСПЫТАНИЙ МОДЕЛЕЙ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

**Аннотация.** В статье изложена методика экспериментального исследования сборно-монолитных железобетонных каркасных зданий на масштабных физических моделях. Цель работы — разработать единую программу испытаний для трёх типов моделей каркаса на основе теории подобия, обосновать масштабные коэффициенты и проверить соответствие размеров модели натурному зданию. На основе теоремы *Bakingem-Pi* приняты четыре безразмерных $\pi$-комплекса; обоснованы геометрический масштаб $kl = 4$, коэффициент для силы $kP = 16$ и для линейных перемещений $kf = 4$. Модели изготовлены в масштабе 1:4 из тех же материалов, что и натурное здание; по результатам испытаний вспомогательных образцов призменная прочность бетона составила $R_{bm}$ = 30,84 МПа, расчётное сопротивление $R_b$ = 22,77 МПа. Установлено, что при пересчёте размеров модели на натуру они совпадают с размерами действующей типовой продукции (колонна 400×400 мм, многопустотная плита толщиной 220 мм, арматура 4Ø32 A400), что подтверждает правильность выбора масштаба и возможность экстраполяции опытных данных на натурное здание.

**Ключевые слова:** сборно-монолитный железобетон, каркасное здание, физическое моделирование, теория подобия, теорема *Bakingem-Pi*, масштабный коэффициент, программа испытаний, вспомогательные образцы.

# METHODOLOGY OF SCALED EXPERIMENTAL RESEARCH AND TEST PROGRAMME FOR MODELS OF PRECAST–MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE FRAME BUILDINGS

**Abstract.** The paper sets out a methodology for the experimental study of precast–monolithic reinforced concrete frame buildings on scaled physical models. The aim is to develop a single test programme for three types of frame model on the basis of similarity theory, to justify the scale factors

and to verify that the model dimensions correspond to the full-scale building. Four dimensionless $\pi$-complexes were adopted using the Buckingham theorem; the geometric scale $kl = 4$, the force factor $kP = 16$ and the displacement factor $kf = 4$ were established. The models were produced at a 1:4 scale from the same materials as the prototype; auxiliary specimen tests gave a prism strength of $R_{bm} = 30{,}84$ MPa and a design resistance of $R_b = 22{,}77$ MPa. When scaled up, the model dimensions were found to coincide with those of standard products in current use (a 400×400 mm column, a 220 mm hollow-core slab, 4Ø32 A400 reinforcement), which confirms the correctness of the chosen scale and the possibility of extrapolating the test data to the full-scale building.

**Keywords:** precast–monolithic concrete, frame building, physical modelling, similarity theory, Buckingham theorem, scale factor, test programme, auxiliary specimens.

## Kirish

Ko‘p qavatli sinchli binolarni to‘liq o‘lchamda sinash juda katta moddiy va texnik resurs talab qiladi. Shu sababli jahon amaliyotida temirbeton konstruksiyalarni masshtabli fizik modellar asosida o‘rganish keng qo‘llaniladi. Ushbu yo‘nalishning nazariy asoslari E. Bakingem tomonidan 1914 yilda ishlab chiqilgan o‘lchamlilik tahlili [1], N.I. Bezuxovning inshootlarni modellashtirish nazariyasi [2] hamda G.A. Geniev va hammualliflarining beton va temirbetonning plastiklik nazariyasi [3] bilan bog‘liq. Modellashtirish texnikasi keyinchalik G.M. Sabnis va H.G. Harris ishlarida [4, 6] hamda ACI Committee 444 hisobotida [5] tizimlashtirilgan.

Yig‘ma-yaxlit konstruksiyalarni modellashtirishning o‘ziga xosligi shundaki, kesim bir necha turdagi va har xil yoshdagi betondan tashkil topadi, elementlar esa bosqichma-bosqich ishga kiradi [7, 8]. Bu holat model va natura orasidagi o‘xshashlik shartlarini tanlashda alohida e’tibor talab qiladi. Mualliflarning oldingi ishida ko‘p bo‘shliqli plitalarni modellashtirish masalasi ko‘rib chiqilgan edi [12]; mazkur maqolada esa butun sinchli bino modeli darajasidagi uslub va yagona sinov dasturi bayon etiladi.

Tadqiqotning maqsadi — uch turdagi yig‘ma-yaxlit sinchli bino modeli uchun yagona sinov dasturini ishlab chiqish, o‘xshashlik nazariyasi asosida masshtab koeffitsientlarini asoslash, yordamchi namunalar orqali materiallarning haqiqiy xossalarini aniqlash hamda model o‘lchamlarining natura binoga mosligini tekshirishdan iborat.

## Tadqiqot usullari

**O‘xshashlik shartlari.** Modellashtirish nazariyasining matematik asosini *Bakingem-Pi* teoremasi tashkil etadi [1]: jarayonga ta’sir qiluvchi $n$ ta o‘lchamli kattalik va $k$ ta asosiy o‘lcham birligi bo‘lganda, jarayon $(n - k)$ ta o‘lchamsiz $\pi$-kompleks orqali to‘liq tavsiflanadi. Temirbeton elementlar uchun quyidagi komplekslar qabul qilindi:

$$\pi_1 = \sigma/E_b; \quad \pi_2 = P/(f_{ck}\cdot l^2); \quad \pi_3 = (f_y\cdot A_s)/(f_{ck}\cdot A_c); \quad \pi_4 = l_1/l_2,$$

bu yerda $\sigma$ — kuchlanish; $E_b$ — betonning elastiklik moduli; $P$ — yuk; $f_{ck}$ — betonning prizmatik qarshiligi; $A_s$, $A_c$ — armatura va beton kesim yuzalari; $f_y$ — armaturaning oqish chegarasi; $l_1$, $l_2$ — geometrik o‘lchamlar. Mazkur komplekslar natura va model uchun bir xil qiymatni saqlaganda tajriba natijalari natura binoga ekstrapolyatsiya qilinishi mumkin.

Modellar natura binosi materiallarining o‘zidan (B25 sinfli og‘ir beton, A400 sinfli bo‘ylama armatura) tayyorlangani sababli kuchlanish va elastiklik moduli bo‘yicha masshtab koeffitsientlari $k\sigma = 1$ va $kE = 1$ deb qabul qilindi. Geometrik masshtab koeffitsienti $kl = l_p/l_m = 4$ bo‘lganda (bu yerda $p$ — natura, $m$ — model) qayta hisoblash koeffitsientlari quyidagicha aniqlanadi: kuch uchun $kP = kl^2\cdot k\sigma = 16$; eguvchi moment uchun $kM = kl^3\cdot k\sigma = 64$; nisbiy deformatsiya uchun $k\varepsilon = k\sigma/kE = 1$; chiziqli ko‘chish (salqilik) uchun $kf = kl\cdot k\sigma/kE = 4$.

**Masshtabni tanlash.** Temirbeton karkasli binolarni modellashtirishda qo‘llaniladigan standart masshtab qiymatlari va ularning qo‘llanish sohasi 1-jadvalda keltirilgan. Mazkur tadqiqot uchun 1:4

masshtab qabul qilindi — u karkas fragmentlari (1–2 qavatli) uchun tavsiya etilgan oraliqqa mos keladi hamda laboratoriya sinov jihozlarining imkoniyatlariga muvofiq bo‘ladi.

1-jadval

Temirbeton karkasli binolarni modellashtirishda qo‘llaniladigan masshtab koeffitsientlari

| Masshtab kl | Qo‘llanish sohasi | Beton turi | Chegaraviy shartlar |
|---|---|---|---|
| 1:2 | Alohida rigel, ustun; lokal tugun zonalari | Real beton ($D_{max}$ = 20 mm) | To‘liq o‘xshashlik ($kE$ = 1, $k\sigma$ = 1) |
| 1:3 – 1:4 | Karkas fragmentlari (1–2 qavatli); rama-ustun-rigel tizimi | Mikrobeton ($D_{max}$ = 10 mm) | Soddalashtirilgan o‘xshashlik; kichraytirilgan armatura |
| 1:5 – 1:10 | Ko‘p qavatli karkas tizimining to‘liq modeli | Mikrobeton ($D_{max}$ = 5 mm) | Sim armatura (*Vr*-I, Ø1–3 mm) |
| 1:15 – 1:20 | Seysmik stol sinovlari (dinamik yuklar) | Maxsus kompozitsiyali mikrobeton | Yuk-vazn qo‘shimchalari talab qilinadi |

**Sinov dasturi.** Dastur yagona bo‘lib, uchala model uchun aynan bir xil sinov sxemasi va yuklash rejimi qo‘llanildi — bu natijalarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri taqqoslash imkonini beradi. Tadqiq qilingan modellar: *M-1* — an’anaviy texnologiya bo‘yicha yaxlit temirbetondan barpo etilgan sinchli bino modeli (etalon); *M-2* — ustunlari yechib olinmaydigan temirbeton qobiqli qolipda tiklangan, rigellari yig‘ma-yaxlit (U-simon yig‘ma qism va yaxlit ustki beton) va orayopmasi yaxlit temirbetondan; *M-3* — ustunlari va rigellari *M-2* dagi kabi, orayopmasi esa yig‘ma ko‘p bo‘shliqli plitalardan iborat model.

Dastur quyidagi bosqichlardan iborat bo‘ldi: 1) modellar uchun yig‘ma elementlarni (ustun qobig‘i, U-simon rigel, ko‘p bo‘shliqli plita) tayyorlash; 2) asbob-uskunalarni tayyorlash va kalibrlash; 3) yordamchi namunalarni sinash orqali materiallarning mexanik xossalarini aniqlash; 4) modellarni stendda montaj qilish va o‘lchov asboblarini joylashtirish; 5) bosqichma-bosqich yuklash va o‘lchashlar olish; 6) natijalarni qayd etish va qayta ishlash.

Modellar sinov stendida ikki oraliqli va ikki qavatli qilib, o‘qlararo masofalari 1300×1200 mm bo‘lgan holda joylashtirildi. Yuk o‘rta o‘q rigellari bo‘ylab har bir oraliqning 1/3 masofasidagi nuqtalarga to‘plangan vertikal statik kuch tarzida, DG-25 gidravlik domkratlar va traversa orqali berildi. Har bir yuklash bosqichining qadami $0{,}1 \cdot N_{loyihaviy}$ etib qabul qilindi. Deformatsiya va salqiliklarni o‘lchashda aniqligi 0,01 mm bo‘lgan *ИЧ*-100 soat tipidagi indikatorlardan, yoriqlarni aniqlashda esa aniqligi 0,02 mm bo‘lgan MPB-2 optik mikroskopidan foydalanildi. Yuklash rejimi GOST 8829-94 [9] talablariga muvofiq qabul qilindi.

## Tadqiqot natijalari

**Materiallarning xossalari.** Og‘ir beton tarkibi GOST 27006-2019 ga asosan tanlandi: sement 490 kg, qum 970 kg, chaqiq tosh 730 kg, suv 245 l; qurilish konusi cho‘kishi 16 sm; suv-sement nisbati $S/S$ = 0,5; o‘rtacha hajmiy zichligi 2410 kg/m³. Yechib olinmaydigan qobiq va ko‘p bo‘shliqli plitalar uchun mayda to‘ldiruvchili tarkib qo‘llanildi: sement 550 kg, qum 1590 kg, suv 275 *l*; $D_{max}$ = 5 mm; zichligi 2380 kg/m³. Sement sifatida M450 markali portlandsement ishlatilib, uning faolligi 32,7 MPa ni tashkil etdi.

Yordamchi namunalar har bir beton quyish partiyasidan tayyorlandi: 100×100×100 mm o‘lchamli kamida 3 ta kub va 100×100×400 mm o‘lchamli 3 ta prizma. Namunalar asosiy modellar bilan bir vaqtda tayyorlanib, 28 kun davomida harorati 20 ± 2 °C va nisbiy namligi 90 % bo‘lgan sharoitda saqlandi. Sinov GOST 10180-2012 [10] va GOST 24452-80 [11] talablariga muvofiq bajarildi. Olingan natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Yordamchi namunalarni sinash natijalari

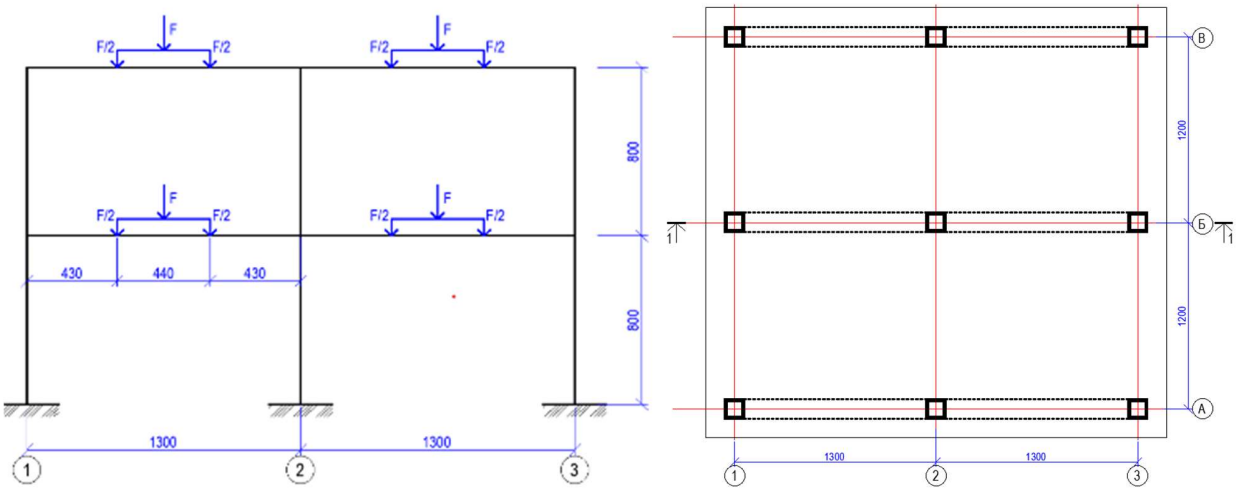
| Ko‘rsatkich | Belgisi | Qiymati | Aniqlash usuli |
|---|---|---|---|
| Beton kublarining o‘rtacha mustahkamligi | $Rm$ | 32,2 MPa | GOST 10180-2012 |
| O‘rta kvadratik chetlanish (kublar) | $\sigma$ | 1,304 MPa | statistik qayta ishlash |
| O‘zgaruvchanlik koeffitsienti (kublar) | $Cv$ | 0,0405 | — |
| Beton sinfi | $B$ | 30,06 → B25 | GOST 18105-2018 |
| Prizmatik mustahkamlikning o‘rtacha qiymati | $R_{bm}$ | 30,84 MPa | GOST 24452-80 |
| O‘rta kvadratik chetlanish (prizmalar) | $\sigma$ | 0,754 MPa | statistik qayta ishlash |
| O‘zgaruvchanlik koeffitsienti (prizmalar) | $Cv$ | 0,024 | — |
| Me’yoriy qarshilik | $R_{bn}$ | 29,604 MPa | $R_{bn} = R_{bm}(1 - 1{,}64Cv)$ |
| Hisobiy qarshilik | $R_b$ | 22,77 MPa | $R_b = R_{bn}/\gamma_{bc}$ |
| Cho‘zilishdagi me’yoriy qarshilik | $R_{bt,n}$ | 1,85 MPa | prizmani egilishga sinash |
| Betonning elastiklik moduli | $E_b$ | $2{,}9 \cdot 10^4$ MPa | GOST 24452-80 |
| Armaturaning oqish chegarasi | $\sigma_y$ | 690 N/mm² | GOST 12004-81 |
| Armaturaning uzilishdagi qarshiligi | $\sigma_u$ | 750 N/mm² | GOST 12004-81 |
| Armaturaning nisbiy uzayishi | $\delta$ | 20 % | GOST 12004-81 |

**Model o‘lchamlarining natura binoga mosligi.** Qabul qilingan masshtab koeffitsientlari bo‘yicha model o‘lchamlari natura binoga qayta hisoblandi. Natijalar 3-jadvalda keltirilgan.

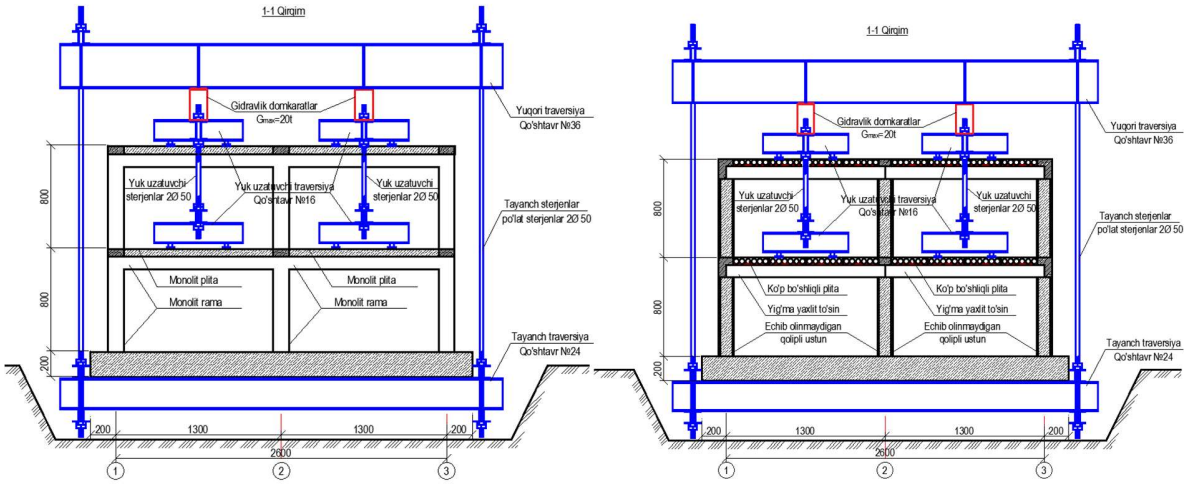
3-jadval

Model va natura bino elementlarining geometrik ko‘rsatkichlari ($kl = 4$)

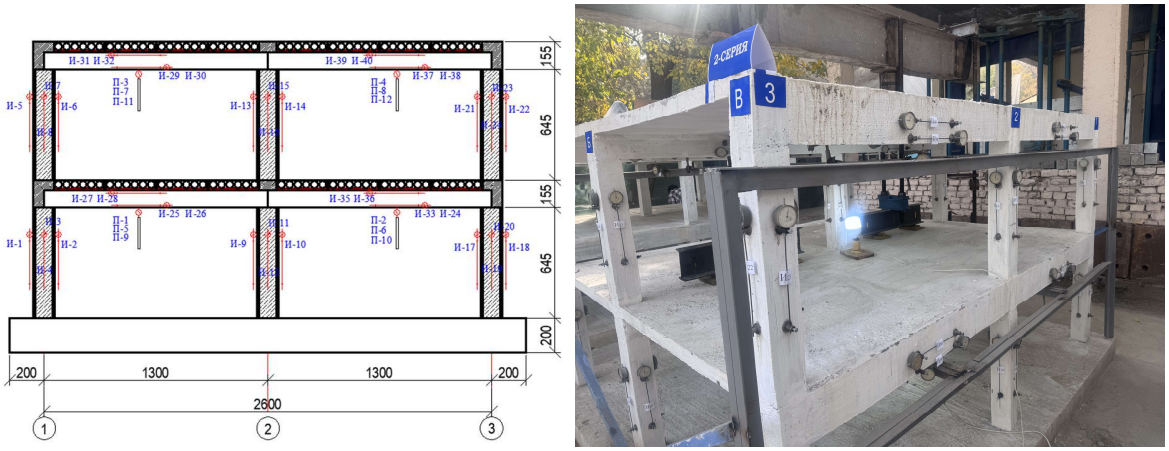
| Ko‘rsatkich | Model (1:4) | Natura bino |
|---|---|---|
| Ustunlar tarmog‘i (o‘qlar kesishmasi) | 1300 × 1200 mm | 5200 × 4800 mm |
| Ustun ko‘ndalang kesimi | 100 × 100 mm | 400 × 400 mm |
| Yechib olinmaydigan qobiq qalinligi | 13 mm | 52 ≈ 50 mm |
| Ustun o‘zagining kesimi | 74 × 74 mm | 296 ≈ 300 × 300 mm |
| Rigel ko‘ndalang kesimi | 100 × 100 mm | 400 × 400 mm |
| U-simon rigel qovurg‘asining qalinligi | 25 mm | 100 mm |
| Yaxlit orayopma qalinligi | 40 mm | 160 mm |
| Ko‘p bo‘shliqli plita qalinligi | 55 mm | 220 mm |
| Plitadagi bo‘shliqlar diametri | 40 mm | 160 mm |
| Plita o‘lchamlari (eni × uzunligi) | 296 × 1200 mm | 1184 ≈ 1200 × 4800 mm |
| Bo‘ylama armatura | 4Ø8 A-400 ($As$ = 201 mm²) | $As$ = 3217 mm² ≈ 4Ø32 A400 |
| Ko‘ndalang armatura | Ø2 *V-I*, qadami 50 mm | Ø8, qadami 200 mm |
| Armatura to‘ri | Ø2, katagi 50 × 50 mm | Ø8, katagi 200 × 200 mm |




1-rasm. Bino modelining yuklash sxemasi va plandagi ko‘rinishi.




2-rasm. M-1, M-2 va M-3 modellarining qirqimlari.




3-rasm. O‘lchov vositalarining joylashish sxemasi.

## Muhokama

3-jadvaldan ko‘rinadiki, model o‘lchamlari natura binoga qayta hisoblanganda amaldagi namunaviy mahsulot o‘lchamlariga aynan tushadi: orayopma uchun qalinligi 220 mm bo‘lgan ko‘p bo‘shliqli plita va Ø160 mm bo‘shliqlar, ustunlar uchun 400×400 mm kesim, bo‘ylama armatura 4Ø32 A400, ko‘ndalang armatura Ø8 qadami 200 mm. Hech bir qiymat yaxlitlashsiz standart o‘lchamga to‘g‘ri kelishi masshtabning to‘g‘ri tanlanganini va model natura binoning real loyihaviy yechimini aks ettirishini tasdiqlaydi.

O‘xshashlik shartlarining bajarilganligini mustaqil tekshirish sifatida chegaraviy salqilik ko‘rsatkichi olindi. Modelda $f_{max} = L/200 = 1200/200 = 6{,}0$ mm, natura binoda esa $4800/200 = 24{,}0$ mm ni tashkil etadi; ularning nisbati aynan $kf = 4$ ga teng, ya’ni chiziqli ko‘chish uchun qabul qilingan masshtab koeffitsienti bilan to‘liq mos keladi. Kuchlanish masshtabi $k\sigma = 1$ bo‘lgani sababli elementlardagi nisbiy deformatsiya va kuchlanish qiymatlari modelda ham, natura binoda ham bir xil bo‘lib qoladi.

Uslubning chegaralari ham qayd etilishi lozim. **Birinchidan**, $k\sigma = 1$ va $kE = 1$ shartlari faqat model va natura bir xil materiallardan tayyorlanganda bajariladi; mikrobeton qo‘llanilganda $D_{max}$ ning kichrayishiga bog‘liq holda korreksiya koeffitsientlari kiritilishi kerak [3].

**Ikkinchidan**, armaturaning betonga ilashish qonuni to‘liq o‘xshashlikka bo‘ysunmaydi, shu sababli yoriqlar oralig‘i va ochilish kengligi bo‘yicha natijalar to‘g‘ridan-to‘g‘ri emas, tuzatish koeffitsientlari orqali ekstrapolyatsiya qilinishi maqsadga muvofiq.

**Uchinchidan**, 1:4 masshtabda kesim o‘lchamlari kichrayganda himoya qatlami nisbatan kattalashadi, bu esa yig‘ma-yaxlit kesimning kontakt choki ishlashiga ma’lum darajada ta’sir ko‘rsatadi.

Shu bilan birga, tanlangan yagona sinov dasturi uchala model uchun bir xil yuklash sxemasi, bir xil yuklash qadami va bir xil o‘lchov asboblari qo‘llanilishini ta’minlaydi. Bu esa modellar orasidagi farqni faqat konstruktiv yechim bilan izohlash imkonini beradi va tajribaning ichki ishonchliligini oshiradi.

## Xulosa

1. Yig‘ma-yaxlit temirbeton sinchli binolarni masshtabli fizik modellar asosida tadqiq etish uchun *Bakingem-Pi* teoremasiga tayangan uslub ishlab chiqilib, to‘rtta o‘lchamsiz $\pi$-kompleks asoslandi.

2. 1:4 masshtab qabul qilinganda va model natura binosi materiallarining o‘zidan tayyorlanganda ($k\sigma = 1$, $kE = 1$) qayta hisoblash koeffitsientlari $kP = 16$, $kM = 64$, $k\varepsilon = 1$ va $kf = 4$ ni tashkil etadi.

3. Uch turdagi model uchun yagona sinov dasturi ishlab chiqildi: bir xil yuklash sxemasi, $0{,}1 \cdot N_{loyihaviy}$ qadam va bir xil o‘lchov asboblari. Bu modellar orasidagi farqni faqat konstruktiv yechim bilan izohlash imkonini beradi.

4. Yordamchi namunalar sinovi natijasida betonning haqiqiy ko‘rsatkichlari aniqlandi: $R_{bm} = 30{,}84$ MPa, $R_{bn} = 29{,}604$ MPa, $R_b = 22{,}77$ MPa, $R_{bt,n} = 1{,}85$ MPa. Bu qiymatlar nazariy hisoblarda va sonli modellashtirishda boshlang‘ich ma’lumot sifatida qabul qilindi.

5. Model o‘lchamlarining natura binoga qayta hisobi amaldagi namunaviy mahsulot o‘lchamlariga (400×400 mm ustun, 220 mm plita, 4Ø32 A400 armatura) to‘g‘ri kelishi, chegaraviy salqilik nisbati esa $kf = 4$ ga aynan teng bo‘lishi o‘xshashlik shartlarining bajarilganini va tajriba natijalarini natura binoga ekstrapolyatsiya qilish mumkinligini tasdiqladi.

## Adabiyotlar ro‘yxati


1. Buckingham E. On Physically Similar Systems; Illustrations of the Use of Dimensional Equations // Physical Review. — 1914. — Vol. 4, № 4. — P. 345–376.
2. Безухов Н.И. Основы теории моделирования сооружений. — М.: МИСИ, 1955. — 184 с.
3. Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. — М.: Стройиздат, 1974. — 316 с.
4. Sabnis G.M., Harris H.G., White R.N., Mirza M.S. Structural Modeling and Experimental Techniques. — Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1983. — 585 p.
5. ACI Committee 444. Models of Concrete Structures: State-of-the-Art Report. ACI 444R-79 (Reapproved 2009). — Detroit: American Concrete Institute, 1979. — 35 p.
6. Harris H.G., Sabnis G.M. Structural Modeling and Experimental Techniques. 2nd ed. — Boca Raton: CRC Press, 1999. — 808 p.
7. Голышев А.Б., Полищук В.П., Сунгатуллин Я.Г. и др. Проектирование и изготовление сборно-монолитных конструкций / под ред. А.Б. Голышева. — Киев: Будівельник, 1982. — 152 с.
8. Смоляго Г.А. Деформативность и трещиностойкость изгибаемых железобетонных элементов: монография. — Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. — 224 с.
9. ГОСТ 8829-94. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. — М.: Стандартинформ, 1997. — 26 с.
10. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. — М.: Стандартинформ, 2013. — 30 с.
11. ГОСТ 24452-80. Бетоны. Методы определения призменной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона. — М.: Изд-во стандартов, 1980. — 16 с.
12. Xamroqulov U.D. Ko‘p bo‘shliqli plitalarni modellashtirish va laboratoriya sharoitida sinash orqali yuk ko‘tarish qobiliyatini aniqlash // «Qurilishda innovatsiyalar, binolar va inshootlarning seysmik xavfsizligi» xalqaro ilmiy-texnik konferensiya materiallari. — Namangan, 2025. — B. 126–131.
13. ШНК 2.03.01-24. Бетон ва темирбетон конструкциялар. — Тошкент: Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлиги, 2024.
14. Усманов В.Ф. Темирбетон конструкциялар эгилувчан стержень элементларининг мустаҳкамлиги, ёриқбардошлиги ва деформацияланиши: дисс. ... т.ф.д. (DSc). — Самарқанд: СамДАҚИ, 2023. — 268 б.
15. Хамрокулов У.Д. Кўп қаватли синчли бино элементларининг кучланиш-деформация ҳолатига босқичма-босқич тиклаш ва юклашнинг таъсири: PhD дисс. — Самарқанд: СамДАҚИ, 2022.