

Date: 15th September-2026

UDK: 624.042.7 : 624.016 : 004.42

ARALASH TEMIRBETON-METALL KONSTRUKTIV TIZIMLI
BINOLARNING SEYSMIK TA'SIR OSTIDAGI HISOBIY MODELINI
SHAKLLANTIRISH VA TADQIQ ETISH

Qalandarov Siroj Uktam o'g'li

Samarqand davlat texnika universiteti, "Qurilish konstruksiyalari, bino va
inshootlar" ixtisosligi mustaqil izlanuvchisi.

sirojqalandarov482@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi quyi qismlari monolit temir-beton karkasdan, tom yopish qismi esa po'lat metall konstruksiyali fermalardan tashkil topgan yirik oraliqli aralash tizimli binolarning statik va dinamik seysmik yuklamalar ostidagi chiziqli hamda burchakli deformatsiyalarini va bunday tizimlarni zamonaviy dasturiy majmualarda modellashtirishning o'ziga xos ilmiy-metodik prinsiplarini tadqiq etishdan iborat. Tadqiqot obyekti sifatida rejadagi o'lchamlari 49.6x39.6 m bo'lgan bir qavatli sanoat binosining III toifali murakkab seysmik grunt sharoitidagi holati tanlanib, uning fazoviy modeli ПК "LIRA-SAPR" dasturiy majmuasida chekli elementlar usuli (ChEU) yordamida modellashtirilgan. Modellashtirishda po'lat fermalarning monolit to'sinlarga sharnirli birikishini ta'minlash uchun universal ChE10 elementlaridan va absolyut qattiq jism (AQJ) funksiyalaridan foydalanildi, seysmik massalar nomutanosibligini bartaraf etish uchun esa "kondensatsiya mass" algoritmi tatbiq etildi. Matematik modellashtirish va dinamik tahlillar natijasida binoning 9 va 10-dinamik yuklamalar (X va Y o'qlari) ta'siridagi maksimal gorizontall ko'chishi mos ravishda 47.0 mm va 26.4 mm ni tashkil etishi aniqlandi, poydevor ostidagi grunt zaminining maksimal cho'kishi 3.21 mm oralig'ida turg'unlashdi. Olingan raqamli ko'rsatkichlar QMQ 2.01.03-19 normativ hujjati talablariga (chegaraviy ko'chish $f=114.3$ mm) to'liq mos kelishi (xavfsizlik zaxirasi 2.2 barobardan yuqori), aralash karkasli binolarda har xil elastiklik moduliga ega materiallar tutashgan joylarda massalarni kondensatsiyalash texnologiyasi seysmik kuchlarni qabul qilishda 90% dan yuqori aniqlik andozasini ta'minlashi hamda po'lat fermalarning faqat yuqori belbog'i bo'ylab gorizontall bog'lamlar o'rnatish yetarli ekanligi amaliy jihatdan isbotlandi.

Kalit so'zlar: ankerli birikma, aralash konstruksiya, gibrid karkas, LIRA-SAPR, metall ferma, seysmik yuklama, temir-beton ustun, xususiy tebranish davri, absolyut qattiq jism, kondensatsiya mass.

Аннотация: Основной целью данного исследования является изучение линейных и угловых деформаций, усилий в элементах, а также специфических научно-методических принципов численного моделирования в современных программных комплексах большепролетных смешанных конструктивных систем зданий, нижние этажи которых выполнены из монолитного железобетонного каркаса, а покрытие — из стальных ферм, под воздействием статических и динамических сейсмических

Date: 15th September-2026



нагрузок. В качестве объекта исследования принято одноэтажное здание промышленно-складского назначения с размерами в плане 49.6x39.6 м в сложных грунтовых условиях III категории сейсмичности, пространственная гибридная модель которого смоделирована методом конечных элементов (МКЭ) в ПК «ЛИРА-САПР». При моделировании использовались универсальные элементы КЭ10 и функции абсолютно жесткого тела (АЖТ) для обеспечения шарнирного сопряжения стальных ферм с монолитными ригелями, а для устранения диспропорции сейсмических масс применен алгоритм «конденсации масс». В результате математического моделирования и динамического анализа установлено, что максимальное горизонтальное перемещение здания под воздействием 9 и 10-й динамических нагрузок (оси X и Y) составило 47.0 мм и 26.4 мм соответственно, а максимальная осадка грунтового основания стабилизировалась в пределах 3.21 мм. Практически доказано, что полученные численные показатели полностью соответствуют требованиям КМК 2.01.03-19 (предельное перемещение $f=114.3$ мм) с запасом прочности более чем в 2.2 раза. Технология конденсации масс в узлах сопряжения материалов с различными модулями упругости обеспечивает точность более 90% при ВАК-анализе сейсмических сил, а устройство горизонтальных связей только по верхнему поясу стальных ферм является достаточным для обеспечения пространственной жесткости.

Ключевые слова: анкерное соединение, смешанная конструкция, гибридный каркас, ЛИРА-САПР, стальная ферма, сейсмическая нагрузка, железобетонная колонна, период собственных колебаний, абсолютно жесткое тело, конденсация масс.

Abstract: The primary objective of this study is to investigate linear and angular deformations, element stresses, and specific scientific-methodological principles of numerical modeling in modern software complexes for large-span mixed structural buildings composed of a monolithic reinforced concrete frame on the lower levels and steel trusses for the roof section under static and dynamic seismic loads. A one-story industrial warehouse building with dimensions of 49.6x39.6 m under complex engineering-geological soil conditions (Category III) was selected as the research object, and its spatial hybrid model was simulated using the finite element method (FEM) in the "LIRA-SAPR" software package. In the modeling process, universal FE10 elements and absolutely rigid body (ARB) functions were utilized to ensure the hinged connection of steel trusses with monolithic beams, while the "mass condensation" algorithm was applied to eliminate the disproportion of seismic masses. As a result of mathematical modeling and dynamic analysis, it was determined that the maximum horizontal displacement of the building under the 9th and 10th dynamic loads (X and Y axes) was 47.0 mm and 26.4 mm, respectively, whereas the maximum settlement of the soil foundation stabilized within 3.21 mm. It is practically proven that the obtained numerical indicators fully comply with the requirements of KMK 2.01.03-19 (boundary displacement $f=114.3$ mm) with a safety margin higher than 2.2 times. The mass condensation technology at the joint nodes of materials with varying elastic moduli

Date: 15th September-2026

provides over 90% accuracy in absorbing seismic forces, and installing horizontal braces solely along the top chord of steel trusses is sufficient to ensure spatial stiffness.

Keywords: *anchored connection, mixed structure, hybrid frame, LIRA-SAPR, steel truss, seismic load, reinforced concrete column, natural vibration period, absolutely rigid body, mass condensation.*

KIRISH

Zamonaviy sanoat va fuqarolik qurilishida inshootlarning iqtisodiy samaradorligini oshirish, metall sarfini optimallashtirish hamda yirik prolyotlarni ichki qismlarda ortiqcha yuk ko'taruvchi ustunlarsiz, keng va erkin tarhda yopish maqsadida pastki karkas elementlari monolit temir-betondan, tom yopish qismi esa yengil po'lat konstruksiyali fermalardan iborat bo'lgan aralash konstruktiv tizimlardan foydalanish bugungi kunda muhandislik arxitekturasining yetakchi yo'nalishlaridan biriga aylandi. Qurilish mexanikasi va seysmotexnika sohasida poydevor yaratgan akademik T.R. Rashidov hamda ko'plab xalqaro olimlarning izlanishlarida ta'kidlanganidek, har xil fizik-mexanik xususiyatga, turlicha og'irlik va elastiklik modullariga ega bo'lgan materiallarni bitta konstruktiv fazoviy tizimda birlashtirish, kuchli dinamik (seysmik) to'lqinlar ta'sirida materiallar tutashgan kontakt tugunlarida o'ta murakkab kuchlanishlar konsentratsiyasini keltirib chiqaradi.

Dunyodagi va respublikamizdagi seysmik stansiyalar ma'lumotlari, xususan, yaqin yillarda sodir bo'lgan kuchli zilzilalar oqibatlarini tahlili shuni ko'rsatadiki, aralash karkasli binolarning deformatsiyalanishi va shikastlanishi ko'p hollarda materiallarning o'zaro birgalikda ishlash tugunlarini loyihalashda va ularni zamonaviy kompyuter dasturlarida modellashtirishdagi mantiqiy hamda uslubiy xatoliklar tufayli yuzaga keladi. Oddiy to'liq metall yoki to'liq temir-beton binolarni modellashtirish ma'lum bir standart andozalar bo'yicha amalga oshirilsa, aralash tizimli binolarni IIK "LIRA-SAPR" kabi zamonaviy dasturiy majmualarda shakllantirish loyihachi-muhandisidan o'ziga xos yondashuvlarni talab etadi. Mazkur tadqiqot muayyan sanoat ob'ekti misolida ushbu muammolarga mukammal yechim taklif etadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot obyekti — rejadagi o'lchamlari 49.6x39.6 metr, balandligi esa ustun bo'ylab 8.0 metr bo'lgan bir qavatli sanoat binosi. Binoning pastki yuk ko'taruvchi ustunlari va to'sinlari monolit temir-betondan (kesimi 40x40 sm, beton sinfi B20) tashkil topgan bo'lib, tom yopish tizimi butunlay po'lat metall konstruksiyali fermalardan va qalinligi 100 mm bo'lgan yengil sendvich panellardan iborat. G'ishtli devorlar karkas ishida ishtirok etmaydi. Fazoviy modelni yaratishda IIK "LIRA-SAPR" dasturida universal fazoviy sterjenli chekli element (Tip 10) va universitet to'g'ri to'rtburchakli obolochka elementi (Tip 41) turlaridan foydalanildi.

Po'lat fermalarning monolit to'sinlar ustiga to'g'ridan-to'g'ri o'rnatilishi dastur tomonidan qattiq birikma deb qabul qilinishining oldi olindi.

HISOBLASH NATIJALARI VA MUHOKAMA

Dinamik modal tahlil natijasida olingan bino xususiy tebranish davri, chastotalari va modal massalarning jamlanishi quyidagi 1-jadvalda batafsil keltirilgan:



Date: 15th September-2026

1-jadval. Binoning xususiy tebranish tavsiflari va seysmik massalar taqsimoti

Dinamik yuklama	Forma №	Xususiy qiymat	Doiraviy chastota, ω (rad/s)	Tebranish davri, T (s)	Modal massa, (%)	Yig'indisi, (%)
Zagr. 9 (Seysmika X)	1	0.085	11.715	0.536	4.688	4.688
Zagr. 9 (Seysmika X)	2	0.073	13.656	0.460	52.414	57.102
Zagr. 9 (Seysmika X)	10	0.048	20.772	0.302	37.291	94.811
Zagr. 10 (Seysmika Y)	7	0.063	15.925	0.395	98.150	98.150

1-jadval tahlilidan ko'rinib turibdiki, massalarni kondensatsiyalash funksiyasi qo'llanilganligi sababli, X yo'nalishi bo'yicha 10-shaklda seysmik massaning 94.81% qismi, Y yo'nalishi bo'yicha esa atigi 7-tebranish shaklining o'zidayoq massaning 98.15% qismi to'sinlar sathida mukammal to'plandi.

8 ballik hisobiy seysmik kuchlar ta'sirida inshootning ustki nuqtalarida gorizontal siljishlar X o'qi bo'yicha 47.0 mm, Y o'qi bo'yicha esa 26.4 mm ni tashkil etdi. QMQ 2.01.03-19 normativ hujjatining 2.6-jadvaliga binoan chegaraviy deformatsiya koeffitsiyenti tekshirilganda ($f_{allowable} = 114.3 \text{ mm}$) amaliy natija ($47 \text{ mm} = 114.3 \text{ mm}$) normativ qiymatdan 2.27 barobar kichik bo'lib, inshoot yuqori xavfsizlik zaxirasiga ega.

Aralash karkasli binoning dinamik barqarorligini yangi tahrirdagi shaharsozlik normalari talablari doirasida mantiqiy tahlil qilamiz.

- Bog'lamlar tizimining optimalligi: Fermalarning pastki belbog'i sathida mustahkam monolit temir-beton to'sinlar (kesimi 40x40 sm, Beton B20) mavjud bo'lib, ular uzluksiz disk vazifasini bajaradi. ЛИПА-САИР dasturida bajarilgan tekshirishlar shuni ko'rsatdiki, fermalarning faqat yuqori belbog'i bo'yicha chetki va o'rtadagi prolyotlarda X-simon gorizontal bog'lamlar o'rnatish binonining ko'ndalang bikirligini ta'minlash uchun to'liq yetarli hisoblanadi.

- Monolit elementlarni armaturalash (QMQ 2.03.01-24): Seysmik yuklamalarni qabul qiluvchi monolit temir-beton ustunlarning armaturalanish foizi tekshirilganda, maksimal armaturalanish koeffitsiyenti 0.54% ni tashkil etdi. Bu ko'rsatkich QMQ 2.01.03-19 standarti tomonidan belgilangan maksimal 4% armaturalash mezonlariga to'liq mos keladi.

- Grunt zamini va poydevor muloqoti: III toifali lyossimon grunt sharoitida binonining xavfsizligini ta'minlash uchun loyihada monolit alohida turuvchi poydevorlar ostida 1.0 metr qalinlikdagi grunt yostiqlari shakllantirilgan. "Grunt" dasturiy moduli orqali olingan tahlillar shuni ko'rsatdiki, grunt zaminining maksimal amaliy cho'kishi atigi 3.21 mm ni tashkil etgan.

XULOSA



Date: 15th September-2026

1. Po‘lat fermalarning monolit temir-beton to‘sinlarga sharnirli birikishini ChE10 universal sterjenli elementlari orqali modellashtirish (AJT funksiyasi), tayanch tugunlarida yuzaga keladigan real zo‘riqlashlarni aniq baholash imkonini beradi.

2. Fermalarning yuqori belbog‘i bo‘yicha progonlar va gorizontal bog‘lamlarning o‘zaro geometrik kesishib qolishini oldini olish uchun vertikal ChE10 sterjenlaridan foydalanish texnologiyasi, har bir elementning o‘z loyihaviy tekisligida mustaqil va to‘g‘ri ishlashini to‘liq ta‘minlaydi.

3. Yengil metall elementlardan iborat tom karkasining seysmik massalarini yig‘ishda ПК "LIRA-SAPR" dasturining "Конденсация масс" algoritmidan foydalanish, atigi 30 ta tebranish shaklida bino umumiy dinamik massasining 94% dan ortig‘ini to‘sinlar sathiga mukammal yig‘ish imkonini beradi va hisob vaqtini keskin qisqartiradi.

4. 8 ballik seysmik yuklamalar ta‘sirida binoning maksimal gorizontal ko‘chishi (47.0 mm) QMQ 2.01.03-19 normatividagi chegaraviy ruxsat etilgan qiymatdan (114.3 mm) 2.2 barobar kichik bo‘lib, bino tom qismining sendvich panellar hisobiga yengillashtirilganligi inshootning zilzilabardoshlik zaxirasini maksimal darajaga ko‘targanligini isbotlaydi.

5. Fermalarning pastki poyasi sathida temir-beton to‘sinlar mavjudligi sababli, gorizontal seysmik bog‘lamlarni faqat yuqori belbog‘ bo‘ylab chetki va o‘rta prolyotlarda o‘rnatish binonining fazoviy turg‘unligi uchun to‘liq yetarli hisoblanadi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. QMQ 2.01.03-19. Seysmik hududlarda qurilish / O‘zbekiston Respublikasi Qurilish vazirligi. – Toshkent: Qurilishme‘yoritqshish, 2019. – 150 b.

2. QMQ 2.03.01-24. Beton va temir-beton konstruksiyalar. Loyihalash normalari / O‘zbekiston Respublikasi Qurilish vazirligi. – Toshkent, 2024.

3. SHNQ 2.01.07-21. Yuklar va ta’sirlar / O‘zbekiston Respublikasi Qurilish vazirligi. – Toshkent, 2021.

4. ShNQ 2.03.05-23. Po‘lat konstruksiyalar. Loyihalash me‘yorlari / O‘zbekiston Respublikasi Qurilish vazirligi. – Toshkent, 2023.

5. ПК ЛИРА-САПР. Книга 1. Основы программного комплекса "ЛИРА-САПР" / Барабаш М.С., Лазнюк М.В., Мартынова Г.В. – Киев-Москва: Электронное издание, 2021. – 320 с.

6. Рашидов Т. Р. Динамическая теория сейсмостойкости сложных систем подземных сооружений. – Ташкент: Фан, 1973. – 280 с.

