

DINAMIK KUCHLAR TA'SIRIDA BO'LGAN LIFT KONSTRUKSIYALARINING MUSTAHKAMLIGINI TAHLIL QILISH

Nazarova M.K., Boymirzayev A.A.

Annotatsiya: Ushbu maqolada men lift konstruksiyalarining dinamik yuklamalar ostida mustahkamligini tahlil qilaman. Yuqori qavatli binolarda lift tizimlari eng muhim vertikal transport vositasi bo'lib, ularga ta'sir etuvchi inertsiya kuchlari, tebranishlar va favqulodda to'xtash momentlari konstruksiyaning barqarorligi va xavfsizligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Tadqiqot davomida men lift tizimining turli holatlardagi ish faoliyatini matematik modellashtirish, nazariy hisob-kitoblar va empirik kuzatuvlar yordamida baholadim. Shu bilan birga, men qiyoslash va empirik tahlil usullaridan foydalangan holda konstruksiyaning mustahkamligini oshirish va dizaynini optimallashtirishga doir ilmiy takliflar ishlab chiqdim.

Kalit so'zlar: lift konstruksiyasi, dinamik yuklamalar, tebranish, mustahkamlik, matematik formulalar, inertsiya, qiyoslash, empirik tahlil.

Zamonaviy urbanizatsiya jarayonida ko'p qavatli binolar sonining ortishi lift tizimlarining ahamiyatini yanada oshirmoqda. Lift — binoning funksional ishlashi va inson xavfsizligini ta'minlaydigan asosiy muhandislik inshootlaridan biri bo'lib, uning konstruktiv ishonchliligi butun binoning ekspluatatsiya darajasiga bevosita ta'sir qiladi. Shuning uchun lift konstruksiyalariga ta'sir etuvchi statik va dinamik kuchlarni aniq hisoblash, ularning mustahkamlik va barqarorlik darajasini baholash bugungi kunda dolzarb ilmiy yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Dinamik kuchlar tarkibiga kabinaning tezlanishi va sekinlashuvi natijasida hosil bo'ladigan inertsiya kuchlari, tormozlanishdagi zarba yuklari, yo'l yo'riq yo'llari orqali uzatiladigan tebranishlar va tashqi ta'sirlar (zilzila, rezonans holatlari) kiradi. Shu kabi kuchlar konstruksiya elementlarida qo'shimcha egilish, cho'zilish va kesilish kuchlanishlarini yuzaga keltiradi. Masalan, muhandislik adabiyotlarida ta'kidlanishicha, dinamik yuklamalar inobatga olinmagan lift konstruksiyalari ekspluatatsiya jarayonida deformatsiyalanishi yoki qismlarning tez ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin¹. Shu nuqtai nazardan ushbu maqolada lift konstruksiyalarining dinamik kuchlar ostida mustahkamligi tahlil qilinadi, ularning ishchi modellariga matematik yondashuvlar keltiriladi, kuchlanish holatlari nazariy tahlil orqali baholanadi va xavfsizlikni ta'minlashga qaratilgan konstruktiv takliflar ishlab chiqiladi. Tadqiqot davomida matematik modellashtirish, empirik kuzatuv, induktiv tahlil va qiyosiy yondashuv asosiy metod sifatida qo'llanadi.

Lift konstruksiyalari nafaqat statik yuklamalarga, balki harakat jarayonida yuzaga keladigan dinamik yuklamalarga duch keladi. Bu yuklamalar lift tizimining barqaror ishlashi, xavfsizligi va xizmat muddatiga bevosita ta'sir qiladi.

1. Dinamik yuklamalar manbalari:

¹ Rzayev, A.R. (2019). *Inshootlar mexanikasi*. Toshkent: Fan, 112-bet.

a) Kabina harakati va inertsiya; Lift kabinasi vertikal yo‘l bo‘ylab tezlanadi yoki sekinlashadi. Bu jarayonda kabina massasiga bog‘liq inertsiya kuchi hosil bo‘ladi. Bu kuch metall karkas, kabel va tormoz mexanizmlariga qo‘shimcha yuk beradi va stressni oshiradi. Inertsiya kuchi kabinaning tezlanishiga va massasiga bevosita bog‘liq bo‘lib, lift tizimining strukturaviy barqarorligini baholashda muhim ahamiyatga ega.

$$F_i = m \cdot a$$

b) Tormozlanish va tezlanish jarayoni; Kabina to‘satdan to‘xtaganda yoki tez harakatlanganda impulsli yuklar paydo bo‘ladi. Ushbu yuklar inertsiya kuchi bilan birgalikda metall karkas va kabel tizimida stress hosil qiladi, bu esa deformatsiyaga va elementlar eskirishiga olib keladi.

c) Tebranishlar va rezonans; Binodagi tashqi tebranishlar yoki tabiiy chastotaga yaqin yuklamalar lift tizimida rezonans holatini yuzaga keltiradi. Tebranish amplitudasi oshadi, bu metall karkas va tayanch elementlariga ortiqcha yuk tushiradi. Shu bilan birga, inertsiya kuchi tebranishlarni kuchaytiradi va struktura ishlashini murakkablashtiradi.

2. Nazariy modellar

Lift tizimi ko‘pincha mass-spring-damper (massa-prujina-so‘nish) modeli orqali modellashtiriladi. Harakat tenglamasi:

$$M\ddot{x} + C\dot{x} + Kx = F(t)$$

bu yerda:

M — massa matritsasi (kabina va yuklar)

C — so‘nish koeffitsienti

K — qattqlik matritsasi

$F(t)$ — vaqtga bog‘liq tashqi kuch (tezlanish, zarba, tebranishlar)

Tizimning tabiiy chastotasi:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K}{M}}$$

Tebranish amplitudasi vaqtga bog‘liq holda ifodalanadi:

$$x(t) = X_0 e^{-\zeta\omega_n t} \cos(\omega_d t + \phi)$$

bu yerda:

ζ — so‘nish koeffitsienti

ω_d — so‘nishli tebranish chastotasi

Lift tizimining tebranish xatti-harakatlarini tahlil qilganda, nazariy modellar ko'rsatadiki, amplituda vaqt bo'yicha pasayadi. Dastlabki maksimal tebranish paytida kabina va metall karkas elementlarida stress yuqori bo'ladi, ammo so'nish (damping) ta'siri tufayli tebranish amplitudasi asta-sekin kamayadi. Bu jarayon amortizatsiya deb ataladi va u lift konstruksiyasining barqaror ishlashi uchun muhim ahamiyatga ega.

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, agar tashqi kuchlar yoki kabinaning tezlanish chastotasi tizimning tabiiy chastotasiga yaqin bo'lsa, amplituda keskin ortadi. Bu holat rezonans deb ataladi va konstruksiya elementlariga ortiqcha yuk tushishiga olib keladi. Shu sababli, lift tizimining dizaynida amortizatorlar va elastik elementlar qo'llanadi, shuningdek, rezonansdan qochish strategiyalari ishlab chiqiladi. Nazariy hisob-kitoblarga ko'ra, lift kabinasining vertikal tebranishlari quyidagi tartibda yuzaga keladi: dastlabki impuls kuchi orqali maksimal amplituda hosil bo'ladi, keyin so'nish kuchlari har bir tebranish siklida energiyani so'ndiradi va amplituda asta-sekin pasayadi. Grafik tavsiflarda bu jarayon sinusoidal shaklda ko'rsatiladi, amplituda esa vaqt bo'yicha eksponensial ravishda kamayadi. Lift tizimining metall karkasi va kabel elementlari doimiy dinamik yuklamalar va inertsia kuchlari ostida ishlaganda bir nechta strukturaviy oqibatlar yuzaga keladi. Deformatsiya va stress: Metall karkas ustunlari, kabina yo'l yo'riq nurlari va kabel tizimi doimiy inertsia kuchi va zarba ta'siri ostida deformatsiyaga uchraydi. Bu deformatsiyalar uzoq muddat davomida materiallarning yorilishi va charchashiga olib kelishi mumkin. Lift tizimining ishlash muddati qisqaradi: Tez-tez yuzaga keladigan dinamik yuklar va tebranishlar liftning ishlash muddatini qisqartiradi, ayniqsa kabel va tormoz mexanizmlarida eskirish tezlashadi. Strukturaviy xavfsizlikka tahdid: Agar amplituda tabiiy chastotaga yaqin bo'lsa, inertsia kuchi va tashqi tebranishlar birgalikda elementlarga ortiqcha yuk tushiradi. Bu holat strukturaviy xavfsizlikni xavf ostiga qo'yadi va konstruksiyaning barqaror ishlashini buzadi. Nazariy va amaliy tavsiyalar: Ushbu oqibatlarni kamaytirish uchun lift tizimida so'nish elementlari, elastik amortizatorlar, kabinani to'g'ri tezlanish bilan boshqarish va rezonansdan qochish strategiyalari qo'llanadi. Nazariy modellar va empirik kuzatuvlar asosida, konstruksiya elementlarining maksimal stress va deformatsiyasi oldindan baholanishi mumkin.

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, agar tashqi kuchlar yoki kabinaning tezlanish chastotasi tizimning tabiiy chastotasiga yaqin bo'lsa, amplituda keskin ortadi. Bu holat rezonans deb ataladi va konstruksiya elementlariga ortiqcha yuk tushishiga olib keladi. Shu bilan birga, inertsia kuchi lift elementlarining tebranish amplitudasini yanada oshiradi. Masalan, S.P. Timoshenko va D.H. Young ta'kidlaganidek: "Dinamik yuklamalarni inobatga olmasdan loyihalangan konstruksiyalar uzoq muddatda deformatsiyaga uchrashi yoki ishdan chiqishi mumkin"².

Empirik kuzatuvlar shuni ko'rsatadiki, lift kabinasining tezlanishi va sekinlashuvi inertsia kuchlarini hosil qiladi, bu esa metall karkas, kabel tizimi va tormoz mexanizmlarida qo'shimcha stress yaratadi. Favqulodda to'xtashlar, tez harakatlanish yoki yukning birdan o'zgarishi holatida amplituda sezilarli darajada ortadi va konstruksiya elementlariga yuqori dinamik yuk tushadi. Masalan, Toshkent shahridagi 20 qavatli bino liftida o'tkazilgan kuzatuvlar shuni ko'rsatadiki, kabina tezlanishi 1.2 m/s^2 bo'lgan holatda po'lat karkas ustunlarida maksimal stress 12 MPa , tezlanish 1.8 m/s^2 ga oshirilganda stress 18 MPa ga yetadi, bu esa xavfsizlik koeffitsientini sezilarli darajada kamaytiradi³. Shu bilan

² Timoshenko, S.P. & Young, D.H., *Vibration Problems in Engineering*, 1974, 112-bet, Wiley

³ Kadirov, A.N., *Lift konstruksiyalarida tebranishlarni kamaytirishning mexanik usullari*, O'zbekiston muhandislik jurnali, Toshkent, 2022, 45-bet

birga, kabina harakati natijasida kabel tizimida ham kuchlanishlar ortadi, bu esa ularning elastik doimiyligi va uzoq muddatli ishlashiga ta'sir qiladi. Favqulodda to'xtash yoki tezlanish paytida kabina va karkas elementlarida yuzaga keladigan zarba kuchlari, inertsiya ta'siri bilan birgalikda, po'lat karkas va bog'lovchi elementlarga ortiqcha yuk tushishiga olib keladi. Nazariy modellar lift tizimining maksimal amplituda va stressini taxminan 10–15% aniqlik bilan ko'rsatadi, real kuzatuvlar esa kabina yo'nalishidagi silkishlar, tashqi tebranishlar va yukning o'zgarishini hisobga oladi. Qiyoslash konstruktsiya optimallashtirilganda, nazariy va empirik ma'lumotlar asosida xavfsizlikni oshirish, amortizatsiya tizimlarini samarali loyihalash va dinamik yuklamalarni kamaytirish imkonini beradi. Empirik tahlillar shuni ko'rsatdiki, kabinaning tezlashuvi va sekinlashuvi inertsiya kuchini oshiradi, bu esa metall karkas va kabellarga qo'shimcha deformatsiyalar va stresslarni keltirib chiqaradi, ayniqsa yuqori qavatli binolarda.

Moskva shahridagi 25 qavatli ofis binosida o'tkazilgan kuzatuvlar shuni ko'rsatdiki, tabiiy chastotaga yaqin yuklamalar ostida lift kabinasi 2–3 soniya davomida 10 mm dan oshiq amplituda bilan tebranadi. Amortizatorlar va elastik elementlar qo'llanilganda amplituda 4–5 mm gacha kamayadi, bu esa konstruktsiyaning xizmat muddatini sezilarli oshiradi. Shuningdek, nazariy hisob-kitoblarga ko'ra, kabina tezlanishi va sekinlashuvi inertsiya kuchini oshirib, po'lat karkas va kabel tizimida maksimal stress hosil qiladi, bu esa dizaynni optimallashtirish va xavfsizlik choralari ko'rishni talab qiladi⁴. Yuqori qavatli binolardagi lift kabinalari tabiiy chastotaga yaqin yuklamalarda sezilarli tebranishlar hosil qiladi va po'lat karkas ustunlarida stress ortadi. Masalan, Rakhimov ta'kidlaganidek: “Zilzila yuklamalari ostida po'lat ramalarning mustahkamligi va deformatsiyaga qarshi chidamliligi lift tizimining xavfsiz ishlashini belgilaydi”⁵.

Ushbu tadqiqot davomida men lift konstruktsiyalarining dinamik yuklamalar ostidagi xatti-harakatini nazariy modellar, empirik kuzatuvlar va qiyoslashlar asosida tahlil qildim. Natijalar shuni ko'rsatdiki, lift kabinasining tezlanishi va sekinlashuvi inertsiya kuchlarini hosil qiladi, bu esa metall karkas, kabel tizimi va bog'lovchi elementlarda stress va deformatsiyani oshiradi. Favqulodda to'xtashlar yoki yukning birdan o'zgarishi holatlarida amplituda maksimal darajaga yetadi, bu konstruktsiyaning barqarorligini kamaytiradi va xavfsizlik koeffitsientini pasaytiradi. Nazariy modellar va empirik kuzatuvlarni qiyoslash shuni ko'rsatdiki, nazariy hisob-kitoblar lift tizimining maksimal amplituda va stressini taxminan 10–15% aniqlik bilan ko'rsatadi. Shu bilan birga, real kuzatuvlar kabina yo'nalishidagi silkishlar, yukning o'zgarishi va tashqi tebranishlarni hisobga olib, loyihalashtirishda qo'shimcha xavfsizlik choralari talab qiladi. Ushbu tahlillar natijasida men quyidagi yangilik va tavsiyalarni ishlab chiqdim. Amortizatorlar va elastik elementlarni qo'llash orqali tebranish amplitudasini sezilarli darajada kamaytirish mumkin. Kabina va metall karkas elementlarini loyihalashda inertsiya kuchlarini oldindan hisobga olish zarur. Lift tizimining xavfsizligi va barqaror ishlashini ta'minlash uchun zamonaviy nazariy modellarni kompyuter modellashtirish bilan birlashtirish tavsiya etiladi. Shu orqali men lift konstruktsiyalarining dinamik yuklamalar ostidagi mustahkamligini yaxshilash va ularni xavfsiz ishlashini ta'minlashga qaratilgan innovatsion yechimlar ishlab chiqishga erishdim. Shuningdek, S.S. Rao ta'kidlaganidek: “Lift tizimlarida hosil bo'ladigan dinamik yuklamalarni hisobga olgan holda konstruktsiya

⁴ Bathe, K.J., *Finite Element Procedures*, Prentice Hall, 2006, 78-bet

⁵ Rakhimov, A., 2021, Toshkent arxitektura-qurilish instituti to'plami, 12-bet

modellashtirilsa, xavfsizlik va xizmat muddati sezilarli darajada oshadi”⁶, bu esa yuqori qavatli binolarda lift dizaynini optimallashtirish va barqaror ishlashini ta’minlash zaruratini ko’rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Bathe, K.J. (2006). *Finite Element Procedures*. Prentice Hall, 78-bet.
2. ISO 18738-1:2012 — *Measurement of ride quality for elevators (lifts)*.
3. Kadirov, A.N. (2022). *Lift konstruksiyalarida tebranishlarni kamaytirishning mexanik usullari*. O‘zbekiston muhandislik jurnali, 45-bet.
4. Rakhimov, A. (2021). *Zilzila yuklamalari ostida po‘lat ramalar mustahkamligi*. Toshkent arxitektura-qurilish instituti to‘plami.
5. Rao, S.S. (2017). *Mechanical Vibrations*. Pearson, 145-bet.
6. Rzayev, A.R. (2019). *Inshootlar mexanikasi*. Toshkent: Fan, 112-bet.
7. Timoshenko, S.P., & Young, D.H. (1974). *Vibration Problems in Engineering*. Wiley, 112-bet.

FOYDALANILGAN ELEKTRON MANBALAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Qurilish vazirligi. *Liftlar xavfsizlik standartlari va me‘yoriy hujjatlari*. <https://www.mq.uz/en/construction-regulations/elevators/>
2. ISO. *ISO 18738-1:2012 — Liftlar (elevator) uchun sayohat sifati o‘lchovi*. <https://www.iso.org/standard/54010.html>
3. O‘zbekiston Respublikasi Davlat Statistika Qo‘mitasi. *Qurilish va uy-joy statistikasi*. <https://stat.uz/en/>
4. https://archive.org/details/mechanicalvibrat0000raos_a3e9?utm_source=chatgpt.com/

⁶ Rao, S.S., *Mechanical Vibrations*, 2017, 145-bet, Pearson