

SIQILGAN STERJENLARNING USTUVORLIK MASALALARI

Yuldoshev Dilmurod Tura o'g'li.

Toshkent davlat transport universiteti talabasi

dilmurodyuldoshev03@gmail.com

+998 94 334 04 01

Pirnazarov G'ulomjon Farxadovich

Ilmiy rahbar: TDTrU Amaliy mexanika kafedrasini mudiri, dotsent.

pirnazarov_g@mail.ru

+998 97 758 72 92.

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada materiallar qarshiligi va nazariy mexanika sohalari haqida umumiy tushunchalar, siqilgan sterjenlarning ustuvorlik masalalari haqida ma'lumotlar, xususan, siqilgan sterjenning kritik kuchini aniqlashda Eyler usulidan foydalanish va Eyler formulasining qo'llanish sohalari, kritik kuchlanishlar, sterjen uchlari mahkamlanish usuli, ustuvorlikka hisoblashning amaliy formulalari, Eyler formulasidan foydalanish chegaralari, Yasinskiyning empirik formulasi, F.R. Shenli nazariyasi, markaziy bo'lmagan kuch bilaman siqilgan egiluvchan ustunni hisoblash, siqilgan sterjenlarni amaliy hisoblash, bo'ylama – ko'ndalang egilishlar, kritik kuchni aniqlashda siljish ta'sirini hisobga olish masalalari tahlil qilingan. Transport va qurilish sohasida mexanika va materiallar qarshiligi fanining tutgan o'rnini, ustuvorlik masalalarining ahamiyati keng yoritib ko'rsatilgan. Muhandislik yo'nalishlarida ta'lim olayotgan talabalarga sterjenning ustuvorlik masalalarini amaliyotga tatbiq etish bo'yicha bir qancha takliflar keltirib o'tilgan.

Kalit so'zlar: mustahkamlik problemi, inshoot ustuvorligi, bo'ylama egilish, Kvebek ko'prigi, osma prolyot, Eyler usuli, inersiya momenti, sterjenning egiluvchanligi, empirik formula, Yasinskiy moduli, nisbiy va tasodifiy ekstentrititetlar.

ABSTRACT

In this article, general concepts of the fields of material resistance and theoretical mechanics, information about priority issues of compressed booms, in particular, the use of Euler's method in determining the critical strength of a compressed boom and the application areas of Euler's formula, critical stresses, the method of fixing boom ends, practical calculation of priority formulas, limits of use of Euler's formula, Yasinsky's empirical formula, F.R. Shanley's theory, non-central force, calculation of a compressed flexible column, practical calculation of compressed struts, longitudinal - transverse deflections, issues of consideration of the effect of displacement in determining the critical force analyzed. The role of the science of mechanics and resistance of materials in the fields of transport and

construction, and the importance of priority issues have been widely explained. A number of suggestions on the practical application of priority issues of steering to students studying in engineering fields have been given.

Key words: *stability problem, priority of structure, longitudinal bending, Quebec bridge, suspended beam, Euler's method, moment of inertia, elasticity of the stern, empirical formula, Yasinsky module, relative and random extensivities.*

KIRISH

Amaliy mexanika va materiallar qarshiligi fani kundalik hayotdagi deyarli barcha sohalarda o'z o'rniga ega. Masalan, texnika sohasida detallarning pishiqligi va sifatini yaxshilash, transportda mashina va mexanizmlarning xizmat muddatini uzaytirish, ustuvorlik, inshoot qismlariga kuchlarning ko'rsatgan ta'sirini o'rganish va boshqa sohalar. Bularning hammasi mashina, kema, poyezd va samolyotlarni loyihalash sohalarida ham muhim hisoblanadi. Nazariy mexanika material nuqtalar va material nuqtalar sistemasining harakati hamda ularning muvozanatini tekshiradi. Materiallar qarshiligi esa nazariy mexanikaga ko'p jihatdan o'zaro bog'langan. Materiallar qarshiligida biz asosan inshoot yoki mashinaning asosiy elementi sifatida qaraladigan ayrim sterjenning mustahkamligi, bikrligi va ustuvorlik masalalariga e'tibor qaratamiz. Materiallar qarshiligi haqidagi dastlabki nazariy ishlarni XVII asrda Galiley qilgan. U birinchilardan bo'lib tashqi kuchlar ta'siriga sterjenlarning qarshilik ko'rsata olishi bo'yicha analitik hisob ishlarini qildi. 1676 – yilda Robert Guk cho'zilishda kuch bilan uzayish orasidagi proporsional bog'lanishni aniqladi. Qolaversa, bu sohaga asos soluvchi tajribalarni D.Bernulli, Leonard Eyler, A.V.Gadolin, D.I.Juravskiy, X.S.Golovin, F.Yasinskiy, I.G.Bubnov, L.D.Proskuryakov, Mariott, Dyugamel, Kulon kabi mashhur fiziklar ham o'tkazgan. Bunday tadqiqotlar natijasida „Materiallar qarshiligi“ fani vujudga keldi.

Ko'pgina muhandislik inshootlarini loyihalash hollarida biz mustahkamlik problemasini inobatga olamiz. Lekin bu jarayonda mustahkamlik problemi bilan bir qatorda inshoot yoki uning elementining ustuvorlik masalasi ham turadi. Chunki muhandislik obyektlarini hisoblashda e'tiborga olinadigan nagruzkalar hamda jismni hisoblangan muvozanat yoki harakat holatidan chetga chiqarishga intiluvchi kichik ta'sirlar ham mavjuddir. Nazariy mexanikadan bizga ma'lumki absolyut qattiq jismlarning muvozanat holati uch xil bo'ladi; ustuvor, befarq va noustuvor. Masalan, botiq sirtida yotgan sharning muvozanati ustuvor. Chunki shar bir oz qo'zg'atilsa u yana avvalgi holatiga qaytadi. Gorizont tekislikda yotgan sharning muvozanati esa befarq bo'ladi. Buning sababi sharni tekislikning har bir nuqtasiga qo'yilsa ham shar shu joyida turib qolaveradi. Qavariq sirtida turgan sharning muvozanat holati esa noustuvor bo'ladi. Bunday misollarni ko'p keltirishimiz mumkin. Agar kichik

ta'sirlar sistemani hisoblangan holatdan kichik miqdorga og'dirsa, bunda sistemaning holati ustuvor bo'ladi, aksincha, kichkina ta'sirdan sistema hisoblangan holatidan katta miqdorga og'sa, uning bu holati noustuvor bo'ladi. Ustuvor yoki noustuvor holatga misol qilib oddiy pirildoq ya'ni girooskopning aylanma harakatini ko'rsatishimiz mumkin. Bunda girooskopning katta tezliklardagi aylanma harakati kichik ta'sirlarga ustuvordir, kichik tezliklarda esa noustuvor bo'ladi. Endi siqilgan sterjenlarda ustuvorlik masalalarini ko'rib chiqamiz. To'g'ri chiziqli uzun va ingichga sterjen ko'ndalang kesimining markaziga siquvchi kuch qo'yilgan holatda bo'lsin. ($P < P_{kp}$) Agar sterjenni ko'ndalang kuch yoki barmoq bilan yon tomonga turtsak u o'zining ilgari to'g'ri chiziqli muvozanat holatiga darhol qaytadi. Bundan yaqqol ko'rinib turibdiki sterjenning to'g'ri chiziqli muvozanat holati hali ustuvordir. Agar siquvchi kuchni sekin – asta oshirsak, uning to'g'ri chiziqli muvozanat holatiga qaytish muddati kamayadi. Lekin, sterjenning to'g'ri chiziqli muvozanat holati ustuvorligicha qolaveradi. ($P = P_k$) bo'lgan holatda esa siquvchi kuchni yanada oshirsak, uning biror qiymati topiladi va uning bu qiymatida ko'ndalang kuch bilan turtib egilgan sterjen o'zining avvalgi to'g'ri chiziqli muvozanat holatiga qaytmaydi, balki, yangi egri chiziqli shaklga kiradi. Bu holatda ham uning shakli ustuvor bo'laveradi. Agar sterjenni to'g'rilab qo'ysak u o'zining avvalgi to'g'ri chiziqli muvozanat holatiga qaytadi va ustuvorligini yo'qotmaydi. Siquvchi kuchni boshqa orttirib bo'lmaydi, mabodo ozgina orttiradigan bo'lsak sterjen butunlay egilib ketadi va ustuvorligini yo'qotadi ya'ni noustuvor bo'lib qoladi. ($P = P_k$) Yupqa devorli sterjenlar siquvchi kuchlanishning material mustahkamligi nuqtai nazaridan xavfli bo'lmagan qiymatlarida ham ko'pincha ustuvorligini yo'qotadi.

Qurilish sohasida ustuvorlik masalalari asosiy o'rinda turadi. Chunki mustahkamlikka hisoblashning noto'g'ri ko'rinishlari salbiy oqibatlariga olib kelishi mumkin. Masalan, shunday salbiy holat 1907 – yil AQSHda sodir bo'lgan. Bu holatda Shimoliy Lavrentiya daryosiga qurilgan bosh proliyoti 549 metrli konsol sistemali katta ko'prik ag'darilib ketgan. 9 ming tonnali metal konstruksiya hisoblanmish Kvebek ko'prigini ishdan chiqishi natijasida 74 kishi halok bo'lgan, konstruksiyaning katta qismi suvga 40 metr chuqurlikka cho'kib ketadi. Qurilish tarixidagi katta fojialardan biri bo'lgan bu halokatga sabab siqilgan yig'ma sterjenning ustuvorlikka noto'g'ri hisoblanganligidir. 1891 – yil may oyida Shveysariyaning Menxenshteyn qishlog'ida ham siqilgan sterjenlarni ustuvorlikka puxta hisoblanmaganligi natijasida yana bir ko'prik qulab tushdi. Eng achinarlisi halokat vaqtida ko'prikdan 12 vagondan iborat yo'lovchi poyezdi o'tayotgan edi. Vagonlarning 6 tasi ag'darilishi natijasida bu voqeada ham 74 kishi qurbon bo'lgan,

200 kishi jarohatlangan. Ko'priknining ag'darilib ketishiga sabab fermaning siqilgan tirgovichlaridan biri ustuvorligini yo'qotishidir.

Sterjenlarning ham to'g'ri chiziqli ham egri chiziqli muvozanat holatlari ustuvorlikka erishgan vaqtdagi siquvchi kuch kritik kuch deyiladi. Kuch kritik qiymatga chiqqan paytda sterjenni to'g'ri chiziqli va egri chiziqli muvozanat holatlari ustuvor holatda bo'lib, bu holat befarq holat deyiladi va sterjen tashqi ta'sirsiz o'z - o'zidan egilishga uchraydi. Kritik kuch ta'sirida elastik muvozanat ustuvorligini yo'qotish faqat siqilgan sterjenlargagina mos emas. Chunki, konstruksiyaning boshqa turdagi elementlarida ham kritik kuch uchraydi. Siquvchi kuch kritik qiymatga yetmaganda sterjen faqat sof siqilishga va kritik qiymatga ortganidan keyin sterjen siqilish bilan egilishga qarshilik ko'rsatadi. Kritik kuch amaliy nuqtai nazardan yemiruvchi sifatida olinadi. Kritik kuch P_k bilan belgilanadi. Siqilgan sterjenlar xavfsiz ishlashi uchun albatta ruxsat etilgan kuch kritik kuchdan ancha kichik bo'ladi.

$$[P=P_k/n_y]$$

n_y – ustuvorlikning ehtiyot koeffitsienti.

Ustuvorlik sharti quyidagicha ko'rinishga ega :

$$\sigma = \sigma_{kr}$$

Har doim ustuvorlik uchun qabul qilinadigan ehtiyot koeffitsiyenti mustahkamlik uchun qabul qilingan ehtiyot koeffitsiyentidan katta olinadi. Buning sababi bu holatda bir qancha qo'shimcha noqulayliklar ya'ni sterjenning boshlang'ich davridagi egriligi, kuchning eksentrik ta'siri kabilar inobatga olinadi.

Markaziy siqilgan va egiluvchi sterjenlarning kritik kuchini aniqlash masalasini birinchi bo'lib Leonard Eyler nazariy yo'l bilan hal qilgan. Eyler usuli elastik sistema muvozanati mumkin bo'lgan shakllarining qismlari analiziga asoslangan. Eyler o'z ta'rifiga ko'ra kritik kuchni ustunning eng kichik og'ishi uchun zarur bo'ladigan kuch deb hisoblaydi. Muhandislik hisoblari uchun eng kichik kritik kuch amaliy ahamiyatga egadir. Bundan sal kam 280 yil muqaddam ya'ni 1744 – yilda Leonard Eyler birinchilardan bo'lib kritik kuchlarni toppish formulasini oldi. Eyler formulasi quyidagicha ko'rinishga ega:

$$P_{kp} = \pi^2 \cdot E \cdot I / l^2$$

Bu formula yordamida topilgan kuch esa Eyler kuchi deyiladi.

Formuladan ko'rinib turibdiki kritik kuch qiymati sterjen bikrligiga tog'ri proporsional, sterjen uzunligi kvadratiga esa teskari proporsional. Eyler formulasini keltirib chiqarishda uchlari sharnirli mahkamlangan sterjen sinusoida bo'yicha egilishi aniqlangan, lekin solqiligining son qiymati topilmagan edi. Kritik kuchlar elastiklik chegarasida ishlaydigan sterjenlar uchun sterjenning geometrik o'lchamlari va materialning elastiklik moduliga bog'liq bo'ladi. Lekin materialning

mustahkamlik xossalariga bog'liq emas. Siqilgan sterjenlar uchun Eyler formulasini qo'llab kritik kuchni topganda sterjen uchlarining mahkamlanishiga bog'liq holda bosh tekisliklarda ustivorlikni yo'qotishning turli shakllari bo'lishi mumkinligini inobatga olish zarur. Bularning hammasi siqilgan sterjenlarning ustuvorligiga alohida e'tibor qaratishdan dalolat beradi.

Eyler formulasidan har doim ham foydalanib bo'lmaydi. Chunki, Eyler formulasi sterjen elastik deformatsiyalar chegarasida ya'ni Guk qonuni kuchga ega bo'lgan chegarada keltirib chiqarilgan. Shuning uchun ham Eyler formulasidan foydalanish chegaralari ishlab chiqilgan. Masalan, Eyler formulasidan kritik kuchlanish proporsionallik chegarasidan katta bo'lgan hollarda foydalanib bo'lmaydi. Sterjenning egiluvchanligi λ egiluvchanlikning chegaraviy qiymati λ_0 dan katta bo'lsa Eyler formulasidan foydalanishimiz mumkin. Agar $\lambda < \lambda_0$ bo'lsa Eyler formulasidan foydalana olmaymiz.

Sterjen elastik deformatsiyalar chegarasidan tashqarida ishlaganida kritik kuchlanishni keltirib chiqarish murakkablashadi. Shuning uchun eksperimental tekshirishlar o'tkazilgan. Tajriba natijalari asosida F. S. Yasinskiy kritik kuchlanishni topish uchun empirik formula taklif qildi :

$$\sigma_{kp} = a - b\lambda$$

Bu yerda a va b – sterjen materialiga bog'liq bo'lgan o'zgarmas kattaliklar. Eyler va Yasinskiy formulalaridan foydalanish siqilgan sterjenlar ustuvorligiga doir masalani qurilish amaliyotida uchraydigan barcha egiluvchanlik chegarasida yechish imkonini beradi. Sterjen elastik – plastik sohada ishlaydigan holatlar uchun sof tajriba natijalaridan tashqari nazariy tadqiqotlar ham mavjud bo'lib, ularda kritik kuchni topish uchun Eyler formulasiga o'xshash formulalar taklif qilingan. Bunday tadqiqotlar qatoriga Yasinskiy tajribasini misol qilib ko'rsatishimiz mumkin. Unda elastik – plastik soha uchun keltirilgan modul deb ataladigan modulni qo'llab Eyler formulasini ishlatish taklif qilinadi :

$$P_{kp} = \pi^2 E_r I / (\mu l)^2$$

E_r – keltirilgan modul bo'lib, undan foydalanish g'oyasini quyidagicha ifodalaymiz:

Avvaliga siqilgan sterjen, keyinchalik egilganida cho'zilish va siqilishda elastiklik moduli turlicha bo'lgan sterjen kabi ishlaydi. To'g'ri to'rtburchak kesimli sterjen uchun keltirilgan modul nomini olgan Yasinskiy moduli quyidagi formula yordamida topiladi :

$$E_r = 4 E_1 E_2 / (\sqrt{E_1} + \sqrt{E_2})^2$$

Yasinskiy formulasi tajriba yo'li bilan olingan natijalarga yaxshi mos keladi.

F. S. Yasinskiy taklifidan boshlab keyingi vaqtlarga qadar keltirilgan modul nazariyasi to'g'ri, urinma modul nazariyasi esa noto'g'ri deb qaralgan edi. Lekin, Yasinskiy tajribalaridan yarim asr o'tgach, urinma modulli nagruzka P_{τ} ga sterjen qiyshayishi mumkinligi haqida yangi tushunchalar paydo bo'ldi. Ular birinchi marta 1946 – yil F. R. Shenli tomonidan aniqlanib, 1947 – yilda chop etilgan va keyinchalik olimlar tomonidan muhokama qilindi. Shenli nazariyasiga ko'ra elastiklik chegarasidan keyin siqilgan sterjenlar ustuvorligini yo'qotish vaqtida, doimiy yuklanish jarayonida va uning cheksiz kichik egilishida sterjen to'liq yuksizlanib ulgurmaydi. Shuning uchun bu shartda ko'ndalang kesimda faqat bitta urinma modul E_k bo'ladi deb hisoblash mumkin. F. R. Shenli nazariyasi muammoni F. Engesserning dastlabki taklifiga keltiradi. Ammo, yuksizlanish muammosi ochiqligicha qoladi. Shunday qilib, elastiklik chegarasidan keyin siqilgan sterjenlar ustuvorlik sohasida T. Karman, R. Stouevell va F. S. Yasinskiy kabi bir qator salohiyatli olimlar juda ko'p ishlarni amalga oshirdi.

Elastik deformatsiyalar chegarasida ishlaydigan egiluvchan sterjenlarning markaziy bo'lmagan kuch bilan siqilishi haqidagi masalalar barchamizda katta qiziqish uyg'otadi. Bu masalalarning qiziq tomoni shundan iboratki, ularda kuchlanish bilan siquvchi kuch o'rtasida chiziqsiz bog'lanish mavjuddir. Shuning uchun bunday sterjenning mustahkamligi haqidagi masala oldin o'rganilgan barcha masalardan tubdan farq qiluvchi muhim masalalar qatoriga kiradi. Unga ko'ra agar ustun yetarlicha egiluvchan bo'lsa, eguvchi momentlarni topishda ustunning deformatsiyasini hisobga olmasak bo'lmaydi. Ustunning istalgan kesimidagi eguvchi moment quyidagicha formula yordamida topiladi :

$$M = P (\delta + e - \vartheta)$$

Bu yerda $e - P$ kuch qo'yilgan nuqta eksentrisiteti ;

ϑ – sterjen o'qidagi istalgan nuqtaning gorizonttal bo'yicha o'g'ishi.

Egiluvchan ustunning markaziy bo'lmagan siqilishida paydo bo'ladigan eng katta kuchlanish P kuchi bilan chiziqsiz bog'langanligini quyidagi formula yordamida aniqlashtiramiz :

$$\sigma_{\max} = - \sigma_0 (1 + \frac{m}{\cos \kappa l})$$

Markaziy bo'lmagan egiluvchan sterjenlar ishining o'ziga xos tomoni shundaki, siquvchi kuchlanishlarga nisbatan kuchlanish ancha tezroq o'sadi. Aytilgan bunday mulohazalardan ma'lumki boshlang'ich eksentrisitet siqilgan sterjenlarning mustahkamligiga katta ta'sir ko'rsatadi. Tasodifiy eksentrisitet odatda, hisoblarda ko'zda tutilmagan, loyihachi tomonidan kutilmagan va amalda esa hisobga olinmagan sabablar tufayli paydo bo'ladi va ancha xavflidir. Chunki, tasodifiy

ekssentrisitetlar bino va inshootlarning ancha ortiqcha yuklanishiga, ayrim holatlarda halokatga olib kelishi mumkin.

Siqilgan sterjenlarni amaliy hisoblash jarayonida biz siqilgan sterjenlarning o'lchamlarini aniqlashtirib olamiz. Bunda birinchi navbatda ular ekspluatatsiya jarayonida siquvchi kuch ta'siridan ustuvorligini yo'qotmasligiga e'tibor qaratishimiz kerak. Shuning uchun siqilgan sterjendagi kuchlanish kritik miqdordan kichik bo'lishi kerak :

$$\sigma = \frac{N}{F} < \frac{P}{F} = \sigma_{kp}$$

N – sterjen hisoblanadigan kuch,

P_{kp} – kritik kuch,

$F_{\text{брутто}}$ – kesimning brutto yuzasi.

Tekshirishlar natijasi shuni ko'rsatadiki, sterjenning mahalliy kuchsizlantirilgan joylari, masalan, parchin mix uchun teshiklar va turli o'yiqlar kritik kuch qiymatiga ko'p ham ta'sir ko'rsatmaydi. Kritik kuchlanishni aniqlashda yuqoridagi formula orqali kesim yuzasining brutto yuzasini topish ham shu bilan tushuntiriladi. Sterjen kesimining kuchsizlanishi katta bo'lgan alohida hollarda qo'shimcha ravishda kuchsizlangan joy bo'yicha sof siqilishda mustahkamlikka tekshirib ko'riladi. Siqilgan sterjen ishonchli ishlashi uchun ustuvorlik uchun zarur ehtiyot chorasi ham nazarda tutilishi kerak. Shuning uchun sterjenda paydo bo'ladigan kuchlanish hisobiy qarshilikdan kichik bo'lishi kerak. Hisobiy qarshilikning o'zi kritik kuchlanishning bir qismiga teng bo'ladi :

$$\sigma = \frac{N}{F} \leq \frac{\sigma}{n_1}$$

n_1 – ustuvorlikning ehtiyot koeffitsienti.

Bo'ylama egilishda asosiy hisobiy qarshilikni kamaytirish koeffitsienti ϕ ning qiymati quyidagicha topiladi :

$$\phi = \frac{\sigma}{nR}$$

R – cho'zilishda hisobiy qarshilik.

Qurilish norma va qoidalarida buni bo'ylama egilish koeffitsienti deb ishlatamiz. ϕ ning qiymati turli egiluvchanliklar uchun normada belgilab qo'yilgan bo'ladi va jadval shaklida belgilab ko'rsatiladi. Siqilgan sterjenlarning ko'ndalang kesimlarini tanlash cho'zilgan sterjenlarnikiga nisbatan ancha murakkabroq masaladir. Negaki, hisoblash formulasiga kiradigan ϕ ning qiymati ko'ndalang kesim yuzasining shakli va o'lchamlariga bog'liq bo'lgani uchun avvaldan berilgan bo'lishi mumkin emas. Shuning uchun sterjenning ko'ndalang kesim yuzasi asta – sekin yaqinlashish usuli yordamida topiladi. Avvaliga ko'ndalang kesim yuzasining taxminiy qiymati olinib, kesimning yuzasi, inersiya momenti, inersiya radiusi va egiluvchanligi hisoblanadi.

Markazga qo'yilgan F kuchlar siqayotgan uzun yupqa sterjenlarning qiyshayishi bo'ylama egilish deyiladi. Agar sterjenga bir yo'la siquvchi kuch bilan ko'ndalang nagruzka birgalikda qo'yilgan bo'lsa, bunday holatda bo'ylama – ko'ndalang egilish sodir bo'ladi. Amaliyotda biz ko'prik tayanchlari kabi vazmin elementlarni hisoblashimizda bir yo'la siquvchi va eguvchi kuch ta'sir etsa, kuchlar ta'sirining mustaqillik prinsipidan foydalanishimiz mumkin. Boshqacha aytganda, egilish va siqilishdan hosil bo'lgan kuchlanish va deformatsiyalarni alohida – alohida topib olingan natijalarni algebraik qo'shish mumkin. Egiluvchan sterjenlarga bu usulni tadbiiq etib bo'lmaydi. Siqilish bilan egilishga ishlaydigan egiluvchan sterjenlarni deformatsiyalangan sxema deb ataladigan sxema bo'yicha hisoblash zarur. Sterjenning deformatsiyalanishi natijasida ko'chish paydo bo'ladi, shuning uchun siquvchi kuch qo'shimcha eguvchi momentlar hosil qiladi. Bo'ylama kuchdan hosil bo'ladigan eguvchi moment miqdori anchagina bo'lishi mumkin va uni e'tiborga olmaslik mumkin emas. Bo'ylama – ko'ndalang egilishga doir masalalar statik noaniq masala bo'lib, uni aniq yechish uchun brus egilgan o'qining differensial tenglamasini tuzib, yechish lozim. Ko'ndalang nagruzka ta'siridan balkaning istalgan kesim yuzasidagi eguvchi moment quyidagi ifoda orqali topiladi :

$$M_0 = \frac{q}{2} (1 - z)$$

M_0 – ko'ndalang kuchlar ta'siridan hosil bo'ladigan eguvchi moment bo'lib, odatdagi usul yordamida hisoblanadi.

Egiluvchan ustunning markaziy bo'lmagan siqilishini hisoblashdagi kabi bo'ylama – ko'ndalang egilishda kuchlanish P kuch bilan chiziqsiz bog'langan. Shuning uchun berilgan nagruzkada kuchlanish qiymatiga qarab mustahkamligi haqida fikr yuritib bo'lmaydi. Bu masalani oydinlashtirish uchun kuchlanishning P kuchga bog'liq bo'lgan grafigini qurish kerak. Shu bilan bir qatorda siquvchi kuch katta bo'lganida tekshirishni formula bo'yicha amalga oshirish lozim.

Qurilish sohalarida, ayniqsa, ko'prik qurilish yo'nalishlarida o'zaro panjara yoki planka bilan tutashtirilgan ayrim elementlardan tashkil topgan sterjenlardan keng miqyosda foydalaniladi. Bunday tarkibiy qismlardan tashkil topgan sterjenlar uchun kritik kuch shoxobchalarning geometrik o'lchamlariga hamda panjara elementlarining kesim yuzalariga bog'liq bo'ladi. Sterjenlarda paydo bo'ladigan deformatsiyalarni topishda ba'zan egilish bilan birga siljishlar ta'sirini ham hisobga olish kerak. Yupqa devorli, ayniqsa, tarkibli sterjenlarga doir masala yechilganda holat keskin o'zgaradi. Bunday masalalar deformatsiyalanadigan sistemalar ustivorligiga doir maxsus kurslarda batafsil o'rganiladi.

Kalta sterjen oddiy markaziy siqilish ta'sirida bo'lganida, uning mustahkamligi faqat sterjenning ko'ndalang kesim yuzining miqdoriga bog'liq bo'ladi. Uzun

sterjenlar siqilganda ular bo'ylama egilishga qarshilik ko'rsatadi, binobarin, bunday kuchlanish holati uchun uning egiluvchanligi va ko'ndalang kesimining minimal inersiya radiusi muhim ahamiyatga ega. Bundan kelib chiqadiki, ustivorlik masalasini hal qilganda sterjen ko'ndalang kesimining faqat yuzining miqdorigina emas, balki, shakli ham muhim ahamiyatga ega bo'ladi. Bo'ylama egilishda sterjenning ko'ndalang kesimi uchun shunday shaklni tanlash kerakki, yuzining miqdorlari bir xil bo'lgan shakllardan minimal inersiya radiuslari eng kattasini olamiz. Shundagina sterjenning ustivorligi ortadi. Bunday shakllarga materialining asosiy qismi kesimining og'irlik markazidan eng uzoq masofada joylashgan shakllar kiradi. Qo'shtavr va shveller kabi kesimlar bosh inersiya momentlari bir – biridan katta farq qilganligidan ularning ikkala bosh tekislikda bo'ylama egilishga qarshiligi ham katta farq qiladi. Bunday shaklga ega bo'lgan kesimli sterjenlarni yakka holda ustun va kolonnalar uchun ishlatish noqulaydir. Biroq bunday sterjenlarning ikkitasidan bir butun sterjen yasalganda ular bo'ylama egilishga ko'ngildagidek qarshilik ko'rsatishlari mumkin. Ammo ikkita shveller oralig'ini ikkala bosh inersiya momentlarining tenglik shartidan topish kerak bo'ladi. Bunday tuzma kesimlar ham quvvatli plankalar yordamida bir – biriga mahkamlanadi, ularning bir butun monolit bo'lib ishlashi ta'minlangan bo'ladi. Hisoblangan balkaning o'rtasidagi salqilik ko'ndalang kuchlar bir tomonga yo'nalgan va simmetrik bo'lmagan taqdirda ham ishlatilsa bo'ladi, lekin haqiqatga ko'proq xato bilan yaqinlashadi. Markaziy bo'lmagan siqilish uchun eguvchi moment bilan salqilik quyidagi formulalar orqali topiladi :

$$M_0 = Pe ; \quad f_0 = \frac{Pel}{8EJ}$$

e – siquvchi kuch eksentrisiteti.

f_0 – prolyot o'rtasida faqat ko'ndalang kuchlar ta'siridan hosil bo'lgan salqilik.

Sterjenning o'rta kesimidagi eng katta kuchlanish bo'ylama kuch P bilan chiziqli bo'lmagan qonun orqali bog'langan va P / P_0 nisbat kattalashishi bilan kuchlanish juda tez o'sadi.

XULOSA

Biz ushbu maqolamizda siqilgan sterjenlarning ustivorlik masalalari va ularning qo'llanilish sohalari bilan batafsil tanishdik. Demak, siqilgan sterjenlarning ustivorlik masalalari ko'pincha ferma usuli bilan yopilgan katta – katta chorva mollarini boqish obyektlari va osma prolyotlar qurilishi kabi ko'pgina sohalarda keng qo'llaniladi. Ustivorlikka hisoblash masalalari noto'g'ri yechilgan hollar qanday salbiy oqibatlarga olib kelishi haqida qurilish tarixidagi ustivorlik bilan bog'liq voqealar misolida ko'rib chiqdik. Qurilish sohasida siqilgan sterjenlarning ustivorlik

masalalarini yanada optimal holatda yechish va keng qo'llashimiz lozim. Chunki, bu yo'l bilan balkalar va prolyotlar yordamida katta hajmdagi joy egallasdan turib ko'p obyektlarni ferma usulida tom qismini yopishimiz mumkin. Qolaversa, qurilish materiallari sarf hajmi ham kamayadi. Ko'prik qurilish, yer usti metro liniyalari va temir yo'l tarmoqlari sohalarida ham siqilgan sterjenlar ustuvorligi masalalarini yanada chuqurroq va keng miqyosda joriy etish katta loyihalarni amalga oshirishga turtki bo'ladi. Qurilish va transport sohalarida yangi yutuqlarni zabt etish uchun muhandislik yo'nalishlarida ustuvorlik masalalariga alohida yondashish taklifini bergan bo'lardik.

REFERENCES

1. M. M. Mirsaidov, P. J. Matkarimov, A. M. Godovannikov. Materiallar qarshiligi. „ Fan va texnologiya “ Toshkent 2010.
2. A. F. Smirnov, A. V. Aleksandrov, N. I. Monaxov, D. F. Parfenov, V. D. Potapov, A. I. Skryabin, G. V. Fedorkov, V. V. Xolchev. Materiallar qarshiligi. “O'qituvchi ” Toshkent 1988.
3. Mansurov Kamal Mansurovich. Materiallar qarshiligi kursi. „ O'qituvchi “ Toshkent 1983.
4. Abdumutal Nabiyeu. Materiallar qarshiligi. „ Yangi asr avlodi “ Toshkent 2008
5. N. S. Bibutov, A.X. Hojiyev. Materiallar qarshiligi. „ Barkamol fayz media “ Toshkent 2016.
6. B. A. Hobilov, N. J. To'ychiyev. Materiallar qarshiligi. „ O'zbekiston Faylasuflar Milliy Jamiyati “ Toshkent 2008
7. S. Z. G'ulomitdinov, Z. Sh. Afzalov. Amaliy mexanika. “O'zbekiston Faylasuflari Milliy Jamiyati “ Toshkent 2006
8. N. S. Bibutov. Amaliy mexanika. “Yangiyul poligraph service “ Toshkent 2008.
9. A. Jo'rayev, R. Tojiboyev. Amaliy mexanika. „ Fan va texnologiya “ Toshkent 2007.
10. N. S. Bibutov. Amaliy mexanika. „ Durdona “ Buxoro 2020.
11. M. M. Mirsaidov, L. I. Boymurodova, N. T. G'iyosova. Nazariy mexanika. „ Ilm ziyo “ Toshkent 2009.
12. B. A. Fayzullayev. Nazariy mexanika. „ Cho'lpon “ Toshkent 2011.
13. X. T. To'rayev, A. Tilavov. Nazariy mexanika. Statika va Kinematika. „ Noshir “ Toshkent 2012.
14. I. V. Meshcherskiy. Nazariy mexanikadan masalalar to'plami. „ O'qituvchi “ Toshkent 1989.
15. M. T. O'rozboev, T. G'. G'ulomov, B. Q. Qoraboyev. Materiallar qarshiligi. Toshkent 1969.

16. B. Qoraboyev, Yu. Leksashev. Materiallar qarshiligi. Toshkent 2007.
17. D. B. Irgashev. Amaliy mexanika. Toshkent 2015.
18. Karimov R. I, Baratov N. B, Maksudova N. A. Materiallar qarshiligi. Toshkent 2005.