

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**“ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ”
МИЛЛИЙ ТАДҚИҚОТЛАР УНИВЕРСИТЕТИ**

“МЕХАНИКА ВА КОМПЬЮТЕРЛИ МОДЕЛЛАШТИРИШ” КАФЕДРАСИ

**ГИДРОТЕХНИКА ИНШООТЛАРИНИНГ ДИНАМИКАСИ ВА
ЗИЛЗИЛАБАРДОШЛИГИ ФАНИ**

МИРСАИДОВ МИРЗИЁД МИРСАИДОВИЧ

**МАВЗУ -8: Эркинлик даражаси бирга тенг бўлган системаларнинг
мажбурий тебраниши**

ТОШКЕНТ-2023



TIQXMMI
"TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ
XO'JALIGINI MEKANIZATSIYALASH
MUHANDISLARI INSTITUTI"
MTU
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI



МИРСАИДОВ МИРЗИЁД МИРСАИДОВИЧ
т.ф.д., профессор, ЎзР ФА академиги

• 5-МАЪРУЗА

• РЕЖА:

- 1.Эркинлик даражаси бирга тенг бўлган системаларнинг мажбурий тебраниши
- 2.Гармоник кучнинг динамик коэффиценти
- 3.Резонанс ҳодисаси
- 4.Резонанс ҳодисасини слабий ва ижобий роли.

5.1. Эркинлик даражаси бирга тенг бўлган системаларнинг мажбурий тебраниши

Механик системаларнинг тебранишларида массага тикловчи куч, қаршилик кучи ва инерция кучларидан ташқари, вақт бўйича ўзгарадиган қўзғатувчи куч таъсир этса, бундай системада мажбурий тебраниш ҳосил бўлади.

Иншоотларни ҳисоблашда гармоник куч, яъни вақт мобайнида синусоидал қонун бўйича таъсир этувчи тўпланган қўзғатувчи куч

$$P(t) = P \sin \cdot t, \quad (5.1)$$

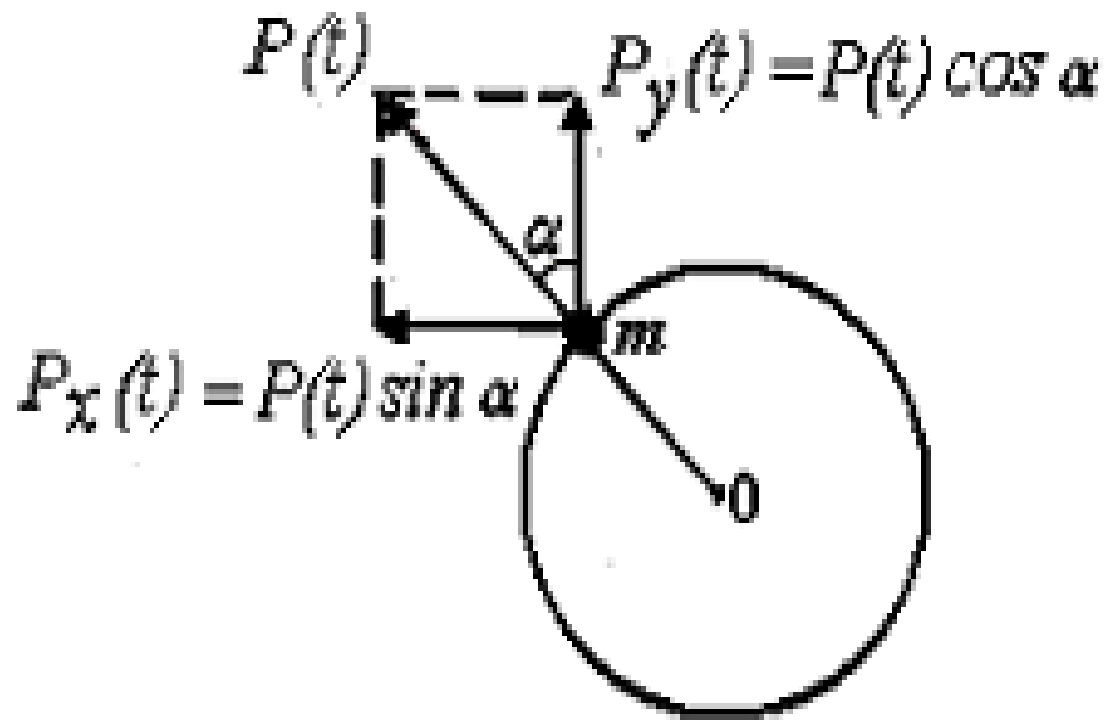
амалиётда кўп учрайди.

Бу ерда: P - қўзғатувчи куч амплитудаси; θ - қўзғатувчи кучнинг доиравий частотаси.

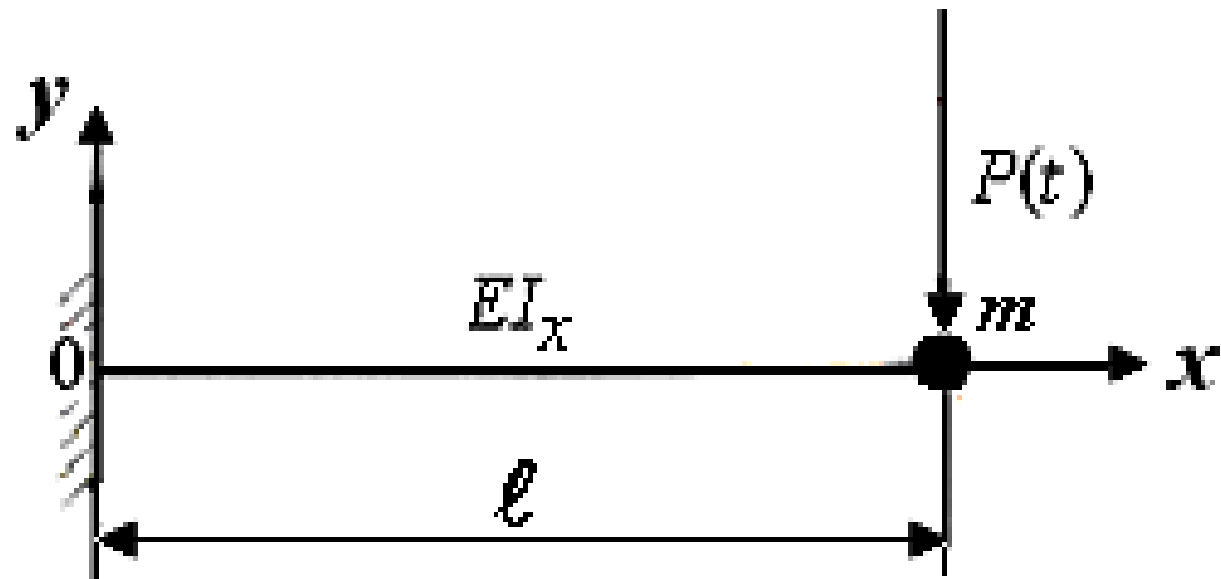
Бир маромда айланма ҳаракат қилувчи машинанинг бирор элементида мувозанатлашмаган масса m бўлса, у ҳолда бу массага таъсир этувчи марказдан қочирма куч ҳосил бўлиб, унинг вертикал (P_y) ва горизонтал (P_x) ташкил этувчилари гармоник қонун бўйича ўзгаради (5.1 -расм).

Агар эркинлик даражаси бирга тенг бўлган (5.2-расм) системага, кўзғатувчи куч $P(t)$ таъсир этса, у ҳолда динамиканинг мувозанат тенгламасига R, F, Y кучлардан ташқари $P(t)$ кучи ҳам қўшилади, натижада бир жинсли (4.5) тенглама ўрнига бир жинссиз дифференциал тенгламага эга бўламиз:

$$\ddot{y} + \frac{k}{m} \dot{y} + \frac{r}{m} y = \frac{P}{m} \sin \theta \cdot t \quad (5.2)$$



5.1-расм. Мувозанатлашмаган
 масса ҳосил қилиши мумкин
 бўлган кучлар



5.2-расм. Бир массали системанинг
 мажбурий тебранишини текшириш
 учун ҳисобий схема

Ушбу (5.2) тенгламанинг тўлиқ ечими бир жинсли тенглама (4.5) нинг умумий ва (5.2) тенгламанинг хусусий ечимларининг йигиндисидан иборат бўлади, яъни(Олий математикадан):

$$y = a_0 e^{-kt/2m} \sin(\omega t + \varphi_0) + \mu y_{CT} \sin(\theta t - \varepsilon) \quad (5.3)$$

Бу ечимнинг биринчи ҳади эркин, иккинчи ҳади мажбурий тебранишни ифодалайди.

Одатда, ноэластик қаршилик кучлари туфайли системанинг ω частотали эркин тебраниши тезда сўнади ва θ частотали мажбурий тебраниш барқарор бўлиб қолади. Олинган (5.3) ечимда ҳам бу ҳолатлар ўз аксини топган бўлиб, ечимнинг иккинчи ҳадига қуйидаги миқдорлар киради:

ε -мажбурий тебранишнинг қўзғатувчи кучга нисбатан силжиш фазаси

$$\varepsilon = \operatorname{arctg} \left(\frac{\frac{k}{m} \cdot \theta}{\omega^2 - \theta^2} \right) \quad (5.4)$$

μ -гармоник кучнинг динамик коэффиценти ёки тебранишнинг ўсиш коэффиценти деб аталиб, динамик таъсирнинг статик таъсирга нисбатан қанчага ортиқ бўлишини кўрсатувчи катталиқ

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\theta^2}{\omega^2}\right)^2 + \left(\frac{k\theta}{m\omega^2}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\theta^2}{\omega^2}\right)^2 + \left(\gamma \frac{\theta}{\omega}\right)^2}} \quad (5.5)$$

Қўзғатувчи куч частотаси θ конструкциянинг хусусий частотаси ω билан тенг келган ҳолда **резонанс** ҳодисаси содир булади. Бунда мажбурий тебраниш амплитудаси тез ўсади. Системанинг қаршилик коэффициентини γ тебраниш амплитудасининг чексиз ўсишига тўсқинлик қилади. Бироқ шунга қарамай, резонанс ҳолатида амплитуданинг ўсиши кузатилади. Шунинг учун иншоотларни лойиҳалаштириш жараёнида резонанс зонасига “яқинлашмаслик” мақсадга мувофиқ. Айрим ҳолларда **резонанс** ҳодисаси **ижобий** рол ўйнайди, масалан, муҳитларни титратиш йўли билан зичлаштиришда, радиоэлектроникада, музика асбобларида. Бу ҳолатларда резонанс ҳодисасидан фойдали мақсадлар учун фойдаланиш мумкин.

Мажбурий тебраниш амплитудаси ва динамик коэффициентнинг қиймати системада ҳосил бўладиган ноэластик сўниш туфайли кичраяди ва ҳатто резонанс ҳолатида ҳам чекли қийматга эга бўлади, аммо хавфли бўлиб қолаверади.

Частоталар тенглашганда ($\theta = \omega$) юқоридаги (5.5) ифодага кўра (сўниш ҳисобга олинганда) динамик коэффициент ноэластик қаршилик коэффициенти γ га тесқари пропорционал бўлиб, сўнишни ифодаловчи бошқа катталиқлар билан қуйидагича боғланган бўлади.

$$\mu = \frac{1}{\gamma} = \frac{2\pi}{\psi} = \frac{\pi}{\delta} \quad (5.6)$$

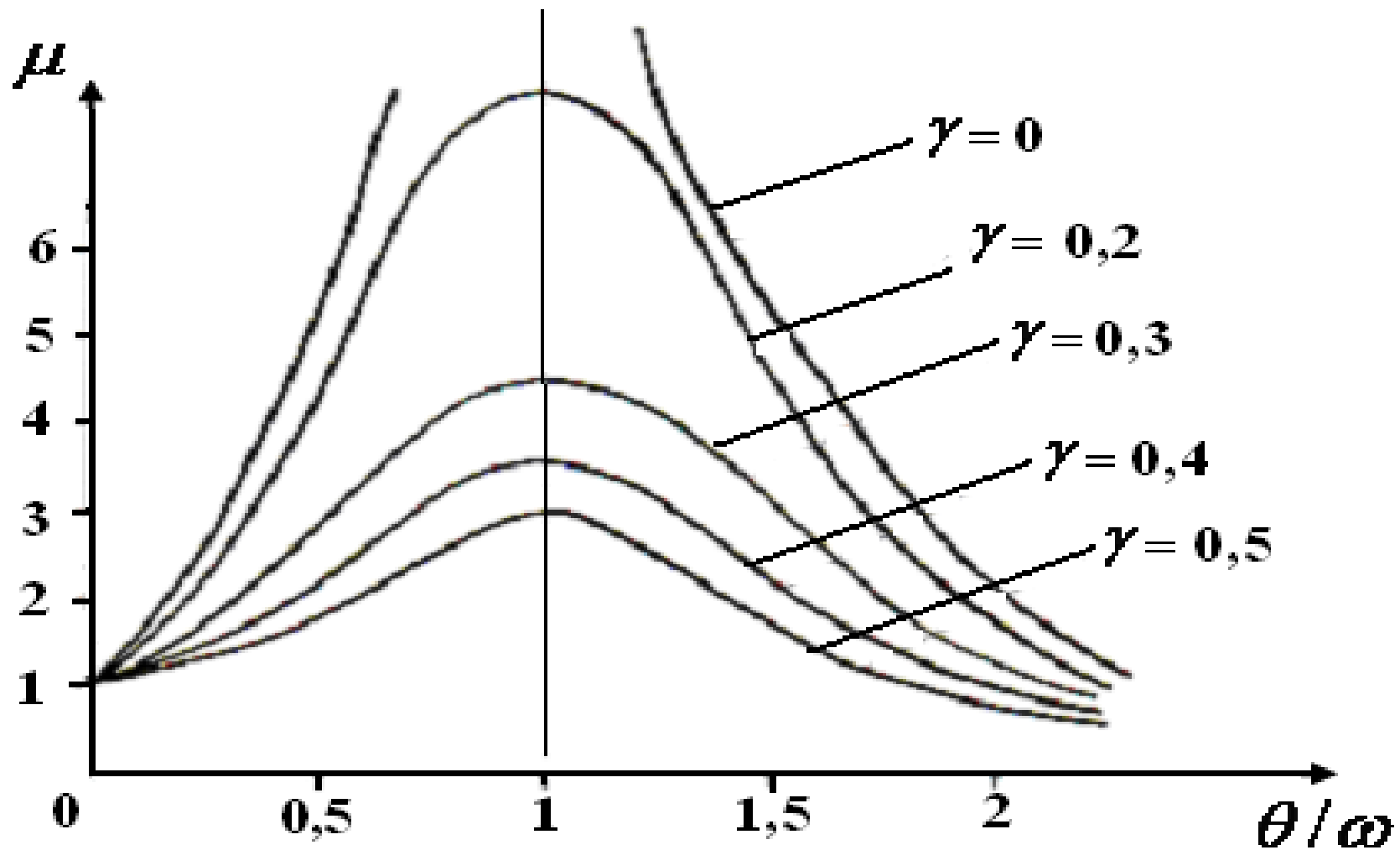
Бу (5.6) катталик динамик коэффициентнинг энг катта қийматига яқин бўлади, лекин у сўниш ҳисобга олинган системанининг энг катта реакциясини ифодаламайди.

Агар (5.5) дан θ/ω бўйича ҳосила олиб, унинг қийматини нолга тенгласак у ҳолда сўнувчи ситема учун θ/ω қийматини аниқловчи формулага, яъни

$$\left(\frac{\theta}{\omega}\right)^2 = 1 - \frac{\gamma^2}{2} \quad (5.7)$$

ва бу қийматга тўғри келадиган динамик коэффициентнинг энг катта қийматини топиш формуласига эга бўламиз,

$$\mu_{\text{MAX}} = \frac{1}{\left(\frac{\gamma}{2}\right) \sqrt{4 - \gamma^2}} \quad (5.8)$$



5.3-расм. Динамик коэффициент μ ни қўзғатувчи куч частотаси θ га боғлиқ ҳолда ўзгариш графиги

Бирок (5.6) ва (5.8) формулалардан олинган натижалар бир-биридан жуда кам фарқ қилади.

5.3-расмда қаршилик коэффиценти γ нинг турли қийматларида μ коэффицентининг кўзғатувчи куч частотаси θ га боғлиқ ҳолда ўзгариш графиги кўрсатилган. Бу ерда γ нинг таъсирини яққол кўрсатиш учун, олинган қийматлар жадвалда келтирилган қийматларни анча каттароқ қилиб танланган.

Энергиянинг ютилиш коэффиценти жуда катта, $\psi > 4\pi$ бўлганда (масалан, тебранишлар ёпишқоқ суюқлик ичида бўлса), (4.7) формулага кўра частота мавҳум сон чиқиши мумкин. Бу ҳолда системада умуман тебраниш содир бўлмасдан, мувозанатдан чиқарилган эластик система аста-секин ўз ҳолатига қайтади.

Сўниш ҳисобга олинмаганда, яъни $k=0$ бўлганда, (5.5) формула қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\mu = \frac{1}{1 - \left(\frac{\theta}{\omega}\right)^2} \quad (5.9)$$

Бирок, бу ифода резонансга яқин зонада етарли аниқликдаги натижани бермайди. Чунки, бу зонада сўнишнинг таъсири жуда катта аҳамиятга эга бўлиб, олинган натижа μ нинг қийматини аниқ бериши керак. (5.9) формулага кўра $\theta = \omega$ бўлганда, $\mu = \pm\infty$ бўлиши керак, амалда бундай бўлмайди, чунки ҳар қандай реал материал ёки конструкцияда маълум даражада сўнишни ҳосил қилувчи қаршилик хусусияти мавжуд бўлади.

Динамик коэффициент μ нинг қиймати, нисбат θ/ω бирдан икки томонга ўзоқлашган сари тез камаё боради. Буни қуйидаги мисолда кўришимиз мумкин, яъни (5.9) ифодадаги θ ни $\theta = 200$ рад/сек га тенг деб олиб, $\omega = 100, 200, 300, 400, 500$ рад/сек қийматлар учун μ ни аниқласак, у ҳолда

$$\omega = 100 \text{ рад/сек : } \mu = \frac{1}{1 - \left(\frac{200}{100}\right)^2} = 0,33,$$

$$\omega = 200 \text{ рад/сек : } \mu = \frac{1}{1 - \left(\frac{200}{200}\right)^2} = \infty,$$

$$\omega = 300 \text{ рад/сек : } \mu = \frac{1}{1 - \left(\frac{200}{300}\right)^2} = 1,8,$$

$$\omega = 400 \text{ рад/сек: } \mu = \left| \frac{1}{1 - \left(\frac{200}{400}\right)^2} \right| = 1,33$$

$$\omega = 500 \text{ рад/сек: } \mu = \left| \frac{1}{1 - \left(\frac{200}{500}\right)^2} \right| = 1,19$$

ва Ҳ.3.

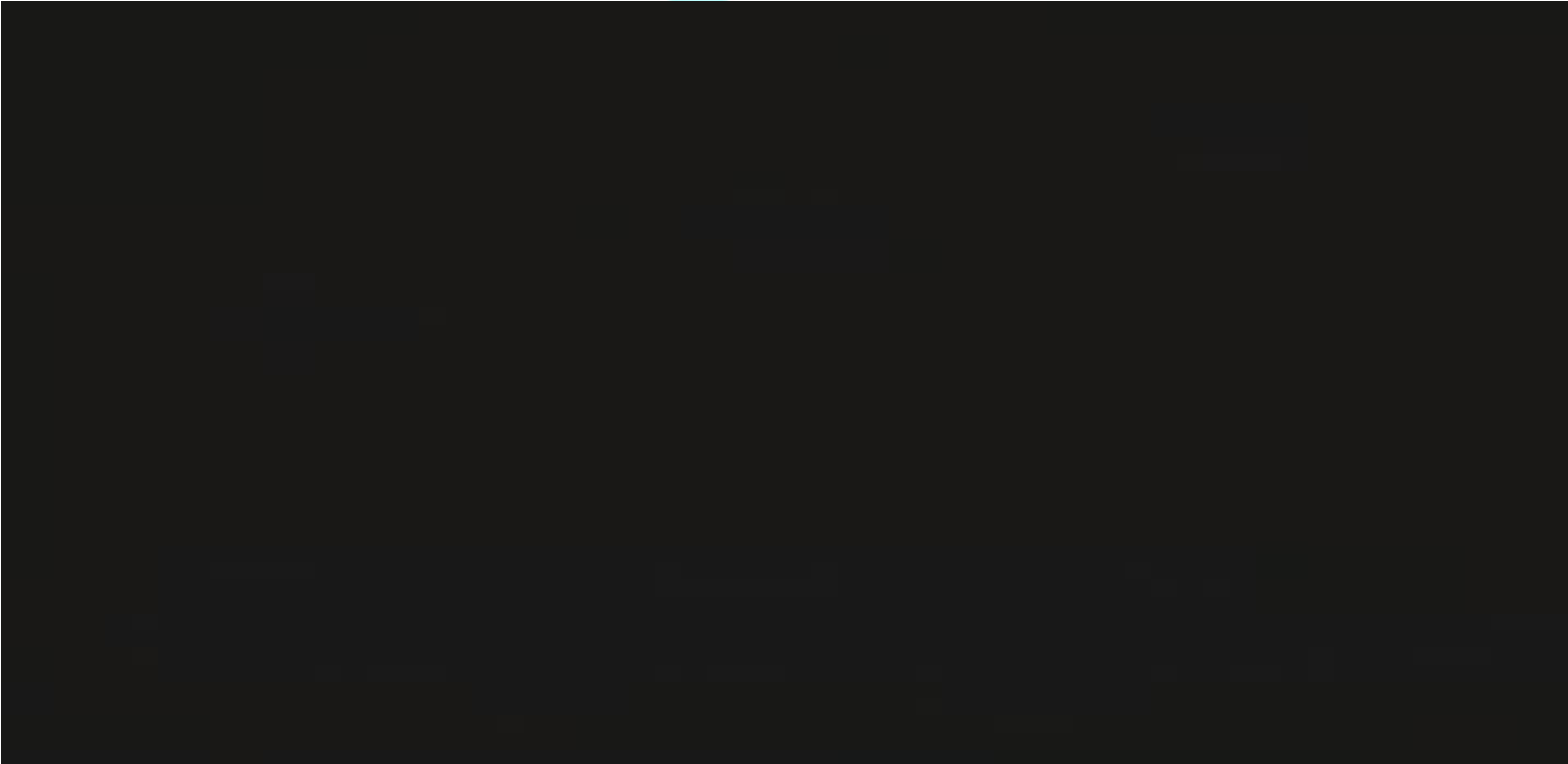
Бу қийматлар 5.3-расмда келтирилган қийматларга мос тушади. Бу натижаларни (5.3-расм ва ҳар хил ω ларда ҳисобланган μ ларни) таҳлил қиладиган бўлсак кўришимиз мумкин, агарда $\theta/\omega=1$ бўлганда динамик коэффициент μ энг катта қийматга яқин бўлади. θ/ω қийматининг кейинчалик μ ошиши нинг секин-аста камайишига олиб килади ва $\theta/\omega > \sqrt{2}$ бўлганда μ нинг қиймати бирдан кичик бўла бошлайди.

Демак, бу ҳолда қўзғатувчи кучнинг динамик таъсири, худди шу қийматли статик куч таъсиридан кичик бўлади. Шунинг учун бундай хусусиятдан техникада гармоник таъсир остида ишловчи конструкция элементларида ҳосил бўладиган тебранишларни камайтиришда фойдаланилади. яъни, конструкция элементларининг бикирлигини камайтириш орқали, уларни хусусий тебраниш частоталари камайтирилиб, θ/ω қийматни оширишга ҳаракат қилинади.

Резонанс ҳолатида мажбурий тебранишнинг ўзига хос хусусияти шундан иборатки, бу ҳолатда тебраниш қўзғатувчи кучга нисбатан фаза бўйича $\omega T/4 = \pi/2$ силжиган бўлиб, тебраниш амплитудаси энг катта қийматга эга бўлганда, қўзғатувчи куч нолга тенг бўлади.

Қўзғатувчи кучнинг частотаси θ эркин тебраниш частотаси ω дан катта бўлса ($\theta > \omega$), μ нинг қиймати манфий бўлади, шунинг учун (5.9) ифоданинг абсолют қиймати олинади. Бу ҳолда қўзғатувчи куч билан массанинг тебраниши қарама-қарши томонга йўналган бўлади.

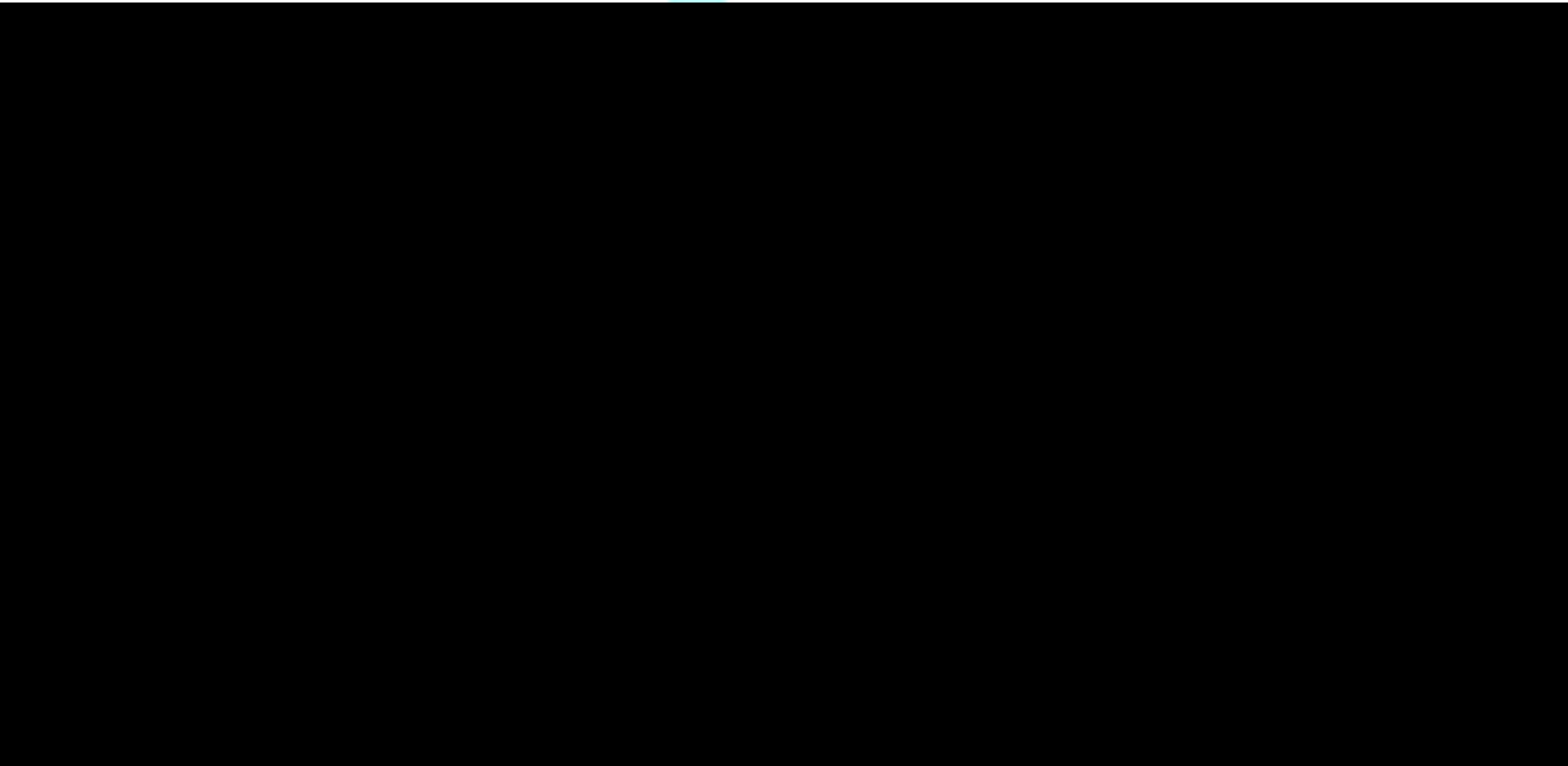
- ВИДЕО МАТЕРИАЛ



- ВИДЕО МАТЕРИАЛ

GALE CAUSES
BRIDGE
TO SWAY

- ВИДЕО МАТЕРИАЛ



• ВИДЕО МАТЕРИАЛ



НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Системада қачон мажбурий тебраниш содир бўлиши мумкин?
2. Ноэластик қаршилик кучлари туфайли системанинг қайси частотаси тез сунади?
3. Динамик коэффициент қандай катталиқни ифодалайди?
4. Резонанс ҳодисаси қандай ҳолда ҳосил булади?
5. Резонанс ҳодисаси қандай ҳолларда ижобий рол уйнайди?
6. Мажбурий тебранишни амплитудаси нимани ҳисобига чекли бўлиши мумкин?
7. Динамик коэффициентни энг катта виймати нимага боғлиқ?
8. Резонанс ҳолатида мажбурий тебраниш амплитудаси билан тебранишнинг логарифмик декременти қандай боғланган булади?

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

9. Агарда $\theta/\omega < 1$ бўлса, тебраниш билан қўзғатувчи куч канай харакатланади?
10. Агарда $\theta/\omega > 1$ бўлса, тебраниш билан қўзғатувчи куч канай харакатланади?
11. Энергиянинг ютилиш коэффиценти жуда катта, $\psi > 4\pi$ булганида хусусий тебраниш частотами ω кандай булади?
12. Агарда системанинг сунуш хосил килувчи каршилиқ хусусияти булмаса $\theta = \omega$ тенг булганида динамик коэффицент μ нимага тенг булиши мумкин?
13. Качон μ нинг қиймати бирдан кичик бўла бошлайди?
14. μ нинг қиймати качон манфий балади?

Фойдаланилган адабиётлар

1. Мирсаидов М.М., Султанов Т.З. Иншоотлар зилзилабардошлиги. Тошкент, “Фан”.- 2012. - 240 бет. (Монография).
2. Мирсаидов М.М., Годованников А.М. Сейсмостойкость сооружений. Ташкент: «Узбекистан», 2008. - 220 стр. (Учебное пособие).
3. Mirsaidov M.M., Sultanov T.Z. Inshootlar zilzilabardoshligi (O’quv qo’llanma). Toshkent, “Shams”.- 2013. - 244 бет. (O’quv qo’llanma).
4. Мирсаидов М.М. Теория и методы расчета грунтовых сооружений на прочность и сейсмостойкость. Ташкент: «Фан», 2010.- 312 стр. (Монография).
5. Бестужева А.С. Расчет сейсмостойкости сооружений. М.: Изд-во МИСИ-МГСУ. 2020. – 55 с.
6. Саркисов Д.Ю. Сейсмостойкость зданий и сооружений. Томск: Изд-во Том.гос.архит.-строит.ун-та. 2021. -364 с.
7. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость зданий и сооружений. Киев: 2008. – 480 с.



TIQXMMI
"TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ
XO'JALIGINI MEKANIZATSIYALASH
MUHANDISLARI INSTITUTI"
MTU
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI



ЭЪТИБОРИНГИЗ УЧУН РАХМАТ!



МИРСАИДОВ МИРЗИЁД МИРСАИДОВИЧ



 + 998 71 237 09 81

 theormir@mail.ru

**ГИДРОТЕХНИКА ИНШОТЛАРИНИНГ
ДИНАМИКАСИ ВА ЗИЛЗИЛАБАРДОШЛИГИ**