

ЛЕКЦІЯ 19- 20

ПРАВИЛА КОНСТРУЮВАННЯ МАШИН У МАЛОШУМНОМУ ВИКОНАННІ

Віброконтролепридатність — це придатність машини для вібродіагностики. Вона повинна забезпечуватися при проектуванні машини, в ході її доведення, монтажу або експлуатації конструктивними рішеннями, обиранням діагностичних засобів і проведенням спеціальних випробувань для відпрацювання діагностичних методів і засобів.

Придатність експлуатованої машини для вібродіагностики визначається можливостями використання штатних і додаткових засобів. При конструюванні, доведенні, монтажі та експлуатації агрегатів найбільшої складності, як правило, викликає визначення місць установки вібродатчиків, які потрібно ставити у місцезнаходження несправності, що усувається.

Основне правило розміщення вібродатчиків — максимально можливе їх наближення до вузла, що діагностується, і установка на жорсткі елементи конструкції з підготовленою поверхнею. *Бажано, щоб число стиків деталей на шляхах проходження вібросигналів від деталі, що діагностується, до місця установки датчика було мінімальним.* При виборі цього місця враховують також резонансні властивості конструкції в необхідній смузі частот.

Можливість установки вібродатчика забезпечується створенням відповідних майданчиків (на фланцях, бобишках, приливах тощо), або можливістю установок спеціальних кріпильних елементів (болтів, гайок з майданчиками під віброперетворювачі) замість штатних, або можливістю установок спеціальних кронштейнів.

Місця установки вібродатчиків, які використовуватимуться тільки у разі необхідності для спеціальних досліджень при виникненні несправностей під час експлуатації, необхідно вказувати в технічній документації машини і *регламенті проведення вібровимірювань підприємства.* Крім того, мають бути вказані способи кріплення перетворювачів, технологія прокладки електропроводки від вібродатчика до засобів діагностики і можливості використання інших сигналів, наприклад, сигналів частоти обертання роторів. Даний сигнал дозволяє визначати фазу коливань і розраховувати на основі цього параметри просторових коливань контрольної точки.

У зв'язку з тим, що технічне обслуговування експлуатованих агрегатів іноді проводиться з "непередбачених" при проектуванні машини відмових, потрібна реалізація принципу адаптації контролепридатності до відмов, що виникають у ході експлуатації.

9.5 Контрольні точки вимірювань вібрації

Вібрації механічних систем визначаються складними фізичними процесами. При вимірюванні навіть на одному елементі машини в близьких одна до одної точках, як було показано в п.9.3, може спостерігатися різний характер досліджуваних коливань. Вищесказане особливо актуально для високочастотної

складової вібросигналу, що часто визначається різними типами поширення високочастотних коливань по поверхні.

Важливо проводити виміри вібрації в одних і тих самих місцях, званих контрольними (штатними) точками вимірювання вібрації.

Як правило, вимірювання параметрів вібрації в контрольних точках проводяться на підшипникових опорах агрегату, корпусі агрегату і на анкерних фундаментних болтах.

Абсолютну вібрацію (при діагностуванні більшості механічних дефектів) рекомендується вимірювати в трьох взаємно перпендикулярних напрямках: вертикальному, горизонтально – поперечному (радіальному) і осьовому (подовжньому). Перетворювачі (датчики) для вимірювання радіальної вібрації кріплять на рівні осі вала проти середини довжини опорного вкладиша. Подовжню складову вібрації необхідно вимірювати в точці, максимально наближеній до осі вала на корпусі опори підшипника поблизу горизонтального роз'єму між кришкою і корпусом. Вертикальну складову вібрації вимірюють на верхній частині кришки підшипника над серединою його вкладиша (рис.9.4).

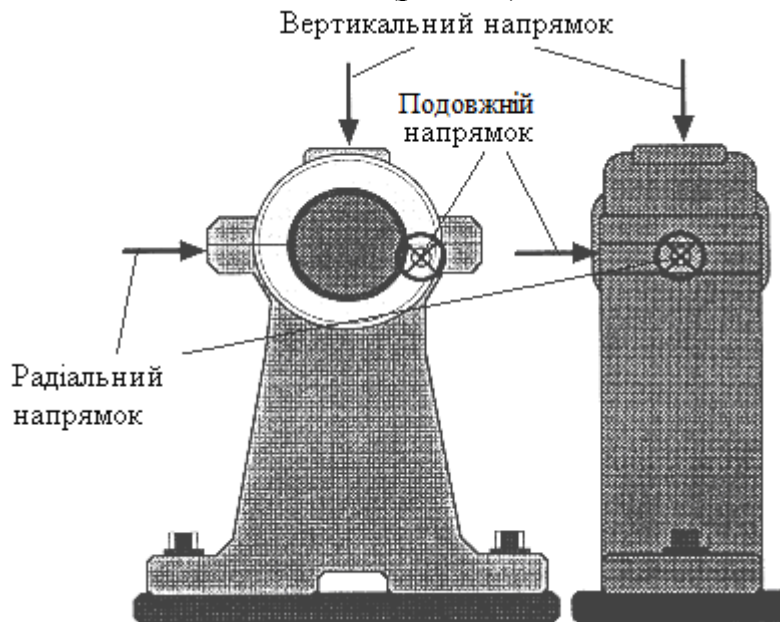


Рисунок 9.4 – Контрольні точки вимірювань вібрації на корпусі підшипникових опор ротора

За результатами цих вимірювань рекомендується визначити параметри просторових коливань (п.9.2.1).

Допускається вимірювання вертикальною, горизонтальною і подовжньою складових вібрації шляхом установки на верхню частину кришки підшипника трикомпонентного вібродатчика для вимірювань вібрації у взаємно перпендикулярних напрямках, що збігаються із головними осями агрегату.

Якщо неможливе проведення вимірювань за трьома головними напрямками в зоні одного підшипника або потрібна мінімізація кількості вимірів, то допускається вимірювання вібрації за двома напрямками: подовжнім і одним із поперечних напрямків. Перевага віддається радіальному напрямку, як правило, у цьому напрямку жорсткість системи мінімальна.

Для прикладу, на рис.9.5 наведена схема розміщення контрольних точок на насосному агрегаті, призначеному для підтримання тиску в пластах земної кори, що містять нафту.

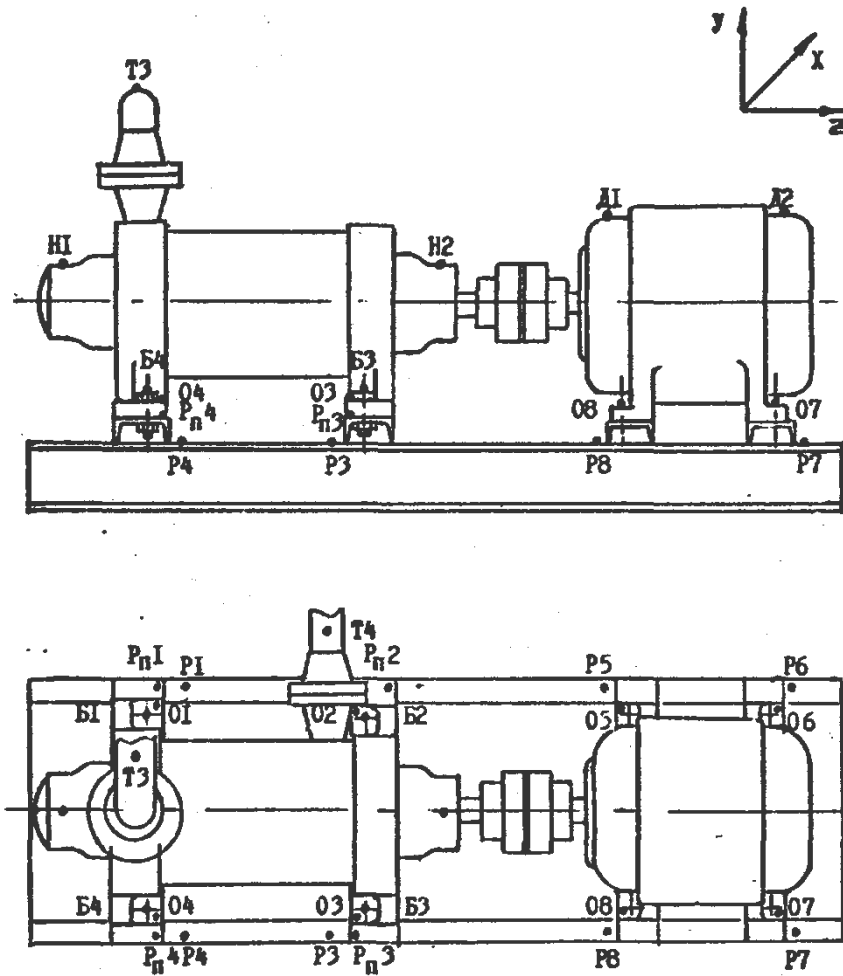


Рисунок 9.5- Схеми розміщення контрольних точок на насосному агрегаті, призначеному для підтримання тиску в пластах земної кори, що містять нафту

Вібрацію електричних машин необхідно вимірювати на підшипникових щитах, а також на лапах або на фланці машини, вибираючи напрямки за трьома взаємно перпендикулярними осями. Взаємно перпендикулярні осі координат при цьому вибрані таким чином: Z - вісь, що йде вздовж осі обертання електричної машини; Y - вісь перпендикулярна до площини кріплення, для машин з лапами; X - горизонтальна вісь, перпендикулярна до осі обертання, для горизонтальних фланцевих машин. Приклад вибору і зазначення напрямків і точок вимірювання вібрації при випробуваннях електричних машин подані на рис. 9.6.

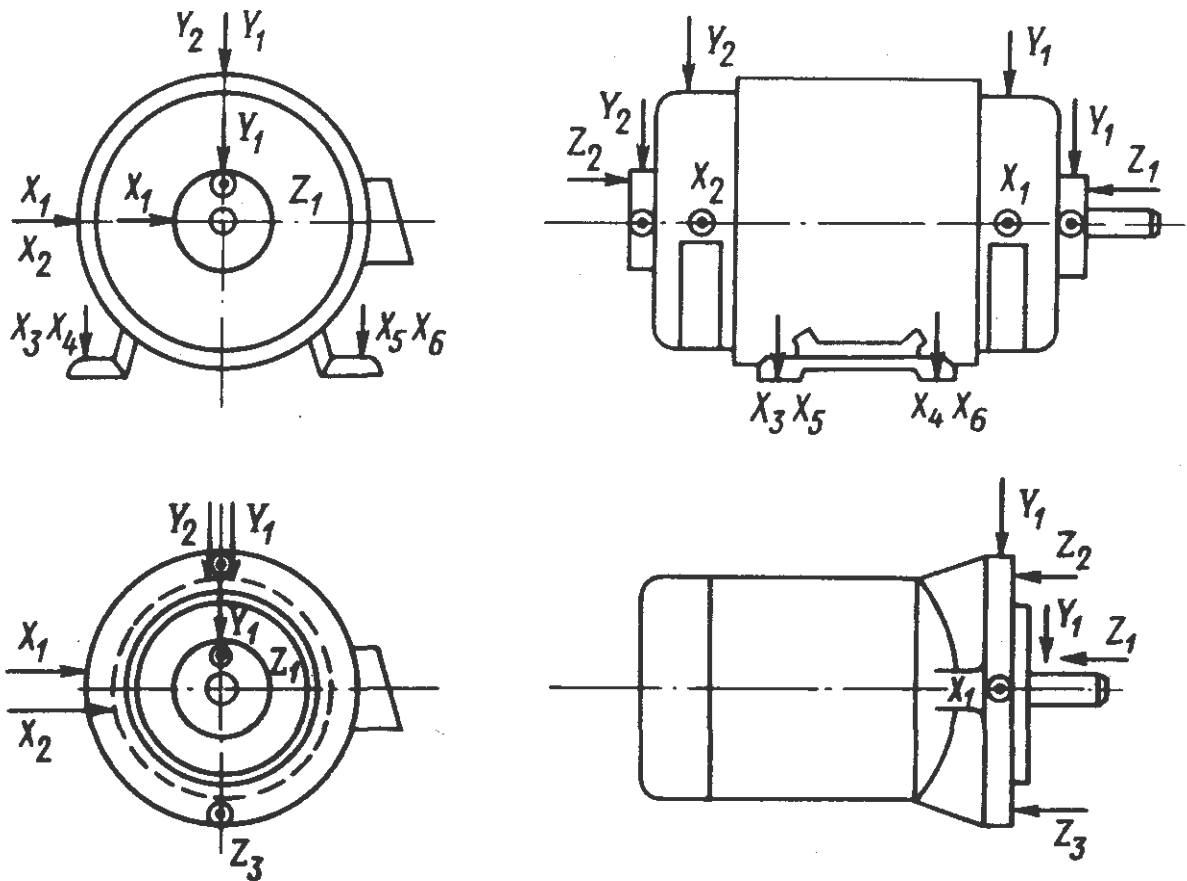


Рисунок 9.6 – Напрямки і точки вимірювання вібрації електричних машин

Схема розміщення контрольних точок на машині з поворотно-поступальним рухом робочого органу зображена на рис.9.7.

При позначенні точок вимірювання використовують літерно-цифрову комбінацію, яка становить код вимірювальної точки, куди можуть вносити:

- *індекс приналежності до вузла агрегату (наприклад, М – мультиплікатор, Д – двигун, К – компресор тощо);*
- *номер або положення підшипника (наприклад, передній підшипник - П або У – упорний і таке інше);*
- *напрямок вимірювання (наприклад, V – вертикальний Н – горизонтальний, W – поперечний тощо);*

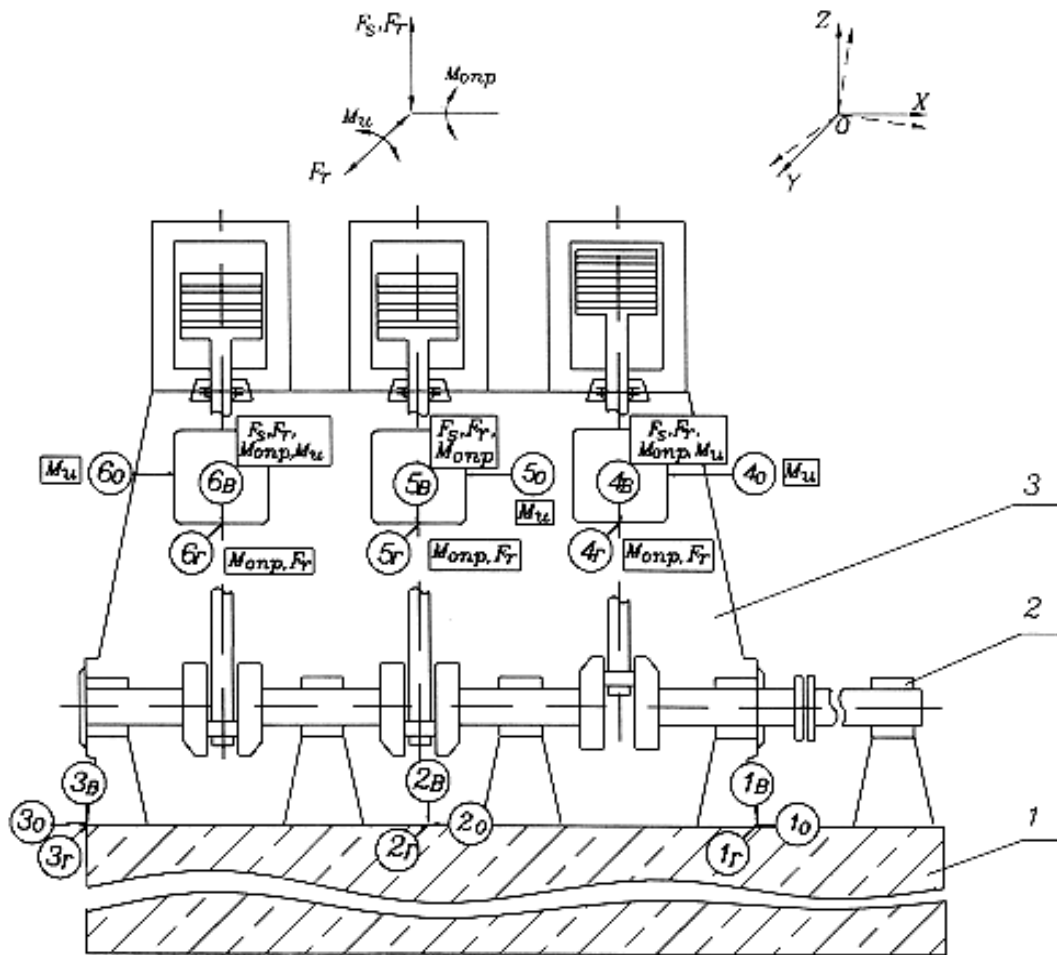


Рисунок 9.7 – Схема розміщення контрольних точок вимірювання вібрації машини з поворотно-поступальним рухом робочого органу:
 1 - б - контрольні точки; 1 - фундамент; 2 - електродвигун; 3-станина компресора

Приклад

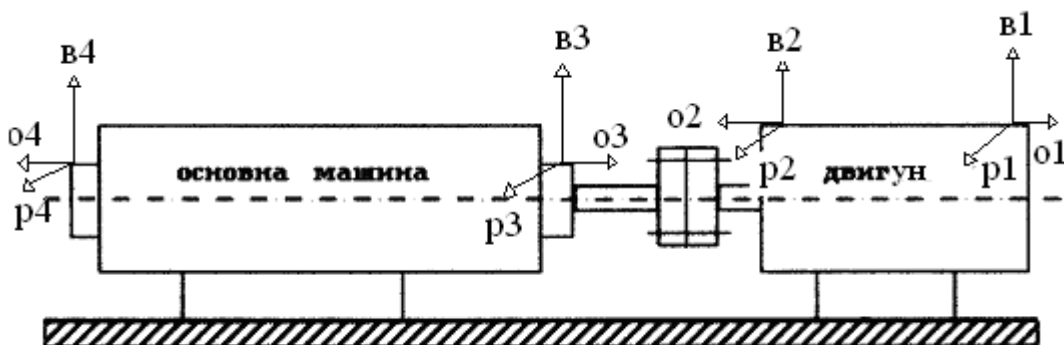


Рисунок 9.8 - Схема розміщення контрольних точок

Таблиця 9.1 - Результати вимірювання у контрольній точці №3

Напрямок вимірювання	Рівень, мм/с	Фаза, град
Вертикальне Az (в3)	12.65	155

Радіальне A_y (p_3)	3.95	63
Подовжнє A_x (o_3)	4.15	43

Параметри траєкторії наведені в табл.9.2, а сама траєкторія на рис.9.9.

Таблиця 9.2 - Параметри траєкторії

Напівосі		Напрямні косинуси								
$A, \text{мм/с}$	$B, \text{мм/с}$	l_1	l_2	m_1	m_2	n_1	n_2	l_3	m_3	n_3
13.25	4.17	0.95	-0.12	0.29	0.30	-0.02	-0.94	0.27	0.90	0.32

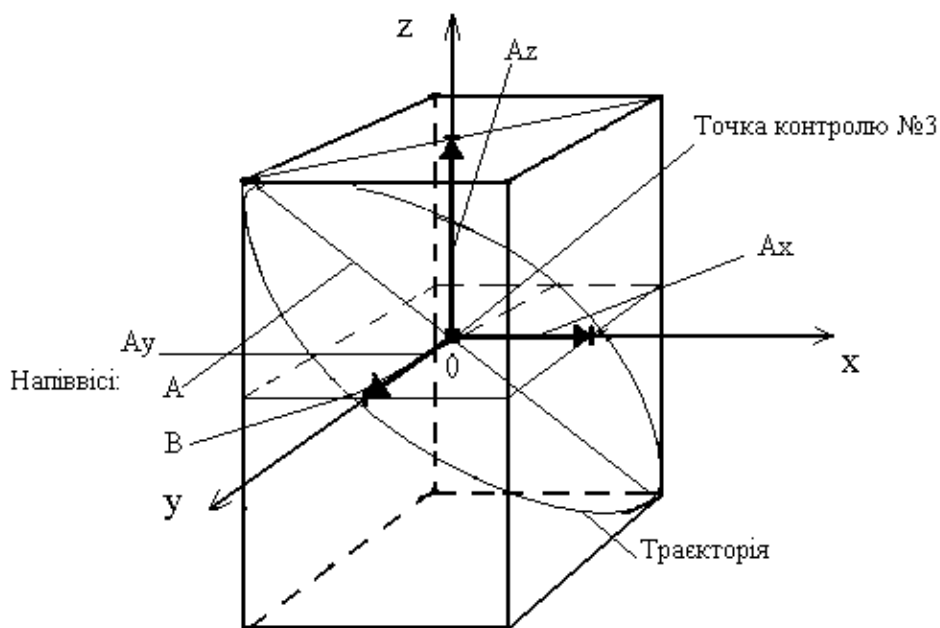


Рисунок 9.9 – Траєкторія коливань машини у контрольній точці №3

9.6 Місця розміщення датчиків

Датчик необхідно закріплювати так, щоб його вимірювальна вісь збігалася з потрібним при вимірюванні напрямком. Як правило, вимірювальна вісь перпендикулярна до площини кріплення датчика (його робочої поверхні). Мета вимірювання та аналізу вібрації, як правило, диктує розміщення місць кріплення датчика на досліджуваному об'єкті (рис. 9.10).

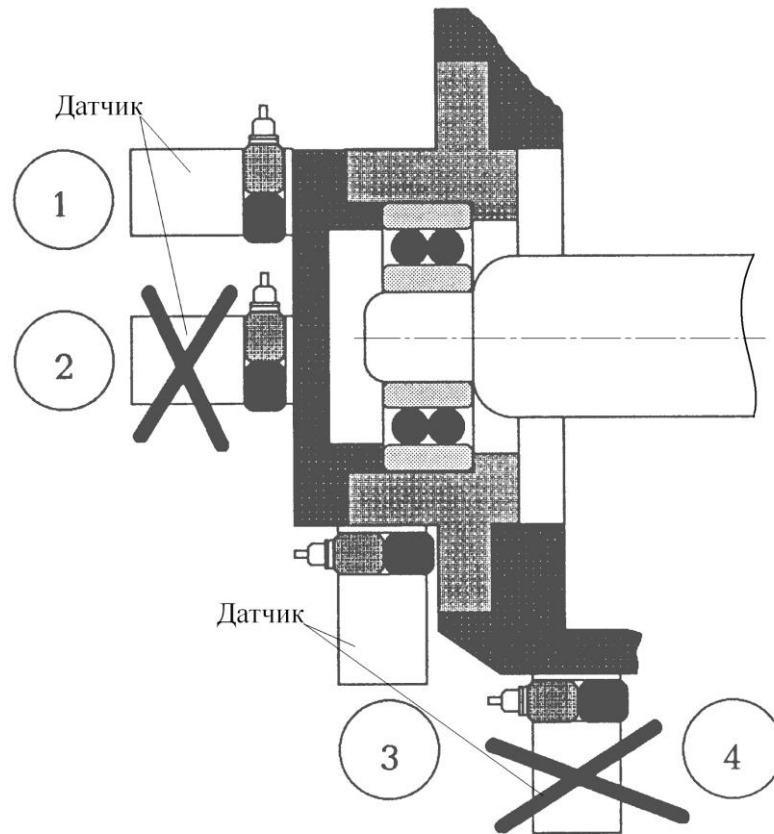


Рисунок 9.10 – Рекомендовані місця розміщення датчика

У більшості випадків метою вимірювань вібрації є контроль умов роботи вала і підшипника. Датчик необхідно встановлювати так, щоб на його робочу поверхню безпосередньо діяли механічні коливання підшипника. Датчик 3 сприймає механічні коливання підшипника при меншому впливі вібрації порівняно з датчиком 4, який сприймає перетворені при проходженні через роз'ємне з'єднання коливання підшипника і механічні коливання, що генеруються іншими вузлами агрегату. Аналогічно датчик 1 розміщений доцільніше з погляду поширення механічних коливань, ніж датчик 2. Вимірювання вібрації на тонкостінних ділянках корпусів і кришок неприпустиме.

9.6.1 Способи кріплення датчика на поверхні

Якісне і надійне кріплення вібродатчика на поверхні досліджуваного об'єкта є одним із найважливіших умов досягнення точних і надійних результатів при вимірюваннях вібрації і розпізнаванні стану устаткування. Ненадійне кріплення датчика призводить до зменшення області лінійності амплітудної характеристики датчика, і, отже, значного зменшення діапазону вимірювань датчика.

При проведенні вимірювань вимірювальний кабель не повинен піддаватися інтенсивним коливанням і має бути віддалений (у міру можливості) від джерел сильних електромагнітних полів.

За якнайкраще вважається кріплення датчика на гладкій плоскій поверхні введення міцною сталевією шпилькою. На робочу поверхню датчика рекомендується наносити шар консистентного (силіконового) мастила, що збільшує загальну

жорсткість механічного з'єднання датчика і об'єкта вимірювань і створює гарний акустичний контакт.

Глибина різьбового отвору має бути достатньою, щоб шпилька не упиралася в дно отвору датчика. Відповідно до рекомендацій *ISO1101 – 1969* поверхня для кріплення датчика повинна задовольняти такі умови:

- жорсткість поверхні - не більше 1,6 мкм;
- неперпендикулярність до осі різьбового з'єднання до площини кріплення перетворювача - не більше 0,02 %;
- неплоскість поверхні кріплення - 0,01 %.

Оптимальний момент для кріплення датчика на шпильку діаметром 9-7 мм — 1,7-2 мм.

На рис. 9.11 показана амплітудно-частотна характеристика датчика загального призначення, закріпленого сталеву шпилькою на гладкій поверхні об'єкта. В цьому випадку резонансна частота датчика практично збігається з резонансною частотою, отриманою при калібруванні виробником (приблизно 33 кГц). Кріплення за допомогою шпильки має незручності: затрати часу при виконанні кріплення і необхідність проведення слюсарних робіт.

Альтернативним методом кріплення датчиків є кріплення на тонкому шарі бджолиного воску. При цьому дещо зменшується його резонансна частота (приблизно 29 кГц). Кріплення за допомогою шпильки має незручності: витрати часу при виконанні кріплення і необхідність проведення слюсарних робіт.

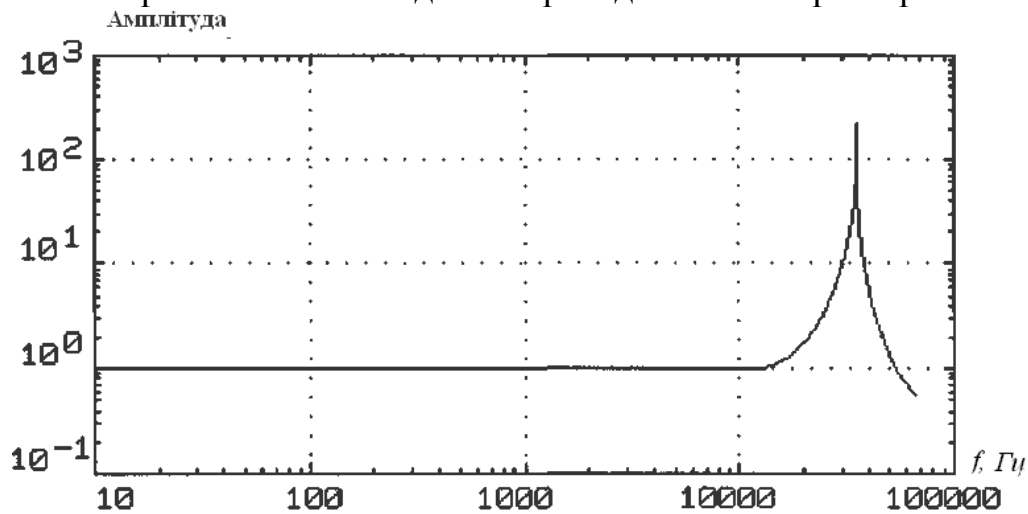


Рисунок 9.11 – Амплітудно-частотна характеристика датчика при застосуванні для кріплення датчика сталеву шпильку і воску

Альтернативним методом кріплення датчика є кріплення на тонкому шарі бджолиного воску. При цьому дещо зменшується його резонансна частота (приблизно 29 кГц). Недоліками цього методу кріплення є розм'якшення воску із зростанням температури так, що його можна застосовувати в температурному діапазоні до 39-40°C, і ненадійність кріплення порівняно великих датчиків, особливо у напрямку вимірювання, відмінному від вертикального. Кріплення датчика бджолиним воском на гладкій чистій поверхні при вимірюванні вібрації у вертикальному напрямку можна вважати за допустимий для датчиків масою не більше 20г при віброприскореннях з амплітудами (діапазон вимірювань) до 100 м/с^2

. При кріпленні п'єзодатчика за допомогою воску необхідний певний досвід, інакше цей метод кріплення може виявитися ненадійним. Значне поширення через простоту і дешевизну знайшло кріплення датчиків на гладкій поверхні об'єкта за допомогою постійного магніту. При цьому статична сила зчеплення магніта з вимірювальною поверхнею багато в чому впливає на діапазон вимірювань. Вимоги до обробки поверхні ті самі, що й для шпилькового з'єднання. Резонансна частота в цьому випадку зменшується приблизно до 7-15 кГц і залежить від типу магніту. Тобто цим методом можна користуватися при вимірюванні й аналізі вібрації з верхньою межею частотного діапазону вимірювань 2-5 кГц.

Найбільш простим і швидким є вимірювання вібрації за допомогою щупа, з'єданого з вібродатчиком. Проте робочий частотний діапазон при цьому в більшості випадку становить приблизно 10-1000 Гц.

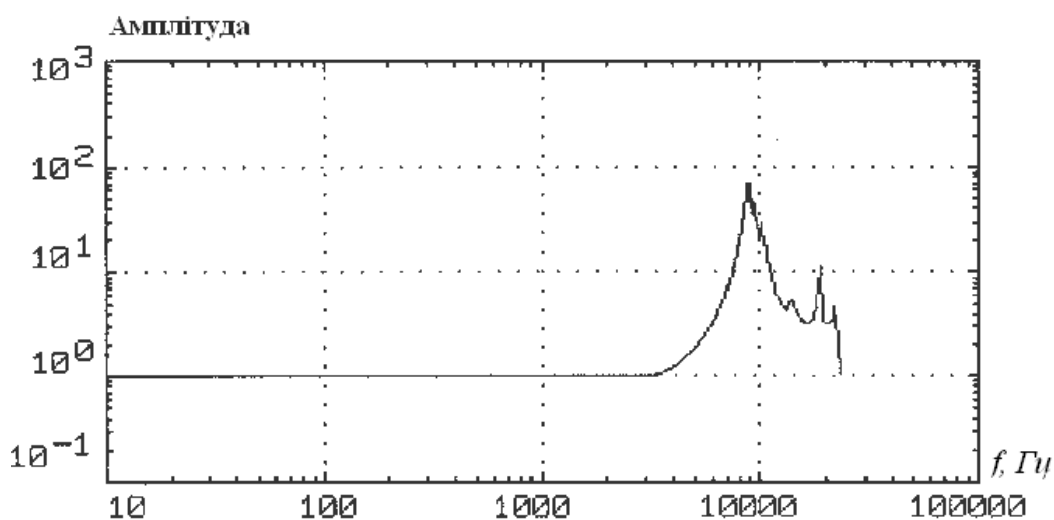


Рисунок 9.12 - Амплітудно-частотна характеристика датчика при застосуванні для його кріплення постійного магніту

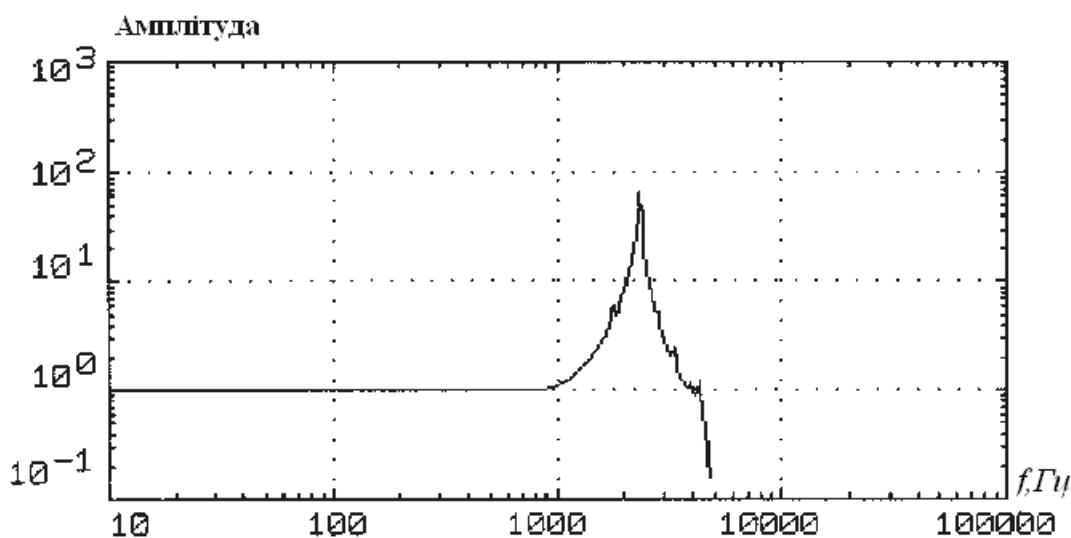


Рисунок 9.13 - Амплітудно-частотна характеристика датчика при застосуванні щупа

Кут між вимірювальною віссю вібродатчика і напрямком вимірювання не повинен перевищувати 25 градусів. Необхідно також враховувати, що при застосуванні різних типів щупів робочий частотний діапазон може істотно змінюватися.

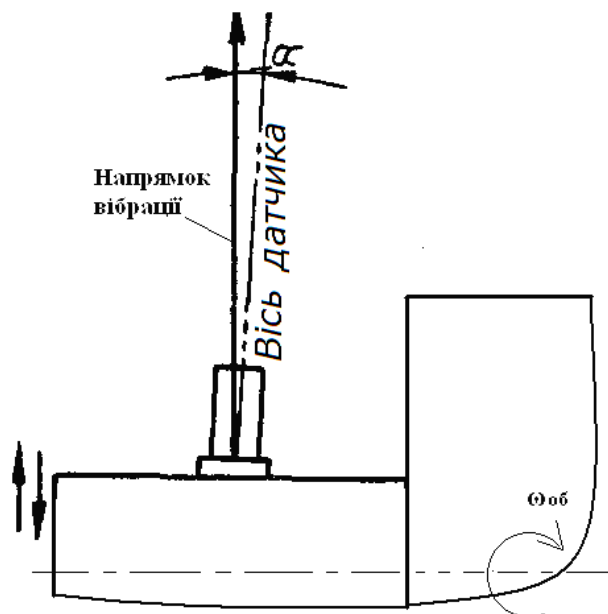


Рисунок 9.14 - Кут α похибки розміщення датчика у контрольній точці