

Бесплатно

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н. Э. Баумана

А. Ф. КОЗЬЯКОВ, А. Е. ПАНФИЛОВ

Утверждены
редсоветом МВТУ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИБРАЦИОННОЙ ЗОНЫ
БЕЗОПАСНОСТИ МАШИН
С ДИНАМИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ**

Методические указания
по дипломному проектированию

Под редакцией Строкина А. А.

Москва

1984

Данные методические указания издаются в соответствии с учебным планом. Рассмотрены и одобрены кафедрой Э-9 18.11.83 г., методической комиссией факультета Э и учебно-методическим управлением.

Рецензенты: к.т.н. доц. МИСИ Орлов Г. Г.,
к.т.н. доц. Шубин И. Н.

© Московское высшее техническое училище им. Н. Э. Баумана

Редактор Л. П. Кистанов

Корректор Л. И. Малютина

Зак. 1479 Объем 0,5 п. л. + 1 вкл. (0,5 уч.-изд. л.). Тир. 750 экз.
Бесплатно. Подп. к печати 26.04.84 г. План 1984 г., № 153.

Тип. МВТУ. 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИБРАЦИОННОЙ ЗОНЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАШИН С ДИНАМИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ

Использование в технологических процессах машин с интенсивными динамическими нагрузками вызывает следующие проблемы: защиту от вибраций работающих на производстве и защиту от вибраций окружающей среды. Колебания мощных кузнечно-прессовых машин, компрессоров, насосов, вентиляторов через опорные конструкции (фундаменты, основания, опорные части, поди) передаются грунту, далее - фундаментам рядом расположенных зданий, в которых отсутствуют источники вибраций, в том числе не производственного назначения. Поэтому при проектировании последних необходимо учитывать вибрационный фактор, определяя минимально допустимое расстояние от фундаментов этих зданий до фундаментов машин с динамическими нагрузками. Этот момент необходимо учитывать не только при проектировании жилых и общественных зданий в сейсмичных зонах, но и при проектировании зданий вычислительных центров, конструкторских бюро, научно-исследовательских лабораторий, цехов без источников вибрации, располагающихся непосредственно на территории предприятия. Это вызвано тем, что нормирование вибраций во всех перечисленных случаях проводится более жестко по сравнению с нормированием вибраций рабочих мест машин - источников вибрации. Вибрации в цехах, где имеются машины с динамическими нагрузками, могут соответствовать действующим нормам по вибрации, а в расположенных рядом зданиях требования нормы на вибрацию могут не выполняться. Чаще всего это имеет место в жилой застройке, где нормирование вибраций производится особенно жестко.

Оценку ожидаемой амплитуды виброперемещения при распространении вибраций по грунту от фундаментов машин - источников вибрации на произвольное расстояние осуществляют по формуле [1]

$$A_{mc} = A_m \left\{ \frac{1}{\delta^2 [1 - (\delta^2 - 1)^2]} + \frac{\delta^2 - 1}{(\delta^2 + 1) \sqrt{3\delta}} \right\}, \quad (1)$$

где A_m - амплитуда виброперемещения грунта под фундаментом машины - источников вибрации;

$\delta = \frac{r}{r_0}, r_0 = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$ - приведенный радиус фундамента машины;

S - площадь подошвы фундамента.

A_m принимается равной амплитуде виброперемещения A_{mc} системы "машина-источник вибрации-фундамент", ее определяют экс-

периментально или по формуле

$$A_{мп} = \frac{F_m}{K_z - m_z \cdot \omega^2}, \quad (2)$$

здесь F_m - амплитуда возмущающей силы; m_z - суммарная масса машины и ее фундамента; ω - угловая частота колебаний машины; K_z - жесткость системы "машина-фундамент-основание (грунт)" в вертикальном направлении, определяемая величинами коэффициента упругого равномерного сжатия грунта G_z (табл. I) и площади подошвы фундамента машины S

$$K_z = G_z \cdot S, \quad (3)$$

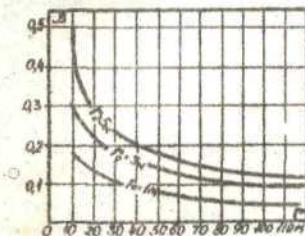
Таблица I

Допустимое давление на основание фундамента, Па ^{кв}	98000	196000	294000	392000	490000
G_z , т/м ³	2000	4000	5000	6000	7000

Аналитическая зависимость между амплитудой виброскорости $V_{мп}$ (виброускорения $\omega_{мп}$) грунта под фундаментом машины - источника вибрации, принимаемой равной амплитуде колебаний этой машины вместе с фундаментом, и амплитудой виброскорости (виброускорения) на произвольном расстоянии от них r аналогична зависимости (I). Таким образом, зная значение характеристики вибраций грунта под фундаментом, используя формулу (I), можно рассчитать допустимое расстояние, при котором колебания грунта, а следовательно, и расположенных на нем фундаментов, не превышают значений, установленных действующими нормами.

Для удобства расчета можно использовать номограмму зависимости $B = f(r)$, где B - отношение $A_{мп}/A_{мпф}$ или отношение $V_{мп}/V_{мпф}$ или $\omega_{мп}/\omega_{мпф}$, построенную, исходя из формулы (I). Номограмма представлена на рисунке. Следует отметить, что на номограмме

$$\begin{aligned} A_{мп}/A_{мпф} &= A_{норм}/A_{скф}, \quad V_{мп}/V_{мпф} \\ &= V_{норм}/V_{скф} \quad \text{и} \quad \omega_{мп}/\omega_{мпф} = \omega_{норм}/\omega_{скф} \end{aligned}$$



к определяют по виду грунта.

где индекс "норм" соответствует нормативному значению параметров, "M" - амплитудным значениям, а "СК" - среднеквадратическим значениям параметров; "Ф" - параметрам колебаний фундамента (грунта под фундаментом); "Г" - параметрам колебаний грунта на расстоянии r от фундамента машины - источника вибрации. Поэтому при определении пересчитывают среднеквадратичные значения параметров, задаваемые нормами, в амплитудные, фигурирующие в формуле (I)

$$A_{мп} = \sqrt{2} A_{норм}; \quad V_{мп} = \sqrt{2} V_{норм}; \quad \omega_{мп} = \sqrt{2} \omega_{норм} \quad (4)$$

Для жилой застройки вибрации нормируют по санитарным нормам [2], для производственных сооружений без источников вибрации - по соответствующему стандарту системы стандартов безопасности труда [3]. В первом случае нормируемые параметры - логарифмические уровни среднеквадратичных значений виброускорения L_w виброскорости L_v или виброперемещения L_d в октавных стандартных полосах частот, во втором - среднеквадратичные значения виброскорости или виброускорения в стандартных октавных или третьоктавных полосах частот. Одновременно задается логарифмический уровень виброскорости в октавных полосах частот. Каждая из этих полос характеризуется стандартным среднегеометрическим значением $f_{ср}$ ($f_{ср} = \sqrt{f_n \cdot f_v}$), где f_n и f_v - соответственно нижняя и верхняя граничные частоты в полосе). Формула для логарифмического уровня виброперемещения, в дБ

$$L_d = 20 \lg A_{ск} / A_0 \quad (5)$$

где $A_{ск}$ - среднеквадратичная величина виброперемещения, м; A_0 - опорная (пороговая) величина виброперемещения, равная $8 \cdot 10^{-12}$ м.

Аналогичным образом определяют логарифмические уровни виброскорости и виброускорения. Опорное значение виброскорости при этом принимают равным $5 \cdot 10^{-8}$ м, ускорения - $5 \cdot 10^{-4}$ м.

Допустимые величины уровней вибрации в жилых и общественных зданиях приведены в табл. 2. В табл. 3 даны поправки к этим нормам, учитывающие характер, время и длительность воздействия вибраций. Вибрация считается постоянной, если уровень ее при измерении прибором с характеристикой "медленно" в течение не менее чем 10 мин изменяется не более чем на ± 3 дБ.

Допустимые значения параметров вибрации в производственных помещениях без источников вибрации даны в табл. 4.

Таблица 2

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	2	4	8	16	31,5	63
Уровни виброскорости, дБ	79	73	67	67	67	67
Уровни виброускорения, дБ	25	25	25	31	37	43
Уровни вибросмещения, дБ	133	121	109	103	97	91

Таблица 3

Влияющий фактор	Условия	Поправки, дБ
Характер вибрации	Постоянная	0
	Непостоянная	-10
Время суток	Ночь (23...7 ч)	0
	День (7...23 ч)	+5
Длительность воздействия вибрации в дневное время за наиболее интенсивные 30 мин	Суммарная длительность, %	0
	56...10	+5
	18...56	+10
	6...18 менее 6	+15

Для расчетов по формуле (1) перевод логарифмического уровня нормативного значения вибросмещения $L_{норм}$, приведенного в табл. 2, к абсолютной величине последнего $A_{норм}$ производится патентированием выражения (5)

$$A_{норм} = A_0 \cdot 10^{L_{норм}/20} = 8 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{L_{норм}/20} \quad (6)$$

Аналогично пересчитывают логарифмический уровень нормативной величины виброскорости и виброускорения в абсолютные их значения.

На базе зависимости (1) можно решить обратную задачу. При заданном расстоянии между машиной - источником вибрации и жилой застройкой (или зданием на территории предприятия, в котором отсутствуют источники вибрации) определить требуемое ослабление вибрации на пути ее распространения или в источнике возбуждения.

Расчет вибрационной зоны безопасности от машин с динамическими нагрузками до сооружений жилой застройки производится в

Таблица 4

Среднегеометрические значения октавных полос частот, Гц	2	4	8	16	31,5	63
Диапазон значений частот в полосе	1,4-2,8	2,8-5,6	5,6-11,25	11,25-22,5	22,5-45	45-90
Допустимое значение виброскорости, м/с	0,013	0,0045	0,0022	0,002	0,002	0,002
Допустимое значение логарифмического уровня виброскорости, дБ	108	99	93	92	92	92
Допустимое значение виброускорения	0,14	0,10	0,11	0,2	0,4	0,8
Стандартные среднегеометрические значения для третьоктавных полос частот, Гц	1,6 2,0 2,5 31,5 4,0 5,0 6,3 8,0 10,0 12,5 16,0 20,0 25,0 31,5 40,0 50,0 63,0 80,0					
Диапазон значений частот в полосе	1,4-1,75-2,2-2,8-3,5-4,4-5,56-7,0-8,8-11,1-14,0-17,6-22,2-28-36-45-57-72-91					
Допустимое значение виброскорости, м/с	0,009	0,0064	0,0046	0,0032	0,0022	0,0016
Допустимое значение виброускорения, м/с ²	0,009	0,0064	0,0046	0,0032	0,0022	0,0016

такой последовательности:

1. По табл. 2 с учетом частоты возбуждающей силы определяют допустимое значение логарифмического уровня среднеквадратичного виброперемещения. Частота возбуждающей силы обусловлена числом оборотов n привода $f = n/60$, в Гц.

2. Значение логарифмического уравнения среднеквадратичного виброперемещения, взятое из табл. 2, корректируют с учетом поправок, представленных в табл. 3.

3. По формуле (6) откорректированное значение логарифмического уровня допустимого среднеквадратичного виброперемещения пересчитывают в абсолютное значение среднеквадратичного виброперемещения.

4. Для получения A_{mr} , соответствующего $A_{норм}$, среднеквадратичное значение виброперемещения пересчитывают в амплитудное / см. формулу (4).

5. На основе экспериментальных данных или расчетом по формуле (2) определяют амплитуду колебаний системы "машина-источник вибраций-фундамент" $A_{мпб}$, жесткость которой K_z находят по формуле (3) с учетом данных табл. 1 для заданного типа грунта (допустимого давления на основание фундамента) и известной площади подошвы фундамента S .

6. Для полученных значений $A_{мпб}$ и A_{mr} рассчитывают соотношение $B = A_{mr} / A_{мпб}$.

7. По номограмме рисунка по полученному значению B определяют минимально допустимое расстояние r , на котором могут располагаться жилые и общественные здания.

В случае производственных сооружений без источников вибрации аналогичный расчет ведется в такой последовательности:

1. По табл. 4 определяют допустимое значение среднеквадратичной виброскорости $V_{норм}$ с учетом значения частоты возбуждающей силы f , обусловленной числом оборотов привода n .

2. Найденное значение $V_{норм}$ по формуле (4) пересчитывают в амплитудное, которое численно должно быть равно V_{mr} .

3. На основе экспериментальных данных или (для гармонических вибраций) расчетом определяют амплитуду виброскорости системы "машина-источник вибрации-фундамент" $V_{мпб}$. Расчет проводят, исходя из соотношения $V_{мпб} = \omega A_{мпб}$ где $A_{мпб}$ определяют по формуле (2), а $\omega = 2\pi f$.

4. Находят соотношение $B = V_{mr} / V_{мпб}$.

5. По номограмме рисунка по полученному значению B опре-

* Расчет можно производить, исходя из допустимого значения логарифмического уровня виброскорости или виброускорения

деляют минимально допустимое расстояние r , на котором могут располагаться производственные сооружения без источников вибрации по отношению к расположенным вблизи машинам с динамическими нагрузками.

Пример: рассчитать минимально допустимое расстояние до жилой застройки от прессы KA2028 с усилием $6,18 \cdot 10^5$ Н (63 тс) и числом оборотов кривошипа $n = 90$ об/мин. Масса прессы $6,9 \cdot 10^3$ кг, масса фундамента $8,6 \cdot 10^3$ кг. Цех, где установлен пресс, работает трехсменно, включая ночное время. Вибрация по характеру действия постоянная. Допустимое давление на основание фундамента (на грунт) 98000 Па. Площадь подошвы фундамента $S = 4$ м².

1. По табл. 2 с учетом частоты возбуждающей силы ($f = n/60 = 1,5$ Гц) определяют допустимое значение логарифмического уровня среднеквадратичного виброперемещения $L_{норм} = 133$ дБ.

2. Определяем поправку к значению логарифмического уровня среднеквадратичного виброперемещения с учетом данных, представленных в табл. 3, $\Delta = 0$.

3. Пересчитываем по формуле (6) допустимое значение логарифмического уровня среднеквадратичного виброперемещения в абсолютное значение среднеквадратичного виброперемещения

$$A_{норм} = 8 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{133/20} = 357 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

4. Пересчитываем по формуле (4) среднеквадратичное значение виброперемещения в амплитудное $A_{mr} = \sqrt{2} \cdot 3,57 \cdot 10^{-4} = 5,05 \cdot 10^{-4}$.

5. По формуле (3) рассчитываем жесткость системы "машина-фундамент-основание (грунт)" в вертикальном направлении с учетом заданного значения площади подошвы фундамента $S = 4$ м² и коэффициента упругого равномерного сжатия грунта G_z , определяемого по табл. 1 по известной величине допустимого давления на основании (98000 Па)

$$K_z = 2000 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 4 = 7,84 \cdot 10^7 \text{ Н/м}$$

6. Определяем по формуле (2) амплитуду колебаний $A_{мпб}$ системы "машина-источник вибрации-фундамент"

$$A_{мпб} = 6,18 \cdot 10^5 / (7,84 \cdot 10^7 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot 1,5^2 \cdot 15,5 \cdot 10^3) = 7,88 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

7. Для полученных значений $A_{мпб}$ и A_{mr} рассчитываем соотношение

$$B = 5,05 \cdot 10^{-4} / 7,88 \cdot 10^{-3} = 0,064.$$

8. По номограмме рисунка по полученному значению β определяем минимально допустимое значение расстояния r , на котором могут располагаться жилые и общественные здания $r = 70$ м.

Литература

1. Строительные нормы и правила СНиП II.19-79. Фундаменты машин с динамическими нагрузками СНиП II.19-79. - М.: Стройиздат, 1980.

2. Карагодина И.Л. Защита от шума и вибраций. Библиотека санитарного врача. - М.: Медгиз, 1979.

3. ГОСТ 12.1.012-78^к. "Система стандартов безопасности труда. Вибрация. Общие требования безопасности". - М.: Изд-во Стандартов, 1981.

4. Кузнечно-прессовые машины. Каталог-справочник. - М.: Машиностроение, 1974.