

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ РАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Бектаев С., Ондасынова Г., Касымова Г.Т.

Рассмотрен численный расчет колебаний рамной конструкции. На основе проведенных численных исследований построена расчетная модель для случая рамной конструкции в ПК Лира-САПР. Проведен сравнительный анализ аналитического и численного исследования производственного здания.

Ключевые слова: производственное здание, рамная система, численный метод, собственное колебание, вибрационная нагрузка, амплитуды вибраций.

АЧЫК ТҮЗҮЛҮШТҮН ВИБРАЦИЯЛАРЫНЫН САНДЫК ИЗИЛДӨӨСҮ

Бектаев С., Ондасынова Г., Касымова Г.Т

Рама структурасынын термелүүлөрүнүн сандык эсеби каралат. Жүргүзүлгөн сандык изилдөөлөрдүн негизинде, Lira-CAD программалык пакетиндеги кадр структурасы үчүн эсептөө модели курулган. Өнөр жай имаратынын аналитикалык жана сандык изилдөөлөрүнө салыштырмалуу талдоо жүргүзүлөт.

Ачык сөздөр: өнөр жай имараты, каркас тутуму, сандык ыкма, табигый дирилдөө, термелүүнүн жүгү, термелүүнүн амплитудасы.

NUMERICAL STUDY OF VIBRATIONS OF FRAME STRUCTURES

Bektaev S., Ondasynova G., Kasymova G.T.

The numerical calculation of vibrations of the frame structure is considered. On the basis of the performed numerical studies, a computational model was built for the case of a frame structure in the Lira-SAPR software package. A comparative analysis of analytical and numerical research of an industrial building is carried out.

Key words: industrial building, frame system, numerical method, natural vibration, vibration load, vibration amplitudes.

Как известно, одноэтажные промышленные здания являются сооружениями рамного типа, где работают станки, копры, молоты и т.д., которые вызывают вибрацию здания. Мы поставили перед собой задачу - провести аналитическое и численное исследования колебаний рамных конструкций, определить воздействие колебаний на человека. Для решения данной задачи выбрали промышленное здание с пролетом 4м, высотой 6м, из стальных прокатных элементов.

Выбрали расчетную схему данного промышленного здания (рис.1):

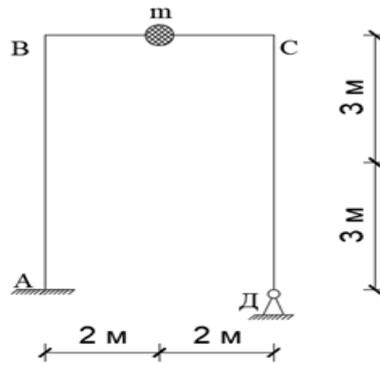


Рис.1. Расчетная схема данной задачи.

1. Проведен аналитический расчет рамы на собственное колебание, определены частоты, периоды, технические частоты колебаний, определены динамические коэффициенты, построены эпюры изгибающих моментов (рис.2).

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{\lambda_1}} = \sqrt{\frac{1}{0,007}} = 11,95 \text{ рад/с};$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{1}{\lambda_2}} = \sqrt{\frac{1}{0,0011}} = 30,15 \text{ рад/с}.$$

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = \frac{2 \times 3,14}{11,95} = \frac{6,28}{11,95} = 0,53 \text{ с};$$

$$T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = \frac{2 \times 3,14}{30,15} = \frac{6,28}{30,15} = 0,21 \text{ с}.$$

$$v_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{0,53} = 1,89 \text{ Гц}; \quad v_2 = \frac{1}{T_2} = \frac{1}{0,21} = 4,76 \text{ Гц}.$$

$$\mu_1 = \frac{1}{1 - \frac{1,89^2}{11,95^2}} = 1,03; \quad \mu_2 = \frac{1}{1 - \frac{4,76^2}{30,15^2}} = 1,03.$$

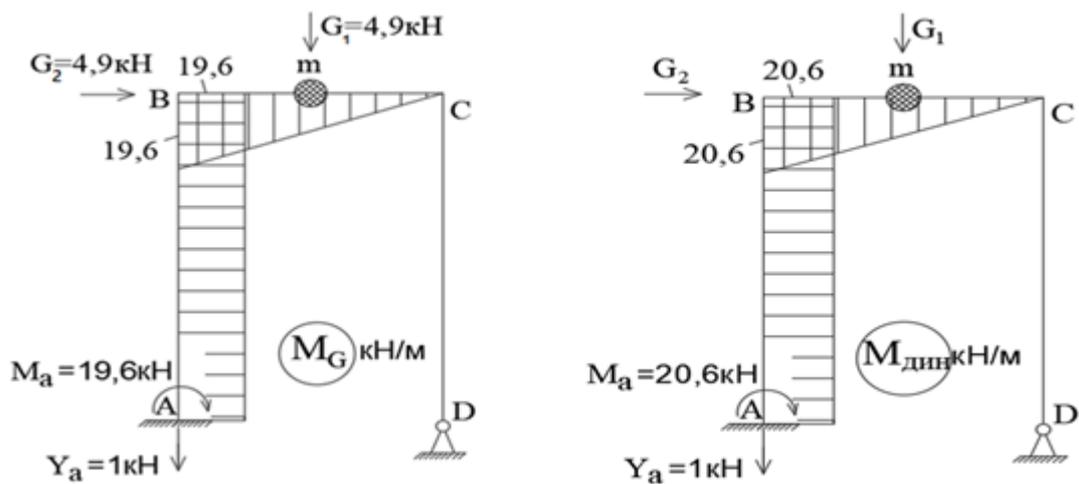


Рис.2. Эпюры динамических изгибающих моментов.

2. Проведены численные исследования данной задачи. Расчет выполнен программным комплексом "Лира-САПР", получены формы колебаний (рис.3). В качестве основных неизвестных приняты следующие перемещения узлов:

X - линейное по оси X;

Z - линейное по оси Z;

UY - угловое вокруг оси Y.

Исходные данные:

1) пролет рамы (длина ригеля) $L_b = 4$ м;

2) высота этажа (длина колонны) $H_{эт} = 6$ м;

Рама состоит из следующих стальных прокатных элементов:

1) колонны – двутавр №20К1;

2) ригель – двутавр №10Б1;

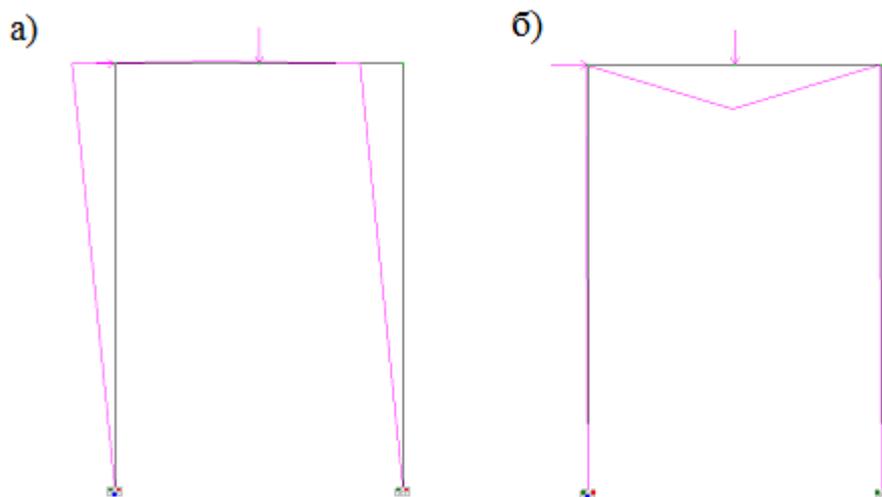


Рисунок 3. а) 1-форма колебаний; б) 2-форма колебаний.

Таблица 1. Результаты собственного колебания рамы, полученные по ПК Лира-САПР.

№ загр уж.	№ форм	Собст. значения	Частоты		Период	Коэф.распр.	Мод.масса	Сумма мод.масс
			Круг.час тота	Частота				
1	1	0.081	12.276	1.954	0.512	-0.946	44.884	44.884
1	2	0.032	30.814	4.904	0.204	-1.049	55.116	100.000

Сделан сравнительный анализ полученных результатов собственного колебания рамы аналитическим и численным методами (рис.4):

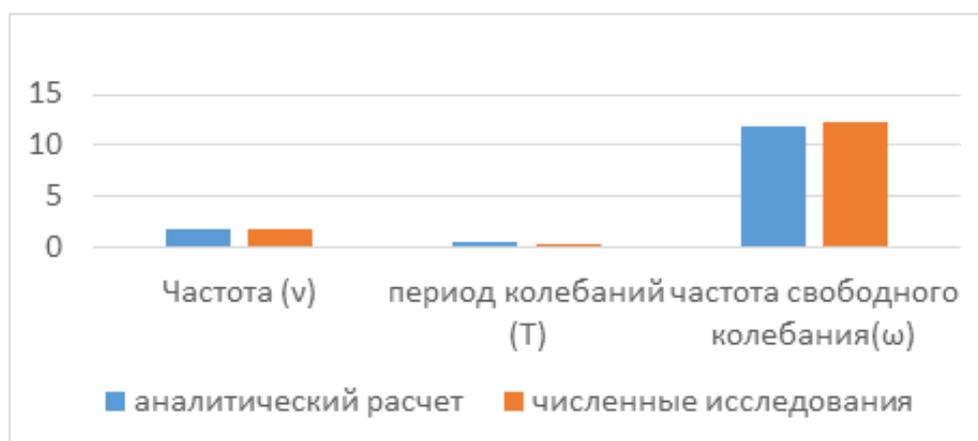


Рис.4. Анализ результатов.

Исследовали раму на вынужденное колебание (рис.5), полученный результат показан в таблице 2.

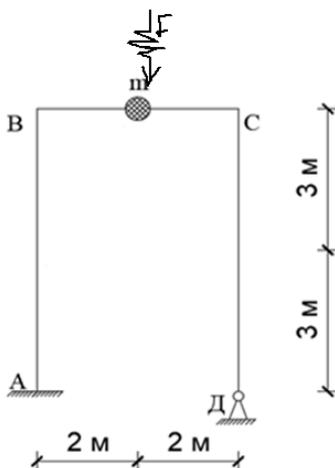


Рис.5. Расчетная схема рамы с вибрационной нагрузкой.

Таблица 2. Результаты вынужденного колебания рамы, полученные по ПК Лира-САПР.

№ загрузки.	№ формы	Собст. значения	Частоты		Период	Коэф.распр.	Мод.масса	Сумма мод.масс
			Круг.частота	Частота				
1	1	0.199	5.015	0.798	1.253	-0.992	84.429	84.429
1	2	0.032	30.784	4.899	0.204	1.044	15.571	100.000
1	3	0.003	357.403	56.882	0.018	0.002	0.000	100.000

3. Колебания, действующие продолжительное время, могут оказать серьезное влияние на организм человека. Действие механических колебаний на организм зависит от следующих причин: частоты колебаний, их интенсивности (амплитуды), продолжительности действия и направления.

Колебания с частотой до 3-5 Гц вызывают реакции вестибулярного аппарата и могут вызывать синдром укачивания (морскую болезнь). При колебаниях с частотами до 11 Гц наблюдаются расстройства, обусловленные резонансными колебаниями человеческого тела.

Колебания человека с частотами 11-45 Гц могут сопровождаться функциональными расстройствами ряда внутренних органов, вызывать тошноту и рвоты. Механические колебания с частотами свыше 45 Гц вызывают серьезные изменения (рис.6).

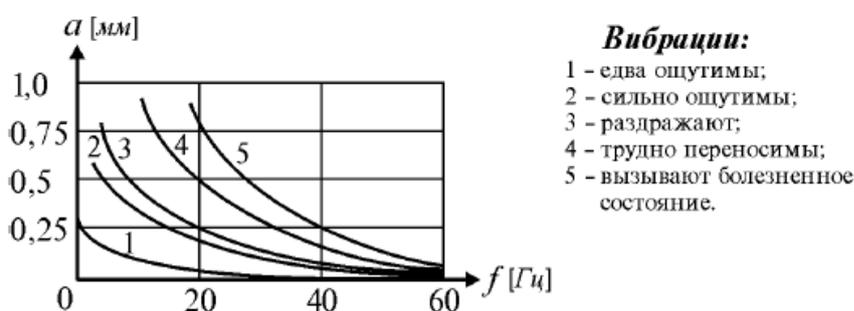


Рис. 6. График влияния частоты колебания на человеческий организм.

Внизу показаны в табличном виде допустимые амплитуды вибраций, действующих на человека в течение восьмичасовой рабочей смены в производственных условиях (табл.3).

Таблица 3

<i>f</i> , Гц	2	5	10	20	40	50	80
<i>a</i> , мм	1,28	0,16	0,045	0,0225	0,0113	0.0098	0,0056

По полученным результатам видно наше выбранное промышленное здание при колебании с частотой 50 Гц имеет амплитудное отклонение 0,0098 мм, эти данные безопасны для человеческого организма.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Кусаинов А.А., Достанова С.Х., Полякова И.М.** Динамика и устойчивость сооружений. Учебное пособие. – Алматы, 2016 г. -265 с.
2. **Васильков Г.В., Буйко З.В.** Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений: Учебное пособие. -СПб: Издательство «Лань», 2013. –256 с.
3. **Кадисов Г.М.** Динамика и устойчивость сооружений. М. изд.АСВ, 2007, 272с.
4. **Масленников А.М.** Основы динамики и устойчивости сооружений. М., АСВ, 2000, с.201.
5. **Шакирзянов Р.А., Шакирзянов Ф.Р.** Динамика и устойчивость сооружений: Учебное пособие. – 2-е перераб. изд. / Р.А. Шакирзянов, Ф.Р. Шакирзянов. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2015. – 120 с.
6. **Достанова С.Х.** Динамика и устойчивость сооружений (лекции для студентов строительных специальностей), Алматы, 2008, 130с.