

## 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):

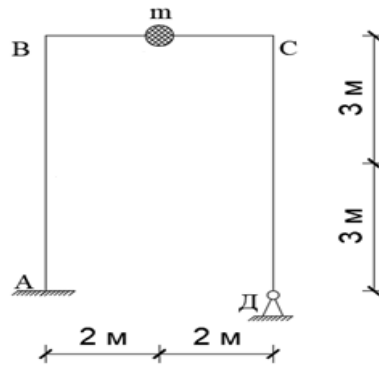


Рис.1. Расчетная схема данной задачи.

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

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

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

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

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

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

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

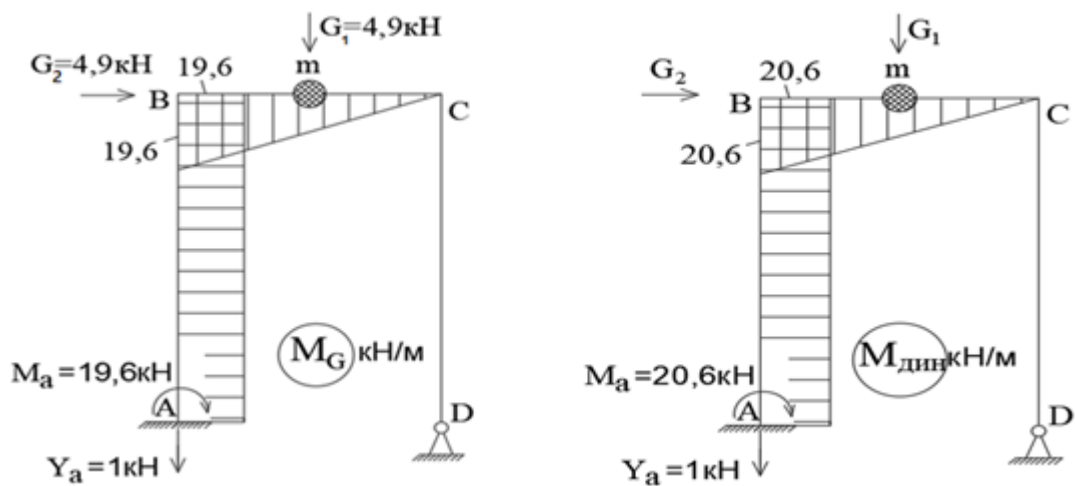


Рис.2. Эпюры динамических изгибающих моментов.

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;

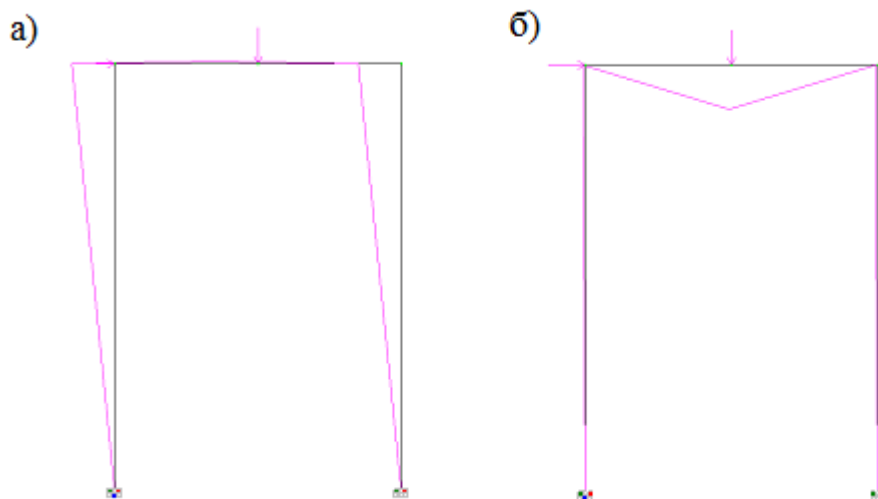


Рисунок 3. а) 1-форма колебаний; б) 2-форма колебаний.

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):

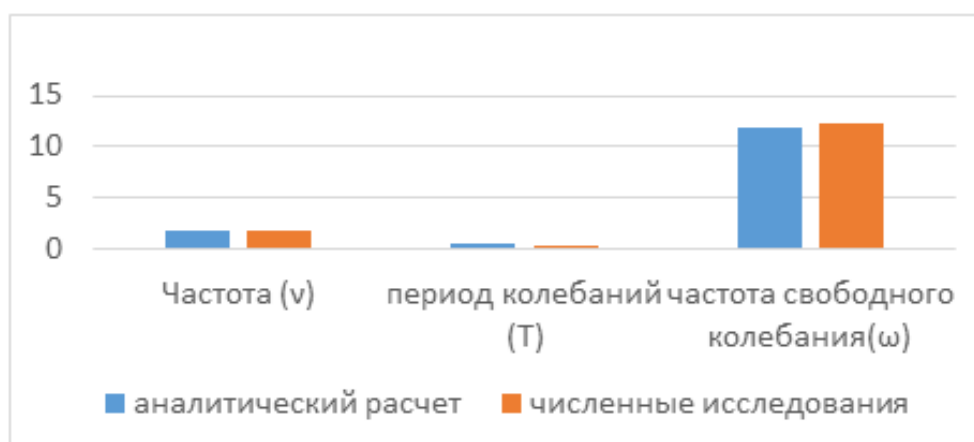


Рис.4. Анализ результатов.

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

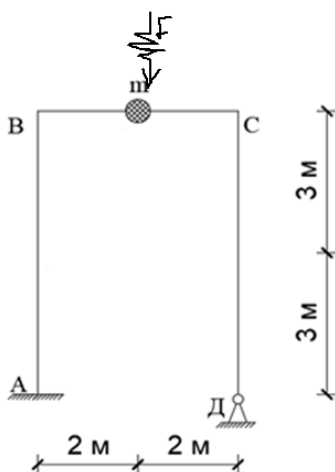


Рис.5. Расчетная схема рамы с вибрационной нагрузкой.

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).

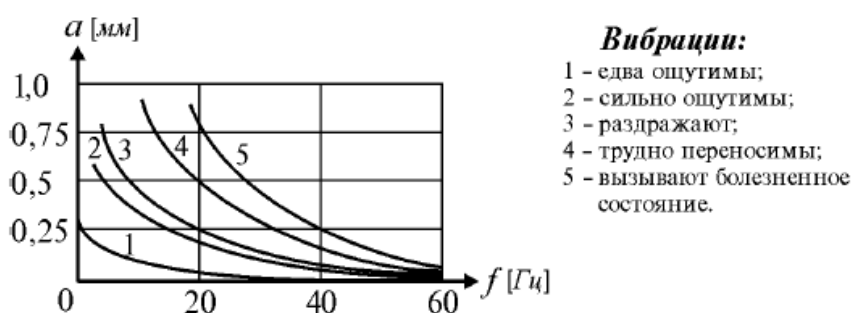


Рис. 6. График влияния частоты колебания на человеческий организм.

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	<b>50</b>	80
<i>a</i> , мм	1,28	0,16	0,045	0,0225	0,0113	<b>0.0098</b>	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.