

Рязанцев Владислав Геннадьевич,
учитель спецдисциплин,
ОГАПОУ «БМТК» г. Белгорода

Жердина Лидия Николаевна,
учитель спецдисциплин,
ОГАПОУ «БМТК» г. Белгорода

**РАЗРАБОТКА РАСЧЕТОВ ВИБРАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ СПО
DEVELOPMENT OF CALCULATIONS OF A VIBRATION DEVICE
FOR LABORATORY WORK OF VET STUDENTS**

Аннотация: для учебного процесса студентов СПО была разработана работа, где приведены результаты аналитических исследований параметров вибрационного устройства с асимметричными колебаниями с двумя ступенями направленных колебаний. Получена аналитическая зависимость действия суммарной величины вынуждающей силы от величины коэффициента асимметрии вынуждающей силы вибрационного устройства.

Abstract: For the educational process of secondary vocational education students, a work was developed that presents the results of analytical studies of the parameters of a vibration device with asymmetric vibrations with two stages of directed vibrations. An analytical dependence of the action of the total value of the driving force on the value of the asymmetry coefficient of the driving force of the vibration device is obtained.

Ключевые слова: вибрационное устройство, расчет вынуждающей силы, асимметричные колебания, коэффициент асимметрии, ряд Фурье, кусочно-гладкая функция, амплитуда.

Keywords: vibration device, calculation of driving force, asymmetric vibrations, asymmetry coefficient, Fourier series, piecewise smooth function, amplitude.

При выполнении операций технологических процессов, таких как измельчение, сортировка, уплотнение, перемешивание и погружение конструкций в грунт всё шире для исполнительных механизмов технологических машин применяют направленные колебания, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с круговыми колебаниями. Обычно создание вибрационных устройств с направленными колебаниями ведётся на базе сочленённых в одной ступени вибраторов с круговыми колебаниями и дебалансами, вращающимися в противоположных направлениях. На практике асимметричные колебания можно получить путём сложения нескольких гармонических колебаний с разными, как правило, кратными частотами. [1].

Исследование и расчёт параметров на произвольном примере выполняем классическими методами кинематики и динамики с использованием разработанной для этих целей программы с использованием таблиц Excel.

Принимаем некоторый произвольный ряд соотношений частот вращения дебалансных валов первой, с низкой частотой, и второй, с удвоенной частотой, ступени: 500/1000; 750/1500; 1000/2000; 1500/3000; 2000/4000; 2500/5000 об/мин, и получаем соответствующие частоты вращения ω_1 и ω_2 . Принимаем суммарную величину вынуждающей силы равную 1.0 кН. [2-3]



Назначаем соотношение величины суммарной вынуждающей силы первой и второй ступени, для всех соотношений частот вращения, соответственно:

$$F_{\text{сум}} = F_1 + F_2 = 0,667 + 0,333 = 1,0 \text{ кН.}$$

которое обеспечивает наибольший коэффициент асимметрии $k_a = 2,0$.

Для первого соотношения частот вращения дебалансных валов 500/1000 об/мин, период колебаний составляет $T = 0,12$ с. Разбиваем период колебаний на двадцать интервалов по 0,006 с. Выполняем расчёт величины суммарной вынуждающей силы, табл. 1, сложением её составляющих F_1 и F_2 . Масса дебалансов и их смещение центра тяжести относительно центра вращения, приняты произвольно, так что статический момент дебалансов остаётся постоянной величиной, $M_{\text{ст}1} = m_1 \cdot r_1$ и $M_{\text{ст}2} = m_2 \cdot r_2$. Здесь m_1 и m_2 - соответственно, масса дебалансов первой и второй ступени вибрационного устройства; r_1 и r_2 - соответственно, смещение центра массы дебаланса относительно центра вращения. Принимаем, $M_{\text{ст}1} = \text{const}1$ и $M_{\text{ст}2} = \text{const}2$ для всех соотношений угловых скоростей дебалансных валов. [4]

Формируем исходные данные для расчёта суммарной вынуждающей силы $F_{\text{сум}1} = 1,0$ кН при первом соотношении частот вращения дебалансных валов n_1 и n_2 - 500/1000 об/мин.

Выполняем первую серию расчёта: n_1 и n_2 - 500/1000 об/мин.

Таблица 1

Исходные параметры и расчёт суммарной вынуждающей силы при соотношении частот вращения дебалансных валов 500/1000 об/мин

pi		№ вибратора	1	2
3,1416		Масса (кг)	6	0,75
		Радиус (см)	2	2
T		Нач. фаза (град)	0	0
0,12		Скорость (об/мин)	500	1000
dt		R (м)	0,02	0,02
0,006		Fi0 (рад)	0,00	0,00
		ω (1/с)	52,36	104,72

В данном случае имеем $M_{\text{ст}1} = 0,12$ кН, $M_{\text{ст}2} = 0,015$ кН. При этом, соотношение $M_{\text{ст}1}/M_{\text{ст}2} = 8$. Эти значения будут оставаться постоянными для всех последующих расчётов. [5-6]

По исходным данным, табл. 1, выполнены расчёты величины суммарной вынуждающей силы в пределах одного периода колебаний при его разбиении на 20 интервалов, табл.2. В табл. 2, и далее, введены обозначения: t – текущее время в пределах одного периода, F_1 и F_2 – вынуждающая сила дебалансного вибратора направленных колебаний первой и второй ступени, $F_{\text{сум}}$ – суммарная величина вынуждающей силы при работе двух ступеней вибраторов. Max – наибольшее значение величины вынуждающей силы на положительной стороне графика, Min - наибольшее значение величины вынуждающей силы на отрицательной стороне графика, k_a – коэффициент асимметрии вынуждающей силы. Задача состоит в том, чтобы коэффициент асимметрии k_a величины вынуждающей силы, характеризующий динамические характеристики вибрационного устройства оставался неизменным, близким к 2,0. [7]



Результаты расчёта суммарной вынуждающей силы при соотношении частот вращения дебалансных валов 500/1000 об/мин

№	t	F ₁	F ₂	F _{Сум}
0	0,000	0,66	0,33	0,99
1	0,006	0,63	0,27	0,89
2	0,012	0,53	0,10	0,63
3	0,018	0,39	-0,10	0,29
4	0,024	0,20	-0,27	-0,06
5	0,030	0,00	-0,33	-0,33
6	0,036	-0,20	-0,27	-0,47
7	0,042	-0,39	-0,10	-0,49
8	0,048	-0,53	0,10	-0,43
9	0,054	-0,63	0,27	-0,36
10	0,060	-0,66	0,33	-0,33
11	0,066	-0,63	0,27	-0,36
12	0,072	-0,53	0,10	-0,43
13	0,078	-0,39	-0,10	-0,49
14	0,084	-0,20	-0,27	-0,47
15	0,090	0,00	-0,33	-0,33
16	0,096	0,20	-0,27	-0,06
17	0,102	0,39	-0,10	0,29
18	0,108	0,53	0,10	0,63
19	0,114	0,63	0,27	0,89
20	0,120	0,66	0,33	0,99
	Max	0,66	0,33	0,99
	Min	-0,66	-0,33	-0,49
	ka			2,02076

График изменения величины вынуждающей силы каждой ступени F_1 и F_2 и суммарной величины $F_{\text{Сум}}$ представлены на рис. 1.

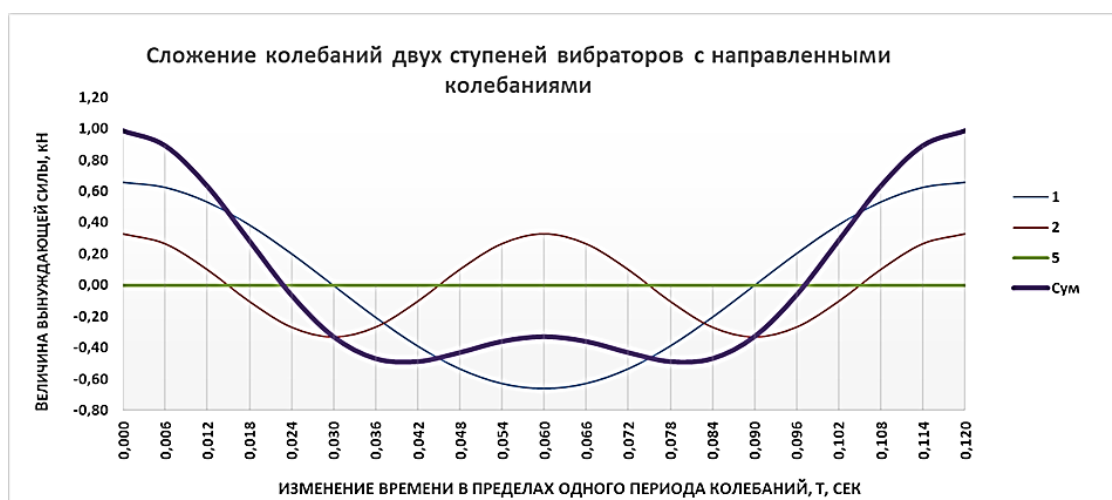


Рис. 1. Изменение величины суммарной вынуждающей силы двухступенчатого дебалансного вибраторного устройства с асимметричными колебаниями при соотношении частот вращения дебалансных валов первой и второй ступени: n_1 и $n_2 = 500/1000$ об/мин.



Список литературы:

1. Блехман И.И. Теория вибрационных процессов и устройств. Вибрационная механика и вибрационная техника. – СПб., Издательский дом «Руда и металлы», 2013. – 640 с.
2. Герасимов М.Д. Инновационные вибрационные технологии, машины и оборудование. Опыт НИОКР / Мир дорог. Спецвыпуск 2015-2016. С. 31-32.
3. Патент РФ №2740282 С1. Заявка: 2020121504, 05.08.2020. Способ получения направленных механических колебаний для практического применения в технологических процессах. Опубликовано:12.01.2021. Бюл. №2. Автор: Герасимов М.Д. Патентообладатель: ФГБОУ ВО «БГТУ им. В.Г. Шухова»
4. Вибрация в технике: Справочник. В 6-тит./Ред. совет: В. Н. Челомей (пред.). М.: Машиностроение,1981. Т. 4. Вибрационные процессы и машины / Под ред. Э. Э. Лавендела. 1981. 509 с.
5. Вибрационные машины в строительстве и производстве строительных материалов. Справочник. Под ред. В.А. Баумана. Машиностроение. М.: 1970. – 548 с.
6. Patent US 7,804,211. B2. Sep,28,2010. Vibration Generator. A. Kleibl, Ch. Heichel. Assignee: ABI. Anlagentechnik – Baumaschinen – Industriebedarf Maschinenfabrik und Virtreibsgeseischaft Mbh, Niedernberg (DE). Prior Publication Data US2009/0243410A1, 1.10.2009.
7. Кустарев, Г. В.Повышение эффективности уплотняющих машин для скоростного строительства асфальтобетонных покрытий / Г. В. Кустарев. - Москва: МАДИ(ГТУ), 2008. - 282 с.

