

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИБРОПОГРУЖАТЕЛЕЙ

Герасимов М.Д.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Ключевые слова: вибропогружатель, технические характеристики, анализ, вынуждающая сила, асимметричные колебания.

Аннотация. В практике проектирования и производства вибропогружателей для погружения в грунт свай и шпунтов сложилась практика формирования изделий с некоторыми фиксированными параметрами, например, величиной вынуждающей силы. Величина вынуждающей силы вибропогружателя является определяющей, так как направлена непосредственно на выполнение полезной работы. При переводе вибропогружателя на асимметричные колебания возникает необходимость проведения анализа технологических параметров вибропогружателя, так как различные издания справочной технической литературы и фирмы производители могут по-разному оценивать некоторые параметры и вводить свои допущения. Статья посвящена методике анализа технических параметров вибропогружателей с целью дальнейшего перевода их на асимметричные колебания.

ANALYSIS OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF VIBRO LOADERS

Gerasimov M.D.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod

Keywords: vibration absorber, technical characteristics, analysis, driving force, asymmetric vibrations.

Abstract. In the practice of designing and manufacturing vibration absorbers for immersing piles and sheet piles into the ground, there has been a practice of forming products with some fixed parameters, for example, the magnitude of the driving force. The magnitude of the driving force of the vibrator is decisive, since it is aimed directly at the performance of useful work. When translating a vibration absorber to asymmetric vibrations, it becomes necessary to analyze the technological parameters of a vibration absorber, since various editions of reference technical literature and manufacturers may evaluate some parameters differently and enter their assumptions. The article is devoted to the method of analysis of the technical parameters of vibration absorbers with the aim of further translating them into asymmetric vibrations.

Введение. Эффективность вибрационных процессов может быть повышена по пути приближения частоты вынужденных колебаний к частоте собственных колебаний. Технически сближение этих частот не сложно. Сложнее «удерживать» созданные условия в стабильном состоянии. Следует обратить внимание, что в явлении резонанса участвуют две частоты. Нечто похожее условие создаётся при асимметричных колебаниях, когда в реализации вибрационного процесса могут участвовать две и более частот вынужденных колебаний. При этом величина вынуждающей силы в

направлении выполнения полезной работы превосходит в несколько раз величину вынуждающей силы в направлении выполнения холостого хода [1,2]. Исходным параметром для перевода направленных колебаний вибропогружателя является максимальное значение величины вынуждающей силы, действующей в направлении выполнения полезной работы. Перед выполнением расчётов следует выполнить анализ технических параметров серийно выпускаемого вибропогружателя, чтобы соблюсти корректность выполняемых расчётов вибрационного устройства с асимметричными колебаниями.

Основная часть. Рассматриваем технические параметры (табл. 1) вибропогружателя ВП Impulse ВЭ 1100 [3].

Табл. 1. Технические характеристики вибропогружателя Impulse ВЭ 1100

Наименование параметра		Impulse ВЭ 1100	
		Размерность	Значение
Статический момент массы дебалансов		кН·м	11
Частота колебаний номинальная		об/мин	1350
Максимальная вынуждающая сила		кН	380
Мощность электродвигателей номинальная	вибровозбудителя	кВт	45
	гидростанции		2,2
Габаритные размеры без станции управления и кабеля	длина	мм	1590
	ширина		1140
	высота		2750
Масса вибропогружателя без станции управления и кабеля		кг	3070
Погружаемый (извлекаемый) элемент	Масса	кг	2000
	Площадь сечения	м ²	0,12

Из технических характеристик очевидно следующее.

Частота колебаний – 1350 об/мин, $f = 1350/60 = 22,5 \text{ с}^{-1}$.

Угловая скорость, $\omega = 3,14 \cdot 1350/30 = 141,3 \text{ с}^{-1}$.

Квадрат угловой скорости: $\omega^2 = 19966 \text{ с}^{-2}$.

Период колебаний $T = 1/f = 1/22,5 = 0,0444 \text{ с}$.

Статический момент массы дебалансов – $M_{ст} = 11 \text{ кГ} \cdot \text{м}$

Максимальное значение вынуждающая силы в пределах периода колебаний – $F = M_{ст} \cdot \omega^2 = 11 \cdot 19966 = 219626 \text{ Н} = 220 \text{ кН}$

В технических характеристиках имеем $F = 380 \text{ кН}$.

Разница: $\Delta F = (380 - 220) = 160 \text{ кН}$, или $380/220$ соотношение составляет 1.73 раза.

В пределах одного периода график изменения вынуждающей силы представлен на рис. 1.

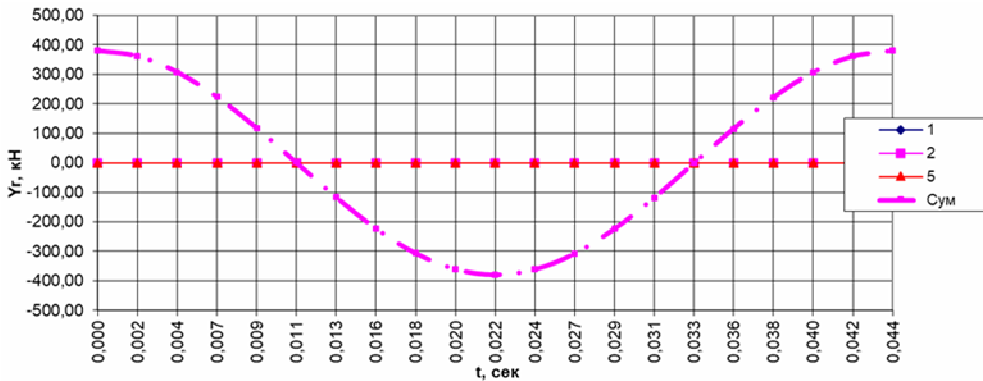


Рис. 1. График изменения вынуждающей силы вибропогрузателя Impuls ВЭ 1100 в соответствии с заявленными техническими характеристиками

При этом, суммарная масса дебалансов может составлять 100 кг, радиус смещения центра массы дебаланса – 0,095 м, а статический момент дебалансов – $9,5 \cdot 2 = 19$ кг·м.

Для реализации вынуждающей силы необходим статический момент дебалансов: $M_{ст}^{треб} = \frac{F}{\omega^2} = \frac{380000}{19966} = 19$ кг·м.

Таким образом, для перевода данного вибропогрузателя на асимметричные колебания требуется согласование исходных параметров с изготовителем.

Особый интерес представляет анализ технических характеристик вибропогрузателя ВП-160, конструкция которого описана в [4] (табл. 2).

Табл. 2. Технические характеристики вибропогрузателя ВП-160

Параметр	Ед. измерения	Величина
Вынуждающая сила	кН	1020, 1250, 1600
Момент дебалансов	кг·м	352
Число дебалансных валов	шт.	8
Частота вращения дебалансных валов	об/мин	404/808 449/898 505/1010
Масса вибропогрузателя	кг	11200

Можно предположить, что каждая пара частот вращения позволяет получать одно из значений вынуждающей силы. Также необходимо учесть, что статический момент дебалансов состоит из восьми слагаемых. Для всех шести частот вращения составляем таблицу значений вычисляемых параметров (табл. 3).

Период колебаний: $T = 1/f = 0,15$ с.

Составляем расчётную матрицу для $n = 404/808$. Тогда имеем табл. 4.

Табл. 3. Рассчитываемые параметры для ВП-160.

n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6
404	808	449	898	505	1010
f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6
6.73	13.5	7.5	15	8.42	16.8
ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6
42,29	84,57	47	94	52,86	105,7
ω_1^2	ω_2^2	ω_3^2	ω_4^2	ω_5^2	ω_6^2
1789	7157	2203	8836	2794	11173
T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
0.15	0.074	0.13	0.067	0.12	0.06
$M_{cm} = 3,52 \cdot 8 = 28.16$					
F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
50376	201544	62040	248816	78680	314632

Табл. 4. Расчётная матрица ВП-160

для $n = 404/808$ об/мин:

p_i		№ вибратора	1	2
3,1416		Масса (кг)	285	285
		Радиус (см)	20	20
T		Нач. фаза (град)	0	0
0,15		Скорость (об/мин)	404	808
dt		R (м)	0,2	0,2
0,0075		$Fi0$ (рад)	0,00	0,00
		w (1/с)	42,30688	84,61376
		M (кГ·м)	57	57

для $n=449/898$ об/мин:

p_i		№ вибратора	1	2
3,1416		Масса (кг)	285	285
		Радиус (см)	20	20
T		Нач. фаза (град)	0	0
0,15		Скорость (об/мин)	449	898

для $n = 505/1010$ об/мин

p_i		№ вибратора	1	2
3,1416		Масса (кг)	285	285
		Радиус (см)	20	20
T		Нач. фаза (град)	0	0
0,15		Скорость (об/мин)	505	1010
dt		R (м)	0,2	0,2
0,0075		$Fi0$ (рад)	0,00	0,00
		w (1/с)	52,8836	105,7672
		M (кГ·м)	57	57

Результаты расчёта для максимальных значений приведены в табл. 5.

Табл. 5. Результаты расчёта максимальной вынуждающей силы для $n = 404/808$ об/мин:

№	t	$F1$	$F2$	Сумма
0	0,000	204,05	816,18	1020,23

для $n=449/898$ об/мин:

№	t			Сумма
0	0,000	252,03	1008,13	1260,16

для $n = 505/1010$ об/мин

№	t			Сумма
0	0,000	318,82	1275,28	1594,10

Из технических характеристик не ясно, является ли данная система системой с асимметричными колебаниями. Очевидно, нет, так как в системе с асимметричными колебаниями требуется наличие разных значений статических моментов дебалансов первой и второй группы валов. В тоже время, для получения заявленных значений величины вынуждающей силы требуется значительно большее значение статического момента дебалансов.

Вывод. Проведенный анализ технических параметров вибропогружателей показывает, что при выполнении проектных работ по переводу вибропогружателей из направленных равных по величине амплитуды вынуждающей силы в асимметричные необходимо убедиться, что технические характеристики базовой машины однозначно трактуют все базовые характеристики.

Работа выполнена в рамках выполнения НИР опорного вуза и индивидуального плана НИР автора.

Список литературы

1. Герасимов М.Д. Коэффициент динамичности двухчастотного вибрационного устройства с асимметричными колебаниями // Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация: Материалы международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: СПбФ НИЦ МС, 2018. – №1. – С. 131-134.
2. Герасимов М.Д. Влияние сдвига фаз и частоты вращения дебалансов двухчастотного вибрационного устройства // Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация: Материалы международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: СПбФ НИЦ МС, 2018. – №1. – С. 160-164.
3. www.impulse.su – ООО Технопарк «Импульс».
4. Суворов А.В., Левинзон А.Л. Машины для свайных работ / Под ред. С.П. Епифанова и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1982. – 150с.

References

1. Gerasimov M.D. The dynamic coefficient of a two-frequency vibrating device with asymmetric vibrations // Machines, aggregates and processes. Design, creation and modernization: Materials of the international scientific-practical conference. – St. Petersburg: SPbF SRC MS, 2018. – №1. – P. 131-134.

2. Gerasimov M.D. The effect of phase shift and rotation frequency of the unbalance of a two-frequency vibrating device // Machines, aggregates and processes. Design, creation and modernization: Materials of the international scientific-practical conference. – St. Petersburg: SPbF SRC MS, 2018. – №1. – P. 160-164.
3. www.impulse.su – Technopark Impulse LLC.
4. Suvorov A.V., Levinson A.L. Machines for pile work / Ed. S.P. Epifanov et al. – 2nd ed., Rev. and add. – M.: Stroyizdat, 1982. – 150 p.

Сведения об авторах:

Герасимов Михаил Дмитриевич – к.т.н., доцент кафедры подъёмно-транспортных и дорожных машин, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия, mail_mihail@mail.ru

Information about authors:

Gerasimov Mikhail Dmitrievich – candidate of technical sciences, associate professor of Department of lifting, transport and road machines, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia, mail_mihail@mail.ru

Получена 23.03.2020