

**Кудринский С.А.**, студент гр. 3-М-52, **Шишко С.В.**, ассистент  
(Государственное ВУЗ «УГХТУ», г. Днепропетровск, Украина),  
**Трубицин М.Н.**, к.т.н., доцент  
(Государственное ВУЗ «НГУ», г. Днепропетровск, Украина)

### ВИРТУАЛЬНАЯ ЗАМЕНА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ТММ-35 (ДВУХПЛОСКОСТНАЯ БАЛАНСИРОВКА)

Двухплоскостная балансировка является наиболее распространенным технологическим действием по динамическому уравниванию вращающихся деталей (роторов). Лабораторная работа по дисциплине «Теория машин и механизмов» на установке ТММ-35 подразумевает, что студенту заранее известно расположение заданных дебалансов (плоскости 1-2-3) и необходимо найти значения и расположение (фазы) корректирующих дебалансов (плоскости А-В), рис.1. Внесение дебалансов производится калиброванными грузиками (40,50, 60 и 70г) в щелях ( $R=4\dots 9\text{см}$ ). Все диски фиксировано

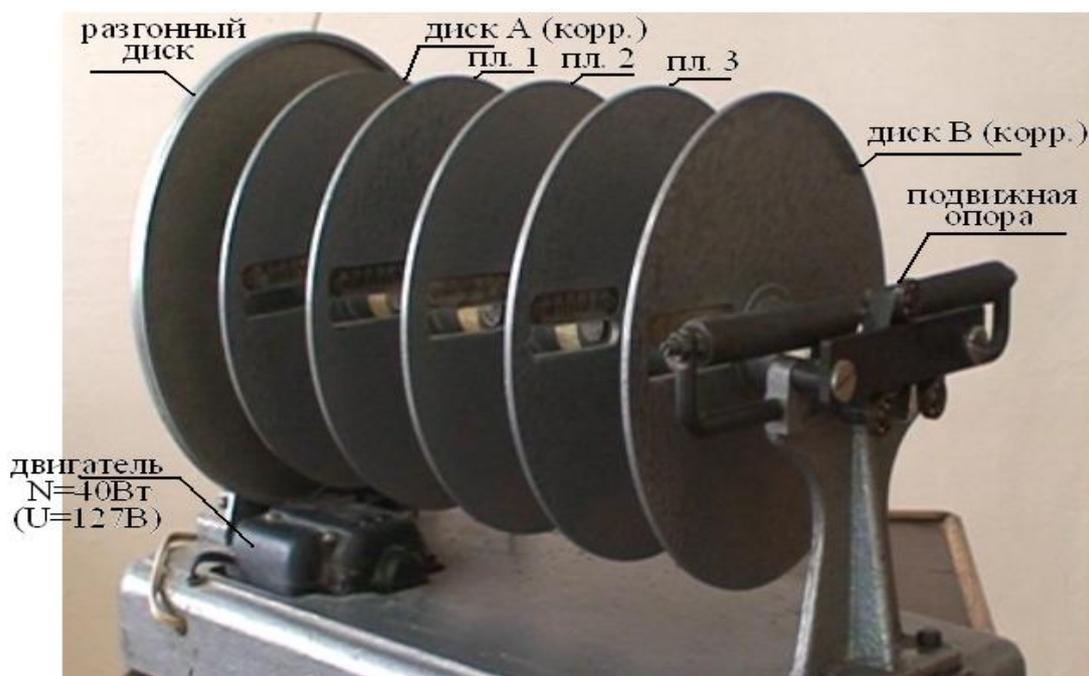


Рис.1. Лабораторная установка ТММ-35

поворачиваются на нужный угол. Установки ТММ-35 выработали свой ресурс (срок эксплуатации их составляет 40-45 лет), поэтому здесь предлагается виртуальная лабораторная работа, позволяющая при помощи пакета MathCad заменить изношенную машину ТММ-35. Выполнение виртуальной работы разбивается на три последовательных три этапа: 1) расчетный – расчет корректирующих дебалансов (пл. А-В), рис.2.; 2) графический – решение векторных уравнений (построение планов моментов дебалансов относительно опоры А и дебалансов относительно опоры В), рис.3.; 3) практический – сравнение результатов этапов 1 и 2, определение радиусов и масс корректирующих грузов из оставшегося в наличии ограниченного числа грузов, рис.4. Где, как на номограмме, показаны гиперболы вида  $(mR)^{-1}$ , которые пересекают области прямоугольники установки 1, 2 или 3 грузиков. Точки пересечения с координатной сеткой дают возможные варианты подбора грузиков на соответствующих радиусах. На

рис. 4. показан вариант установки двух грузов в одной плоскости коррекции при малом дебалансе

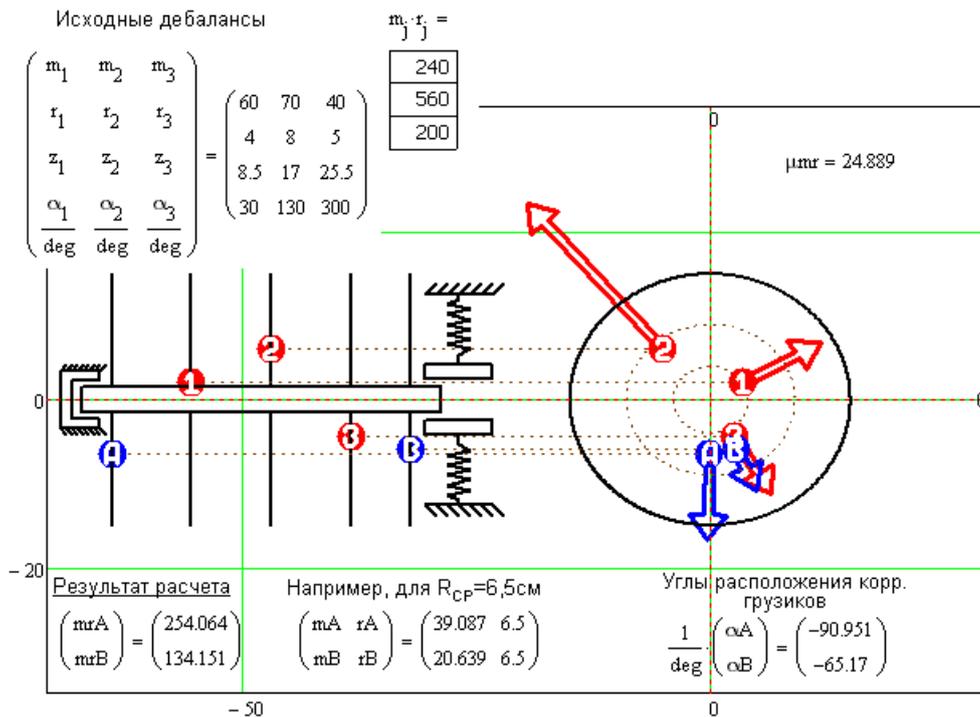


Рис. 2. Результаты аналитического расчета корректирующих дебалансов.

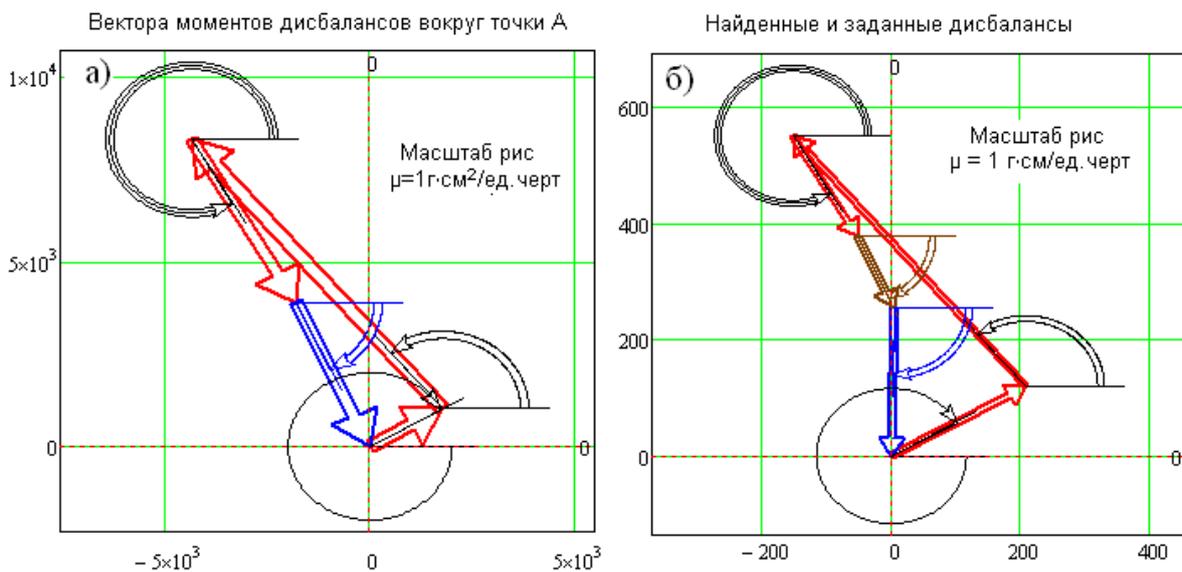


Рис. 3. Графическое решение векторных уравнений (для заданных дебалансов количество линий дуг углов соответствует углам  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ).

$$m r B = 134,151 = 60 \cdot 6,583 - 40 \cdot 6,521 < m_{\min} \cdot r_{\min} = 40 \cdot 4 = 160 \text{ г·см.}$$

Аналогично, по равенству статических моментов рассчитываются дебалансы, превышающие максимальный для одного грузика

$$m_{\max} \cdot r_{\max} = 70 \cdot 9 = 630 \text{ г·см.}$$

Представляемая MathCad-программа выполняет функции обучающей, проверяющей и расчетной. Возможные расчетные варианты лабораторных работ при  $(z_1 \ z_2 \ z_3) = (8,5 \ 17 \ 25,5) \text{ см}$  и  $L = 32 \text{ см}$  приведены в таблице 1.

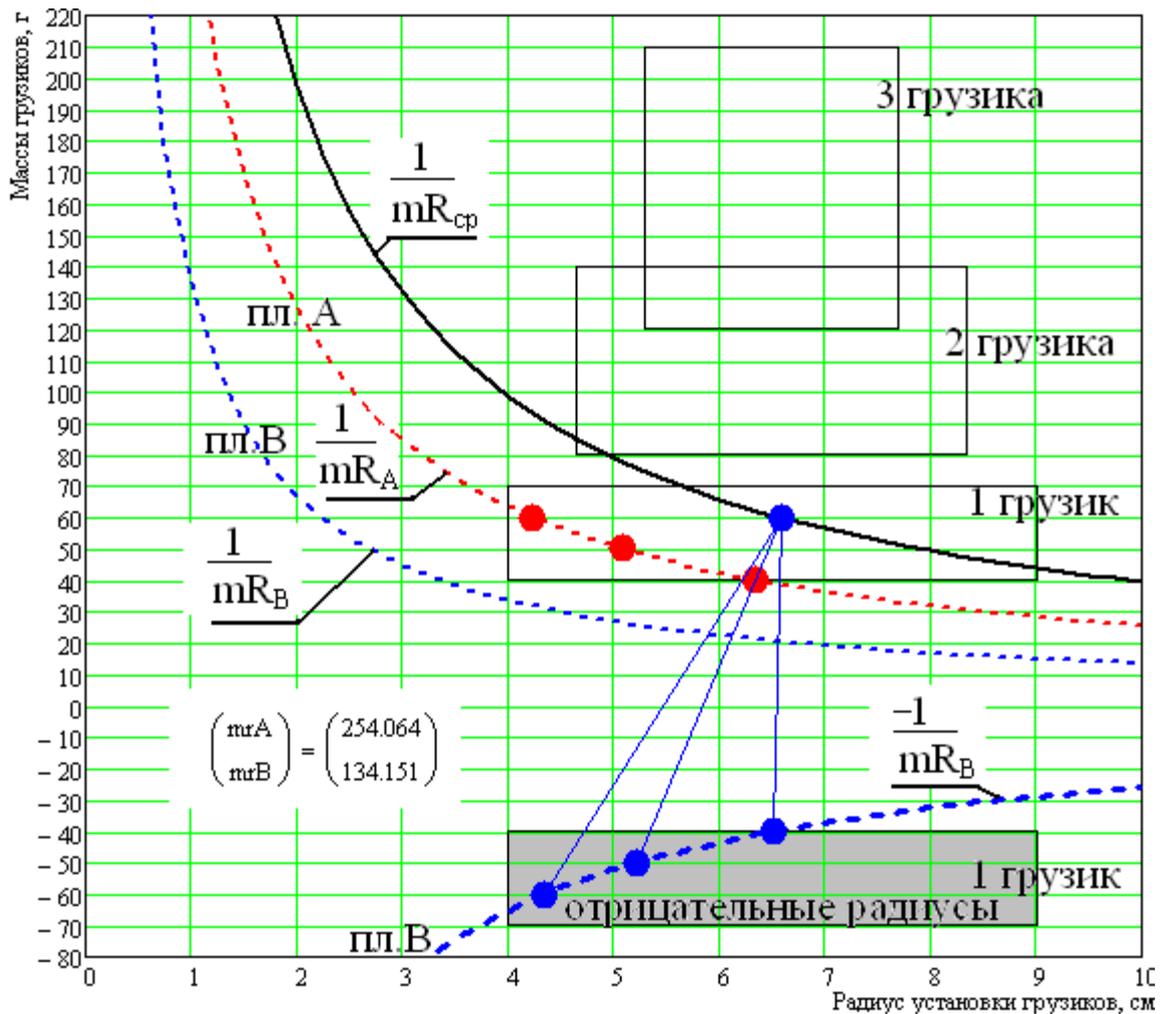


Рис.4. Подбор уравновешивающих грузов.

Таблица 1.

Варианты проведения лабораторной работы на установке ТММ-35

Параметры	Задаваемые									Получаемые								
	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	α <sub>1</sub>	α <sub>2</sub>	α <sub>3</sub>	(m <sub>г</sub> r <sub>г</sub> L) <sub>x</sub>	(m <sub>г</sub> r <sub>г</sub> L) <sub>y</sub>	m <sub>г</sub> r <sub>г</sub> v	α <sub>v</sub>	(m <sub>г</sub> α <sub>г</sub> ) <sub>x</sub>	(m <sub>г</sub> α <sub>г</sub> ) <sub>y</sub>	m <sub>г</sub> α <sub>г</sub>	α <sub>A</sub>	
Размерность	г			см			градусы			г·см <sup>2</sup>		г·см	градусы	г·см		градусы		
№ варианта	1	40	40	70	6	7	4	250	160	80	3931	-6743	243,897	-59,759	173,739	64,72	185,402	20,431
	2 (2A)	40	60	70	6	7	8	300	160	90	5689	-14960	500,031	-69,72	96,877	-28,448	100,968	-16,365
	3	50	70	50	7	5	6	210	170	45	3027	-4955	181,448	-58,583	341,076	36,937	345,796	9,477
	4	60	40	50	5	8	7	80	180	280	3447	6278	223,824	61,228	99,398	-146,952	177,441	-55,926
	5	60	50	50	6	7	4	200	120	50	2572	-8013	262,995	-72,203	304,349	-82,781	315,406	-15,216
	6	50	60	50	5	6	5	230	130	60	1475	-9685	306,159	-81,342	196,013	-41,402	200,338	-11,927
	7(2A)	40	50	40	4	5	6	120	200	290	2581	6027	204,873	66,82	152,197	-15,867	153,022	-5,952
	8(2B)	60	70	40	4	8	5	30	120	300	443,308	-4848	152,127	-84,775	-41,699	-280,274	283,359	-98,462
	9	50	70	40	5	9	4	40	150	330	4114	-4681	194,744	-48,689	86,961	-249,418	264,163	-70,779
	10	70	70	50	4	5	9	20	80	140	5521	-14050	471,729	-68,548	-151,692	-290,653	327,856	-117,56
	11	60	40	60	8	4	7	210	180	340	-3811	5703	214,345	123,751	300,106	205,429	363,682	34,392
	12	40	50	60	5	8	9	10	200	310	-4135	12580	413,791	108,199	-38,957	122,65	128,688	107,621

### Выводы

1. Разработана MathCad-программа, позволяющая полностью провести все этапы виртуальной лабораторной работы по 2-х плоскостной балансировке ротора с известным начальным дебалансом.
2. Возможности MathCad позволяют выполнить все необходимые в данном случае графические построения, аналитические и логические выкладки..