

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ДГТУ)

ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к контрольной работе по дисциплине «Динамика и прочность наземных  
транспортно-технологических систем » для студентов специальности  
23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»  
заочной формы обучения

Ростов-на-Дону 2023

УДК 531.3:539.4:631.3(07)

Составители: доктор техн. наук, профессор О.А. Полушкин  
кандидат техн. наук, доцент О.О. Полушкин

Рецензент: доктор техн. наук, профессор В.П. Жаров

Задания и методические указания к контрольной работе по дисциплине  
«Динамика и прочность наземных транспортно-технологических систем». -  
Ростов-н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2023. - 12 с.

Методические указания содержат общие требования и задания на  
контрольную работу, пример её выполнения.

УДК 531.3:539.4:3(07)

Научный редактор

доктор технических наук, профессор

Ермольев Ю.И.

© Издательский центр ДГТУ, 2023

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Контрольная работа содержит 2 задачи, которые включают в себя 2 раздела дисциплины «Динамика и прочность наземных транспортно-технологических систем».

Контрольная работа оформляется в тетради, записи делаются вручную, четким почерком, схемы вычерчиваются карандашом.

Каждая из задач решается сначала в общем виде. Подстановка числовых данных производится в окончательные выражения полученных в общем виде решений.

При оформлении работы необходимо записать номер задания и номер варианта контрольной работы. Номер задания выбирается студентом по последней цифре номера зачетной книжки в соответствии со следующей таблицей:

Последняя цифра номера зачетной книжки	0; 1	2; 3	4; 5	6; 7	8; 9
Номер задания на контрольную работу	1	2	3	4	5

Номер варианта студент выбирает по его порядковому номеру в списке группы, составленном деканатом.

Для получения зачёта по дисциплине «Динамика и прочность наземных транспортно-технологических систем» студент должен выполнить данную контрольную работу, защитить её и ответить на теоретические вопросы.

## ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

### ЗАДАЧА №1

Найти коэффициент полезного действия (КПД)  $\eta$  машины по заданной схеме соединения её агрегатов, если известны КПД  $\eta_i$ ,  $i=1...7$  каждого из агрегатов. Работы  $A_{дi}$  движущих сил, поступающие на вход каждой из ветвей параллельно соединенных агрегатов полагать равными между собой. (Схему соединения агрегатов в машине и их КПД принять по данным Приложения 1).

### ЗАДАЧА №2

Для заданной схемы жёсткого ротора известны локальные дисбалансы  $\bar{D}_1$ ,  $\bar{D}_2$ ,  $\bar{D}_3$ . Углы  $\varphi_i$ ,  $i=1,2,3$  этих дисбалансов представлены на схеме - их значения также заданы.

Требуется найти приведенный к точке  $A$  (задана на схеме ротора) результирующие вектор  $\bar{D}_p$  и момент  $\bar{M}_{Dp}$  дисбалансов этого ротора (модель неуравновешенности ротора первого типа), а также дисбалансы  $\bar{D}_I$ ,  $\bar{D}_{II}$  в

плоскостях приведения, совпадающих с опорами I, II ротора (модель неуравновешенности второго типа). В расчётах принять  $l_1 = 0,2 l$ ,  $l_2 = 0,5 l$ ,  $l_3 = 0,9 l$ , где  $l$  = задаваемое расстояние между опорами ротора. (Схему ротора и числовые данные к решению задачи принять по Приложению 2).

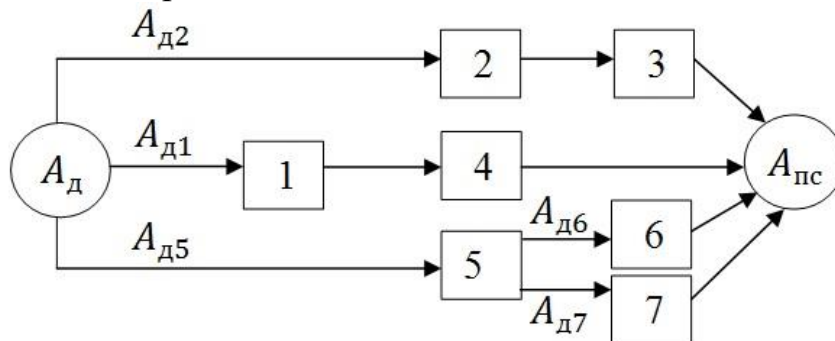
## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

задание №..., вариант №...

### ЗАДАЧА №1

Дано:

Схема соединения агрегатов в машине



КПД агрегатов:  $\eta_1 = \eta_2 = 0,9$ ;  $\eta_3 = \eta_4 = 0,8$ ;  $\eta_5 = \eta_6 = \eta_7 = 0,7$ .

### Решение

Задана схема смешанного соединения агрегатов в машине, представляющая собой совокупность последовательного и параллельного их соединений.

Для решения используем формулы расчёта КПД машины при последовательном соединении -

$$\eta = \prod_{i=1}^n \eta_i,$$

и при параллельном соединении -

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^m A_{ди} \eta_i}{\sum_{i=1}^m A_{ди}}$$

её агрегатов.

В последних уравнениях  $n$  - число агрегатов, соединённых последовательно;  $m$  - число ветвей агрегатов, параллельно присоединённых к источнику энергии или к какому-либо из агрегатов машины.

В заданной схеме от двигателя, совершающего работу  $A_d$ , энергия исходит по трём параллельным ветвям. Поэтому, используя формулу для параллельного соединения агрегатов, запишем:

$$\eta = \frac{A_{д2} \cdot \eta_I + A_{д1} \cdot \eta_{II} + A_{д5} \cdot \eta_{III}}{A_{д2} + A_{д1} + A_{д5}}, \quad (1)$$

где  $\eta_I, \eta_{II}, \eta_{III}$  - КПД каждой из параллельных ветвей, исходящих от двигателя.

Учитывая условия задачи, полагаем  $A_{д2} = A_{д1} = A_{д5}$ , поэтому уравнение (1) приводим к виду

$$\eta = \frac{\eta_I + \eta_{II} + \eta_{III}}{3}. \quad (2)$$

Раскрывая значение  $\eta_I$ , учитываем, что первая ветвь представляет собой последовательное соединение агрегатов 2 и 3, поэтому

$$\eta_I = \eta_2 \cdot \eta_3. \quad (3)$$

Раскрывая значение  $\eta_{II}$ , учитываем, что вторая ветвь представляет собой последовательное соединение агрегатов 1 и 4, поэтому

$$\eta_{II} = \eta_1 \cdot \eta_4. \quad (4)$$

Раскрывая значение  $\eta_{III}$ , учитываем, что третья ветвь представляет собой последовательное и параллельное соединение агрегатов, поэтому

$$\eta_{III} = \eta_5 \cdot \eta_{IV}, \quad (5)$$

где  $\eta_{IV}$  - КПД параллельного соединения агрегатов 6,7 третьей ветви, определяемый как

$$\eta_{IV} = \frac{A_{д6} \cdot \eta_6 + A_{д7} \cdot \eta_7}{A_{д6} + A_{д7}}.$$

Учитывая, что по условию задачи  $A_{д6} = A_{д7}$ , получаем

$$\eta_{IV} = \frac{\eta_6 + \eta_7}{2}. \quad (6)$$

Подставляя (6) в (5), имеем

$$\eta_{III} = \eta_5 \cdot \frac{\eta_6 + \eta_7}{2}. \quad (7)$$

Подставляя (7), (4), (3) в (2), находим

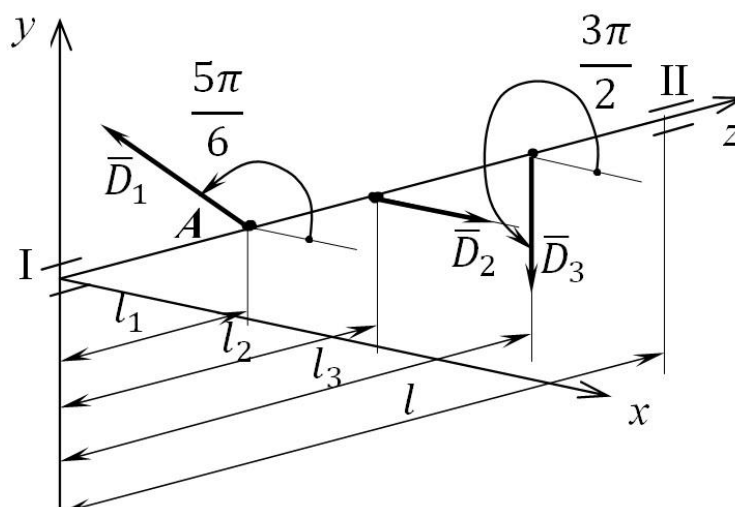
$$\eta = \frac{\eta_2 \cdot \eta_3 + \eta_1 \cdot \eta_4 + \eta_5 \cdot \frac{\eta_6 + \eta_7}{2}}{3}.$$

Произведя подстановку заданных значений КПД агрегатов, находим КПД рассматриваемой машины

$$\eta = \frac{0,9 \cdot 0,8 + 0,9 \cdot 0,8 + 0,7 \cdot \frac{0,7 + 0,7}{2}}{3} = 0,643.$$

## ЗАДАЧА №2

Дано:  
Схема ротора



Значения локальных дисбалансов:

$$D_1 = 100 \text{ гмм}; D_2 = 500 \text{ гмм}; D_3 = 400 \text{ гмм}.$$

Расстояние между опорами ротора  $l=800$  мм.

### Решение

1. Находим приведенный к точке  $A$  результирующий вектор  $\bar{D}_p$  локальных дисбалансов.

$$\bar{D}_p = \bar{D}_1 + \bar{D}_2 + \bar{D}_3. \quad (1)$$

Проектируя  $\bar{D}_p$  на координатной оси  $x$  и  $y$ , получаем:

- проекция  $\bar{D}_p$  на ось  $x$

$$X_D = \sum_{i=1}^3 D_i \cos \varphi_i = D_1 \cos \varphi_1 + D_2 \cos \varphi_2 + D_3 \cos \varphi_3,$$

где  $\varphi_i, i=1..3$  - приведенные на схеме ротора углы заданных локальных дисбалансов:  $\varphi_1 = 5\pi/6, \varphi_2 = 0, \varphi_3 = 3\pi/2$ . Подставляя значения этих углов, получаем

$$X_D = D_1 \cos \frac{5\pi}{6} + D_2 \cos 0 + D_3 \cos \frac{3\pi}{2} = D_1 \cos \frac{5\pi}{6} + D_2;$$

- проекция  $\bar{D}_p$  на ось  $y$

$$\begin{aligned} Y_D &= \sum_{i=1}^3 D_i \sin \varphi_i = D_1 \sin \varphi_1 + D_2 \sin \varphi_2 + D_3 \sin \varphi_3 = \\ &= D_1 \sin \frac{5\pi}{6} + D_2 \sin 0 + D_3 \sin \frac{3\pi}{2} = D_1 \sin \frac{5\pi}{6} - D_3. \end{aligned}$$

Значение  $D_p$  результирующего вектора дисбалансов ротора и его угол  $\varphi_{D_p}$  находим как

$$D_p = \sqrt{X_D^2 + Y_D^2}; \quad \varphi_{D_p} = \text{sign}(Y_D) \arccos \frac{X_D}{D_p},$$

где  $\text{sign}(Y_D) = 1$ , если  $Y_D \geq 0$ ;  $\text{sign}(Y_D) = -1$ , если  $Y_D < 0$ .

Производя подстановку заданных значений  $D_1, D_2, D_3$  в полученные выражения, находим:

$$X_D = 100 \left( -\frac{\sqrt{3}}{2} \right) + 500 = 413,5 \text{ мм};$$

$$Y_D = 100 \cdot \frac{1}{2} - 400 = -350 \text{ мм};$$

$$D_p = \sqrt{413,5^2 + (-350)^2} = 541,74 \text{ мм};$$

$$\varphi_{D_p} = \text{sign}(-350) \arccos \frac{413,5}{541,74} = -40^\circ, 25 = 319^\circ, 75.$$

2. Находим приведенный к точке  $A$  результирующий момент  $\bar{M}_{DP}$  локальных дисбалансов

$$\bar{M}_{DP} = \bar{M}_{D1} + \bar{M}_{D2} + \bar{M}_{D3},$$

где  $\bar{M}_{D1}, \bar{M}_{D2}, \bar{M}_{D3}$  - векторы - моменты заданных локальных дисбалансов относительно точки  $A$ .

Учитывая, что по условиям задачи дисбаланс  $\bar{D}_1$  проходит через точку  $A$ , имеем  $\bar{M}_{D1} = 0$  и для рассматриваемого случая

$$\bar{M}_{DP} = \bar{M}_{D2} + \bar{M}_{D3}.$$

Вводя модуль  $M_{DP}$  и угол  $\varphi_{MD}$  вектора  $\bar{M}_{DP}$  и используя комплексную форму, записываем последнее уравнение в виде

$$M_{DP} e^{i\varphi_{MD}} = M_{D2} e^{i\varphi_{M2}} + M_{D3} e^{i\varphi_{M3}}, \quad (2)$$

где  $M_{D2} = D_2(l_2 - l_1), M_{D3} = D_3(l_3 - l_1)$  - значения моментов дисбалансов  $\bar{D}_2$  и  $\bar{D}_3$  относительно точки  $A$ ;  $\varphi_{M2}, \varphi_{M3}$  - углы векторов  $\bar{M}_{D2}$  и  $\bar{M}_{D3}$ , перпендикулярных векторам  $\bar{D}_2$  и  $\bar{D}_3$  соответственно.

Определяя  $\varphi_{Mi}$ , учитываем, что вектор  $\bar{M}_{Di}$  от дисбаланса  $\bar{D}_i$  направляется так, чтобы момент от  $\bar{D}_i$  относительно точки  $A$ , наблюдаемый из конца вектора  $\bar{M}_{Di}$ , был направлен против часовой стрелки.

Так  $\bar{M}_{D2}$ , перпендикулярный  $\bar{D}_2$ , должен составлять с положительным направлением оси  $x$  угол  $\varphi_{M2} = \varphi_2 - \frac{\pi}{2} = 0 - \frac{\pi}{2} = \frac{3\pi}{2}$ . Вектор  $\bar{M}_{D3}$ , перпендикулярный  $\bar{D}_3$ , должен составлять с положительным направлением оси  $x$  угол  $\varphi_{M3} = \varphi_3 - \frac{\pi}{2} = \frac{3\pi}{2} - \frac{\pi}{2} = \pi$ .

Таким образом, уравнение (2) записываем в виде

$$M_{DP} e^{i\varphi_{MD}} = D_2(l_2 - l_1) e^{i\frac{3\pi}{2}} + D_3(l_3 - l_1) e^{i\pi},$$

что с учетом заданных значений  $l_1, l_2, l_3$  даёт

$$\begin{aligned} M_{DP} e^{i\varphi_{MD}} &= D_2(0,5l - 0,2l) e^{i\frac{3\pi}{2}} + D_3(0,9l - 0,2l) e^{i\pi} = \\ &= D_2 \cdot 0,3l \cdot e^{i\frac{3\pi}{2}} + D_3 \cdot 0,7l \cdot e^{i\pi} = \\ &= l(0,3 \cdot D_2 \cdot e^{i\frac{3\pi}{2}} + 0,7 \cdot D_3 \cdot e^{i\pi}). \end{aligned}$$

Проектируя последнее уравнение на оси  $x$  и  $y$ , получаем

$$X_M = l \left( 0,3 \cdot D_2 \cdot \cos \frac{3\pi}{2} + 0,7 \cdot D_3 \cdot \cos \pi \right) = -0,7 \cdot l \cdot D_3;$$

$$Y_M = l \left( 0,3 \cdot D_2 \cdot \sin \frac{3\pi}{2} + 0,7 \cdot D_3 \cdot \sin \pi \right) = -0,3 \cdot l \cdot D_2;$$

$$M_{DP} = \sqrt{X_M^2 + Y_M^2} = l \cdot \sqrt{(0,7 \cdot D_3)^2 + (0,3 \cdot D_2)^2};$$

$$\varphi_{MD} = \text{sign}(Y_M) \cdot \arccos \frac{X_M}{M_{DP}} = -\arccos \frac{-0,7 \cdot D_3}{\sqrt{(0,7 \cdot D_3)^2 + (0,3 \cdot D_2)^2}}.$$

Подставляя значения заданных величин, получаем

$$M_{DP} = 800 \sqrt{(0,7 \cdot 400)^2 + (0,3 \cdot 500)^2} = 254118,08 \text{ гмм}^2;$$

$$\varphi_{MD} = -\arccos \frac{-0,7 \cdot 400}{\sqrt{(0,7 \cdot 400)^2 + (0,3 \cdot 500)^2}} = -151^\circ,82 = 208^\circ,18.$$

Таким образом, для рассматриваемого ротора модель неуровновешенности первого типа представляется как

$$\{\bar{N}_1\} = \{D_p \ \varphi_{D_p} \ M_{DP} \ \varphi_{MD}\} = \{541,74 \ 319^\circ,75 \ 254118,08 \ 208^\circ,18\}. \quad (3)$$

3. Определение дисбалансов  $\bar{D}_I, \bar{D}_{II}$  в плоскостях приведения, совпадающих с опорами I, II ротора.

Используя формулы статического распределения дисбалансов по плоскостям приведения, получили

$$\bar{D}_I = \bar{D}_1 \frac{l-l_1}{l} + \bar{D}_2 \frac{l-l_2}{l} + \bar{D}_3 \frac{l-l_3}{l}; \quad \bar{D}_{II} = \bar{D}_1 \frac{l_1}{l} + \bar{D}_2 \frac{l_2}{l} + \bar{D}_3 \frac{l_3}{l}.$$

Подставляя заданные параметры ротора, получаем

$$\bar{D}_I = 0,8\bar{D}_1 + 0,5\bar{D}_2 + 0,1\bar{D}_3; \quad \bar{D}_{II} = 0,2\bar{D}_1 + 0,5\bar{D}_2 + 0,9\bar{D}_3. \quad (4)$$

Проектируя первое из уравнений (4) на координатной оси  $x$  и  $y$ , имеем

$$X_I = 0,8 \cdot D_1 \cdot \cos \frac{5\pi}{6} + 0,5 \cdot D_2 \cdot \cos 0 + 0,1 \cdot D_3 \cdot \cos \frac{3\pi}{2};$$

$$Y_I = 0,8 \cdot D_1 \cdot \sin \frac{5\pi}{6} + 0,5 \cdot D_2 \cdot \sin 0 + 0,1 \cdot D_3 \cdot \sin \frac{3\pi}{2}.$$

Подставляя заданные значения локальных дисбалансов, находим

$$X_I = 0,8 \cdot 100 \cdot \left( -\frac{\sqrt{3}}{2} \right) + 0,5 \cdot 500 \cdot 1 + 0,1 \cdot 400 \cdot 0 = 180,8 \text{ гмм};$$

$$Y_I = 0,8 \cdot 100 \cdot \frac{1}{2} + 0,5 \cdot 500 \cdot 0 + 0,1 \cdot 400 \cdot (-1) = 0;$$

$$D_I = \sqrt{X_I^2 + Y_I^2} = \sqrt{180,8^2 + 0} = 180,8 \text{ гмм};$$

$$\varphi_I = \text{sign}(Y_I) \arccos \frac{X_I}{D_I} = \arccos \frac{180,8}{180,8} = 0.$$

Проектируя второе из уравнений (4) на координатные оси  $x$  и  $y$ , имеем

$$X_{II} = 0,2 \cdot D_1 \cos \frac{5\pi}{6} + 0,5 \cdot D_2 \cdot \cos 0 + 0,9 \cdot D_3 \cdot \cos \frac{3\pi}{2};$$

$$Y_{II} = 0,2 \cdot D_1 \cdot \sin \frac{5\pi}{6} + 0,5 \cdot D_2 \cdot \sin 0 + 0,9 \cdot D_3 \cdot \sin \frac{3\pi}{2}.$$

Подставляя заданные значения локальных дисбалансов, находим



$$X_{II} = 0,2 \cdot 100 \cdot \left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\right) + 0,5 \cdot 500 \cdot 1 + 0,9 \cdot 400 \cdot 0 = 232,7 \text{ гмм};$$

$$Y_{II} = 0,2 \cdot 100 \cdot \frac{1}{2} + 0,5 \cdot 500 \cdot 0 + 0,9 \cdot 400 \cdot (-1) = -350 \text{ гмм};$$

$$D_{II} = \sqrt{X_{II}^2 + Y_{II}^2} = \sqrt{232,7^2 + 350^2} = 420,3 \text{ гмм};$$

$$\varphi_{II} = \text{sign}(Y_{II}) \arccos \frac{X_{II}}{D_{II}} = -\arccos \frac{232,7}{420,3} = -56^\circ,38 = 303^\circ,62.$$

Таким образом, для рассматриваемого ротора модель неуравновешенности второго типа имеет вид

$$\{\bar{N}_2\} = \{D_I \varphi_I D_{II} \varphi_{II}\} = \{180,8 \quad 0 \quad 420,3 \quad 303^\circ,62\}. \quad (5)$$

4. Проверка 1: Главный вектор  $\bar{D}_{\text{ст}}$  дисбалансов ротора должен отвечать условию

$$\bar{D}_{\text{ст}} = \bar{D}_I + \bar{D}_{II} = \bar{D}_p. \quad (6)$$

Проектируя первое из равенств на координатные оси  $x$  и  $y$ , имеем

$$X_{\text{ст}} = D_I \cos \varphi_I + D_{II} \cos \varphi_{II} = 180,8 \cos 0 + 420,3 \cdot 303^\circ,62 = 413,5 \text{ гмм};$$

$$Y_{\text{ст}} = D_I \sin \varphi_I + D_{II} \sin \varphi_{II} = 420,3 \cdot \sin 303^\circ,62 = -350 \text{ гмм};$$

$$D_{\text{ст}} = \sqrt{X_{\text{ст}}^2 + Y_{\text{ст}}^2} = \sqrt{413,5^2 + 350^2} = 541,74 \text{ гмм};$$

$$\varphi_{\text{ст}} = \text{sign}(Y_{\text{ст}}) \arccos \frac{X_{\text{ст}}}{D_{\text{ст}}} = -\arccos \frac{413,5}{541,74} = -40^\circ,25 = 319^\circ,75.$$

Сравнение показывает, что  $\bar{D}_{\text{ст}} = 541,74 \cdot e^{i \cdot 319,75} = \bar{D}_p = D_p e^{i \cdot \varphi_{D_p}}$ , определённое выше. Таким образом, условие (6) удовлетворяется.

5. Проверка 2: Параметры модели (5) заданной схемы ротора могут быть выражены через параметры его модели (3) посредством выражений

$$\bar{D}_I = \bar{D}_p \frac{l - l_1}{l} - \bar{D}_M; \quad \bar{D}_{II} = \bar{D}_p \frac{l_1}{l} + \bar{D}_M,$$

$$\text{где } \bar{D}_M = \frac{\bar{M}_{DP}}{l} e^{i \cdot \frac{\pi}{2}} = \frac{M_{DP}}{l} e^{i \cdot (\varphi_{MD} + \frac{\pi}{2})} \quad - \text{ дисбаланс пары с моментом } \bar{M}_{DP}.$$

Раскрывая  $\bar{D}_p = D_p \cdot e^{i \cdot \varphi_{D_p}}$  и произведя подстановку, нашли

$$\begin{aligned} \bar{D}_I &= D_p \frac{l - l_1}{l} e^{i \cdot \varphi_{D_p}} - \frac{M_{DP}}{l} e^{i \cdot (\varphi_{MD} + \frac{\pi}{2})}; \\ \bar{D}_{II} &= D_p \frac{l_1}{l} e^{i \cdot \varphi_{D_p}} + \frac{M_{DP}}{l} e^{i \cdot (\varphi_{MD} + \frac{\pi}{2})}. \end{aligned} \quad (7)$$

Проектируя первое из уравнений (7) на координатные оси, получаем

$$X_I = D_p \frac{l - l_1}{l} \cos \varphi_{D_p} - \frac{M_{DP}}{l} \cos(\varphi_{MD} + \frac{\pi}{2});$$

$$Y_I = D_p \frac{l - l_1}{l} \sin \varphi_{D_p} - \frac{M_{DP}}{l} \sin(\varphi_{MD} + \frac{\pi}{2});$$

$$D_I = \sqrt{X_I^2 + Y_I^2}; \quad \varphi_I = \text{sign}(Y_I) \arccos \frac{X_I}{D_I}.$$

Производя подстановку числовых данных, получаем

$$X_I = 541,74 \cdot 0,8 \cdot \cos 319^\circ,75 - \frac{254118,08}{800} \cdot \cos(208^\circ,18 + 90^\circ) = \\ = 180,8 \text{ гмм};$$

$$Y_I = 541,74 \cdot 0,8 \cdot \sin 319^\circ,75 - \frac{254118,08}{800} \cdot \sin(208^\circ,18 + 90^\circ) \approx 0;$$

$$D_I = \sqrt{180,8^2 + 0} = 180,8 \text{ гмм};$$

$$\varphi_I = \arccos \frac{180,8}{180,8} = 0.$$

Проектируя второе из уравнений (7) на координатные оси, получаем

$$X_{II} = D_p \frac{l_1}{l} \cos \varphi_{D_p} + \frac{M_{DP}}{l} \cos(\varphi_{MD} + \frac{\pi}{2});$$

$$Y_{II} = D_p \frac{l_1}{l} \sin \varphi_{D_p} + \frac{M_{DP}}{l} \sin(\varphi_{MD} + \frac{\pi}{2});$$

$$D_{II} = \sqrt{X_{II}^2 + Y_{II}^2}; \quad \varphi_{II} = \text{sign}(Y_{II}) \arccos \frac{X_{II}}{D_{II}}.$$

Производя подстановку числовых данных, получаем

$$X_{II} = 541,74 \cdot 0,2 \cdot \cos 319^\circ,75 + \frac{254118,08}{800} \cdot \cos(208^\circ,18 + 90^\circ) = \\ = 237,7 \text{ гмм};$$

$$Y_{II} = 541,74 \cdot 0,2 \cdot \sin 319^\circ,75 + \frac{254118,08}{800} \cdot \sin(208^\circ,18 + 90^\circ) = \\ = -350 \text{ гмм};$$

$$D_{II} = \sqrt{232,7^2 + 350^2} = 420,3 \text{ гмм};$$

$$\varphi_{II} = -\arccos \frac{232,7}{420,3} = -56^\circ,38 = 303^\circ,62.$$

Параметры модели  $\{\bar{N}_2\}$ , выраженные через параметры модели  $\{\bar{N}_1\}$ , совпадают с ранее полученным результатом (5). Это подтверждает как эквивалентность этих моделей, так и их адекватность.

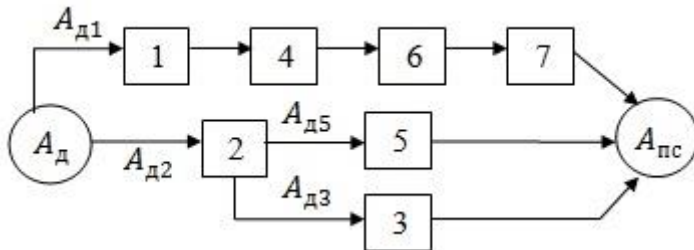
#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. - М.: Наука, 1988. - 640 с.
2. Полушкин О.О. Балансировка нежестких роторов: монография. Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2011. - 169 с.
3. Полушкин О.А., Фокин В.А. Теоретические основы балансировки роторов. Типовые методы определения дисбалансов: Методические указания. Вып. 1. - Ростов н/Д: ДГТУ, 1994. - 28 с.
4. ГОСТ Р 19534. Балансировка вращающихся тел. Термины.

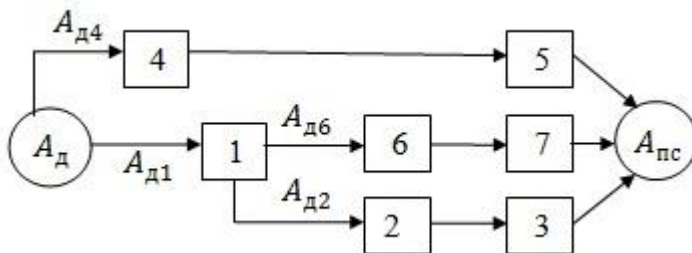
# ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## Исходные данные к задаче №1

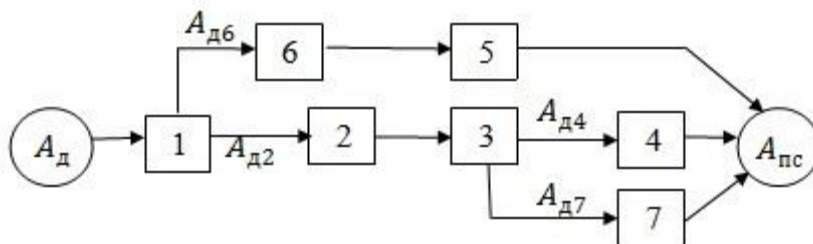
Схемы соединения агрегатов в машине для каждого номера задания



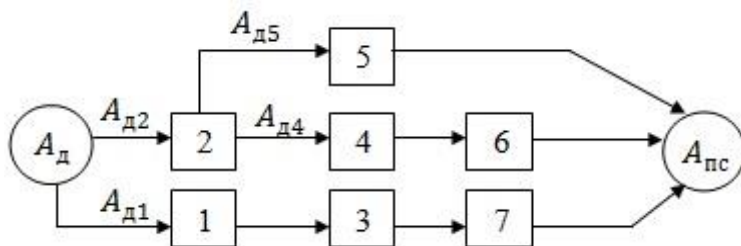
Задание №1



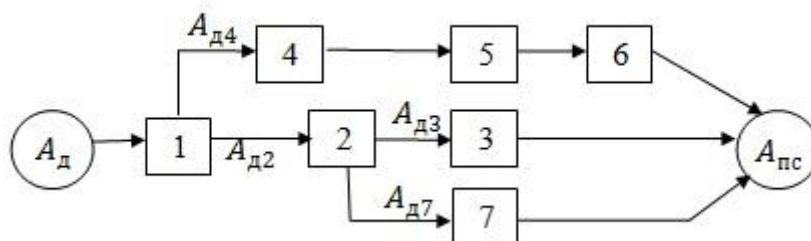
Задание №2



Задание №3



Задание №4



Задание №5

Варианты значений КПД агрегатов

№ студента в списке группы	КПД агрегатов		
	$\eta_1 = \eta_2$	$\eta_3 = \eta_4$	$\eta_5 = \eta_6 = \eta_7$
1...10	0,9	0,8	0,7

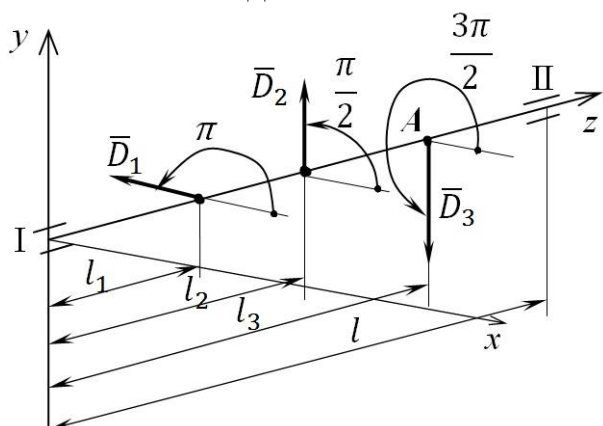
11...20	0,8	0,7	0,9
21...30	0,7	0,9	0,8

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

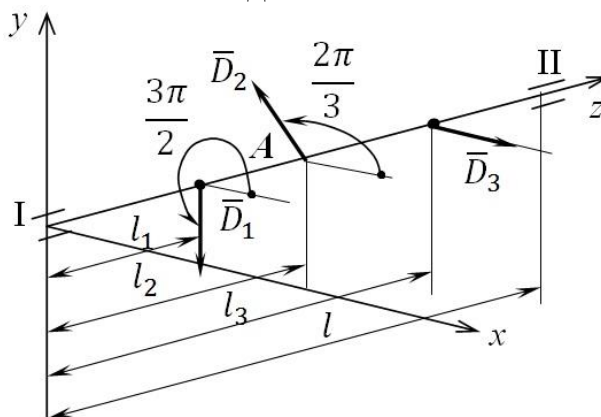
### Исходные данные к задаче №2

Схемы роторов для каждого номера задания

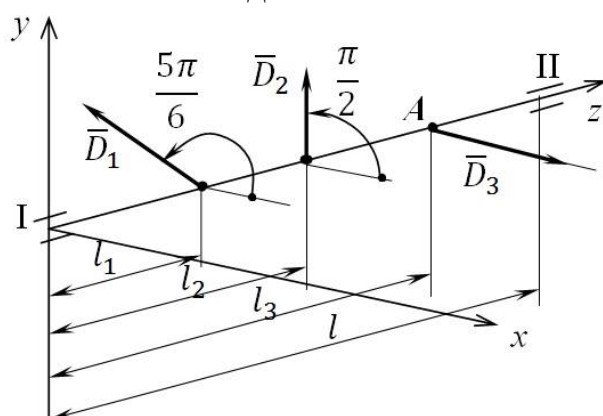
Задание №1



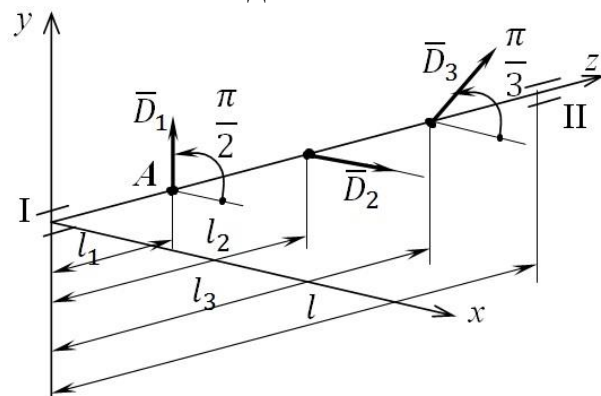
Задание №2



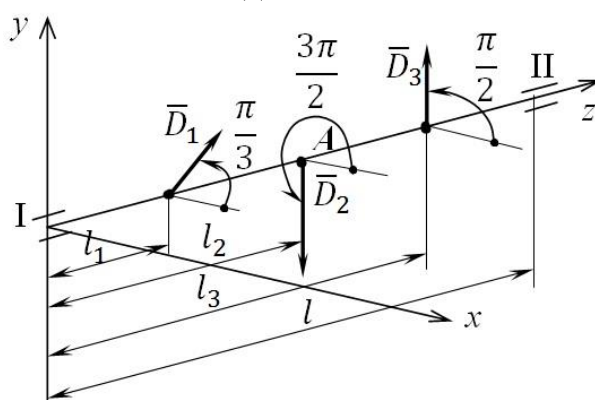
Задание №3



Задание №4



Задание №5



Варианты числовых данных к задаче №2

№ студента в списке группы	Значения локальных дисбалансов, гмм			l, мм
	$D_1$	$D_2$	$D_3$	
1...10	500	100	400	1000

11...20	100	400	500	900
21...30	400	500	100	800