

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ – 2013

ISSN 2227-1104. Механика. Научные исследования
и учебно-методические разработки. Вып. 8. Гомель, 2014

УДК 378.141.2/.5:531

А. О. ШИМАНОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель

ИТОГИ МЕЖДУНАРОДНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ 2013 года

Приведена информация о Международной олимпиаде по теоретической механике 2013 года, состоявшейся 22–25 апреля в Белорусском государственном университете транспорта: список участников, условия и решения задач, результаты олимпиады. Сделан анализ решений задач теоретического и командного конкурсов олимпиады.

Международная олимпиада по теоретической механике состоялась в БелГУТе уже девятый раз. Ознакомиться с особенностями проведения предыдущих таких мероприятий можно из изданных нами предыдущих аналогичных сборников [1, 2]. Организаторы из года в год расширяют представительство участников, приглашая для участия большее количество вузов не только из стран ближнего зарубежья, но и иных государств, о чем свидетельствуют работы, представленные в настоящем сборнике.

В 2013 году задачи олимпиады решали 150 студентов из 33 вузов пяти государств. Также в составе жюри работали представители Ирака. Олимпиада традиционно включала два конкурса: теоретический (лично-командный) и «Брейн-ринг» (командный). Информацию о некоторых особенностях их организации можно найти в статье [3].

На теоретическом конкурсе участникам олимпиады предлагались восемь задач (две по статике, две по кинематике и четыре по динамике), на решение которых отводилось 4 часа. Проверка работ осуществлялась жюри, в состав которого были включены преподаватели вузов – участников олимпиады. Победитель в командном зачете определялся по сумме трех лучших результатов представителей вуза. Студенты, не согласные с оценкой их решений

задач теоретического конкурса, могли доказать правильность решений во время апелляции.

В конкурсе «Брейн-ринг» командам, состоящим из трех студентов, на 60 минут предлагались для решения тридцать мини-задач – по десять соответственно по статике, кинематике и динамике. Особенностью данного конкурса является то, что победитель определяется только на основе правильных ответов (решения не проверяются). Если команды набирали равное количество правильных ответов, то им присуждалось одинаковое место.

Предложенное студентам для решения на теоретическом конкурсе задание включало разработанный автором статьи комплект задач, далее представленный в сборнике. Отметим, что каждая задача оценивалась, исходя из максимального балла 10.

Особенностью задачи С-1–2013 является необходимость выполнения логического анализа с целью определения того, как именно может выйти из состояния равновесия блок. Задача С-2–2013 отличается от типовых задач о равновесии систем тел наличием замкнутого контура, а также шарнира, в котором соединяются не два, как это имеет место в большинстве случаев, а три стержня.

Необычность задачи К-1–2013 связана не только с отсутствием заданных линейных размеров, но и с тем, что в условии приведены не значения некоторых углов, изображенных на расчетной схеме, а величина их разности. Такое условие предполагает выбор пути решения, приводящего к рассмотрению заданной величины. Сложность задачи К-2–2013 состоит в том, что при сложном движении точки C , которая находится на теле, совершающем плоскопараллельное движение, она скользит относительно неподвижного объекта. Это приводит к необходимости определения составляющих переносного ускорения по известному абсолютному.

Задачи по динамике традиционно включали исследование движения материальной точки, системы материальных точек, абсолютно твердого тела и системы с двумя степенями свободы. Задача Д-1–2013 при определении работы переменной силы требовала внимательного анализа ситуации с точки зрения нахождения промежутков времени, в течение которых материальная точка не двигалась относительно поверхности. В задаче Д-2–2013 первый ключевой момент связан с определением траектории центра масс рассматриваемого тела, второй – с нахождением момента инерции тела с отверстием и третий – с определением максимальных значений кинематических параметров. В задаче Д-3–2011 необходимо было предусмотреть возможность двух вариантов решения, при которых максимальная сила могла появиться как в левой, так и в правой нити. Наконец, в задаче Д-4–2013 студентам требовалось продемонстрировать, что они глубоко разобрались с особенностями движения тел по наклонной плоскости при учете сил трения и без него.

Анализируя решения задач олимпиады, можно отметить, что студенты на сей раз больше внимания уделили задачам по статике и динамике, и меньше – по кинематике. Более 80 % участников попытались решить 4 задачи и более, причем около 20 % попыток решения привели к получению высокого балла (от 5 и выше) (рисунок 1). Это говорит о том, что при составлении задач удалось предугадать уровень сложности, при котором студенты могут предложить путь их решения и довести его до логического завершения.

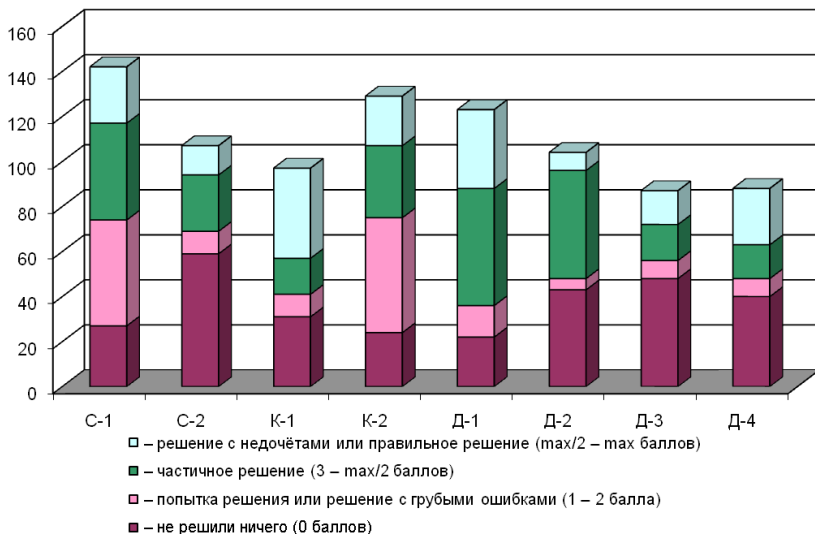


Рисунок 1 – Распределение числа набранных баллов по задачам

Эффективность решения задач была различной. Чаще всего студенты работали над задачами С-2 и Д-1. Однако лишь малому числу участников удалось догадаться о необходимости расчета начального времени движения материальной точки в задаче Д-1. Больше всего правильных решений (13) по задаче С-2 объясняется достаточно часто встречающимся на олимпиадах содержанием. А вот задача К-1 имеет весьма короткое решение, но она не типовая, поэтому, с одной стороны, за нее брались менее чем 2/3 участников, с другой – средний балл по ней достаточно велик.

Задача Д-2 оказалась наиболее сложной для участников. Здесь, видимо, сказались наличие тех трех ключевых моментов, о которых было сказано выше.

На сей раз первое место в личном зачете разделили представители Московского физико-технического института (МФТИ), Южно-Уральского госу-

дарственного университета (ЮУрГУ) и Туркменского государственного университета (ТГУ). Причем названные студенты набрали более 85 % от максимально возможного числа баллов. В командном зачете первое место заняла команда МФТИ (постоянные победители Всероссийских олимпиад по теоретической механике), более чем на 30 баллов опередившая второго призера (ЮУрГУ). Третье место разделили команды Санкт-Петербургского государственного университета и ТГУ. Студенты названных вузов успешнее других выступили и в конкурсе «Брейн-ринг».

В рамках олимпиады состоялся научно-методический семинар преподавателей вузов, на котором преподаватели обменялись опытом организации учебно-методической и научной работы на кафедрах теоретической механики вузов разных государств.

Организаторы надеются, что накопившийся опыт проведения олимпиад по теоретической механике будет положен в основу организации очередных состязаний студентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Механика. Теория, задачи, учебно-методические разработки** : сб. науч. тр.– Гомель : БелГУТ, 2006. – 144 с.

2 **Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки**: международн. сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2007. – Вып. 1. – 107 с.; 2008. – Вып. 2. – 148 с.; 2009. – Вып. 3. – 242 с.; 2010. – Вып. 4. – 226 с.; 2011. – Вып. 5. – 299 с.; 2012. – Вып. 6. – 291 с.; 2013. – Вып. 7. – 283 с.

3 **Shimanovsky, A. O.** The holding of contests in engineering mechanics / A. O. Shimanovsky // International Journal of Mechanical Engineering Education. – Vol. 41, № 2. – 2013. – P. 107–114.

A. O. SHIMANOVSKY

INTERNATIONAL ENGINEERING MECHANICS CONTEST 2013 RESULTS

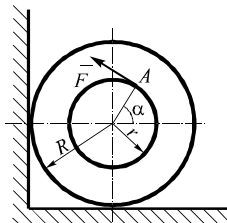
There is the information about International Engineering Mechanics Contest 2013, 22–25 April, Belarusian State University of Transport: list of participants, problem situations and solutions, Contest results. The analyses of Theory and Team Contests problem solutions are given.

Получено 30.03.2014

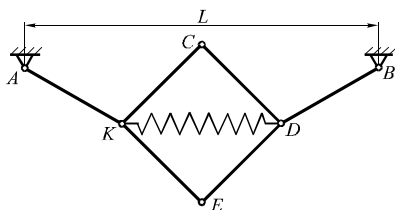
1 УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КОНКУРСА

Задача С1–2013

Ступенчатый блок с весом G и радиусами R и r лежит на гладкой горизонтальной плоскости и соприкасается с шероховатой вертикальной стенкой. Коэффициент трения сцепления блока со стенкой равен f . При каких значениях силы F , приложенной по касательной к окружности в точке A , положение которой определяется углом α , блок будет находиться в равновесии?



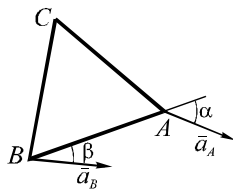
Задача С2–2013



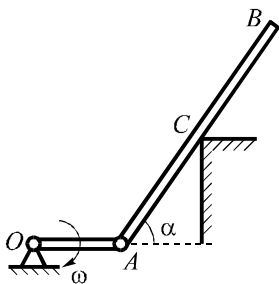
Система связанных шарнирами одинаковых однородных стержней длиной l и массой m , расположена в вертикальной плоскости. В положении равновесия стержни KC , CD , DE и EK образуют квадрат. Определить силу упругости пружины KD , если $L = l(\sqrt{2} + \sqrt{3})$.

Задача К1–2013

Равносторонний треугольник ABC движется в своей плоскости. В некоторый момент времени точки A и B имеют одинаковые по величине ускорения. Их векторы составляют углы α и β с направлением прямой AB (α и β неизвестны). Известно, что $\alpha - \beta = \varphi$. Определить, во сколько раз ускорение точки C больше ускорения точки A .

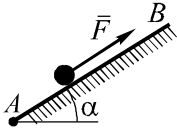


Задача К2–2013



Плоский механизм состоит из кривошипа OA длиной l , вращающегося с постоянной угловой скоростью ω , и шарнирно прикрепленного к нему стержня AB , который промежуточной точкой скользит по выступу C . Для положения, указанного на чертеже ($\alpha = 60^\circ$, $AC = 2l$), определить ускорение той точки стержня AB , которая в данный момент имеет наименьшую скорость.

Задача Д1–2013

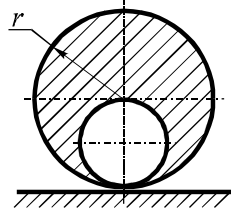


В начальный момент времени материальная точка массы $m = 1$ кг находится в покое на шероховатой плоскости. Коэффициент трения $f = 0,6$. К материальной точке приложили силу, изменяющуюся по закону $F = 0,1 gt$ (в ньютонах).

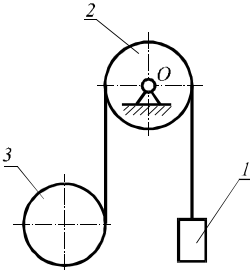
Определить зависимость импульса и работы силы F от времени, если $\alpha = 30^\circ$.

Задача Д2–2013

Из сплошного однородного цилиндра радиуса r вырезали цилиндрическое отверстие с радиусом $r/2$. Получившееся тело поместили в положение неустойчивого равновесия на гладкую горизонтальную плоскость, как показано на рисунке. Телу сообщили бесконечно малую угловую скорость. Определить наибольшие угловую скорость и угловое ускорение тела при его последующем движении.



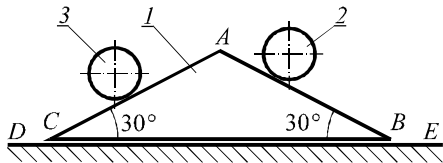
Задача Д3–2013



Груз 1 подвешен к невесомой нити, переброшенной через блок 2, вращающийся вокруг неподвижной горизонтальной оси O . Другой конец нити намотан на диск 3. Массы тел 1 и 2 одинаковы и равны m каждая. Блок 2 и диск 3 – сплошные однородные диски. Система начинает движение из состояния покоя под действием сил тяжести. Определить, при каких значениях массы тела 3 силы натяжения в левой и правой ветвях нити отличаются в 2 раза. Силами трения пренебречь.

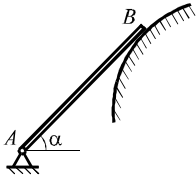
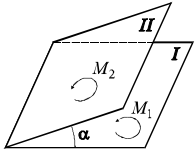
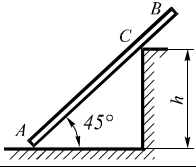
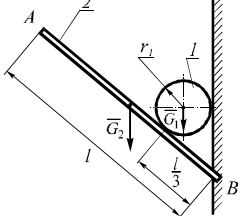
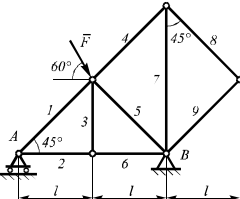
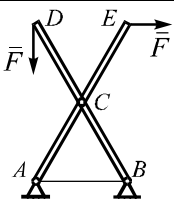
Задача Д4–2013

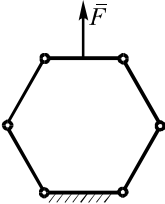
На шероховатую горизонтальную плоскость DE помещена треугольная призма 1 массы m , которая может скользить по этой плоскости. На грань AB призмы, поверхность которой гладкая, устанавливают сплошной однородный цилиндр 2 массы m . На грань AC устанавливают сплошной однородный цилиндр 3 той же массы m , который в дальнейшем катится по плоскости AC без скольжения. Определить, при каких значениях коэффициента трения между призмой 1 и плоскостью DE призма будет оставаться неподвижной при движении цилиндров.



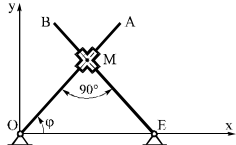
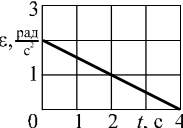
2 УСЛОВИЯ ЗАДАЧ КОНКУРСА «БРЕЙН-РИНГ»

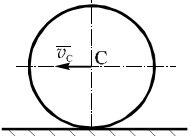
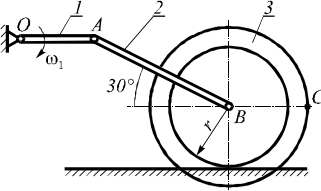
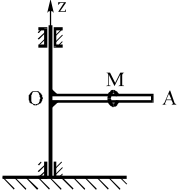
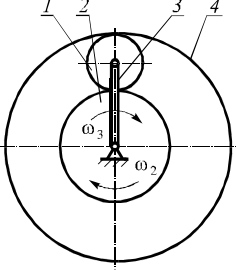
СТАТИКА

<p>1. Поезд массы $m = 700$ т движется под уклон, испытывая силу сопротивления движению $F = 70$ кН. При каком уклоне скорость поезда будет постоянной?</p> 	<p>2. Однородный стержень, сила тяжести которого 1,5 кН, закреплен шарниром A и опирается на гладкую поверхность концом B. Определить реакцию шарнира A, если $\alpha = 60^\circ$.</p>
	<p>3. К твердому телу приложены пары сил с моментами $M_1 = 7$ Нм и $M_2 = 8$ Нм, расположенные в пересекающихся плоскостях I и II. Момент результирующей пары равен 13 Нм. Определите угол α между плоскостями.</p>
	<p>4. Однородный тяжелый стержень AB длины $2h$ расположен в вертикальной плоскости. Концом A он опирается на шероховатый пол, а промежуточной точкой C – на выступ высоты h. В точке A коэффициент трения f равен 0.6. Будет ли стержень находиться в равновесии? Трением в точке C пренебречь.</p>
	<p>5. Дано: G_1, G_2, l, r. Определить момент заделки в точке B.</p>
	<p>6. Дано: F. Определить силу, возникающую в стержне 5 фермы, состоящей из невесомых стержней</p>
	<p>7. X-образная конструкция, закрепленная и расположенная в одной плоскости, нагружена двумя одинаковыми по модулю силами F. Стержни AE и BD соединены шарниром. $AC = CE = BC = CD = AB$. Пренебрегая весами стержней, определить реакцию шарнира A.</p>

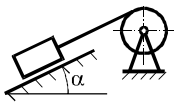
	<p>8. Шесть одинаковых однородных стержней веса P каждый, связанных шарнирно своими концами, образуют правильный шестиугольник, расположенный в вертикальной плоскости. Нижний стержень закреплен в горизонтальном положении. Какую направленную вертикально вверх силу нужно приложить к середине верхнего горизонтального стержня, чтобы система находилась в равновесии?</p>
	<p>9. Каковы должны быть координаты центра дополнительно вырезанного круга с $r = 4$ см, чтобы центр тяжести полученного сечения находился в точке O?</p>
	<p>10. Изображенная на рисунке фигура состоит из стержней постоянного поперечного сечения. Найти расстояние от точки O до центра тяжести фигуры.</p>

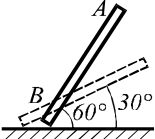
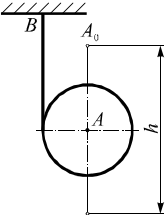
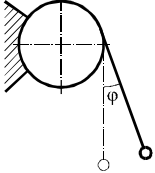
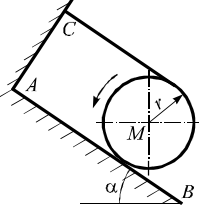
КИНЕМАТИКА

	<p>11. Определить уравнение траектории точки M изображенного на рисунке механизма. $OE = 20$ см.</p>
<p>12. Самолет летит со скоростью 720 км/ч. С некоторого момента самолет в течение 10 с движется с постоянным касательным ускорением и в последнюю секунду проходит путь $s = 295$ м. Определить конечную скорость самолета.</p>	
<p>13. Точка движется по криволинейной траектории с касательным ускорением 2 м/с^2 из состояния покоя. Определить угол между векторами скорости и полного ускорения точки в момент времени $t = 2$ с, когда радиус кривизны траектории $\rho = 4$ м.</p>	
<p>14. Линейная скорость точки, удаленной от оси вращения твердого тела на расстояние 4 см, изменяется по закону: $v = 16t^2$ см/с. Определить ее касательное ускорение в момент времени, соответствующий углу поворота тела 8 радиан.</p>	
<p>15. Угловая скорость вращения тела изменяется по закону $\omega = 2t$ рад/с. Определить линейное ускорение точки A тела, находящейся на расстоянии $r = 0,1$ м от оси вращения в момент времени $t = 3$ с.</p>	
	<p>16. Угловое ускорение тела изменяется по закону, представленному на графике. Определить скорость точки A тела, находящейся на расстоянии $r = 0,3$ м от оси вращения, в момент времени $t_1 = 3$ с, $\omega_0 = 10$ рад/с.</p>

	<p>17. Колесо радиуса $R = 10$ см начинает катиться без проскальзывания, так что $v_{C0} = 0,5$ м/с. Совершив 50 оборотов, колесо остановилось. Найти путь пройденный точкой C, считая вращения колеса равнопеременным.</p>
	<p>18. Дано: $\omega_1 = 2 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$; $OA = 12$ см; $AB = 20$ см; $BC = 6$ см; $r = 4$ см. Определить: v_C.</p>
	<p>19. Стержень OA вращается вокруг оси z по закону $\varphi = \varphi_0 e^{\alpha t}$ (φ_0 и α – постоянные). Вдоль стержня движется колечко M. Определить закон $s(t)$ относительного движения колечка, если его ускорение Кориолиса постоянно по величине и равно a_k. $s_0 = 0$.</p>
	<p>20. Дано: ω_2; ω_3; $r_1 = r$; $r_1 = 2r$. Определить: ω_4</p>

ДИНАМИКА

<p>21. Материальная точка массы t подвешена к пружине, деформация которой при статическом действии силы тяжести составляет 50 мм. Определить частоту собственных колебаний материальной точки.</p>	
	<p>22. Груз поднимается по гладкой плоскости, наклоненной к горизонту под углом α. Барабан радиуса r вращается с постоянным угловым ускорением ϵ. Определить реакцию поверхности, если известно, что сила натяжения троса равна T.</p>
<p>23. Планер массы t движется горизонтально с начальной скоростью v_0. Принимая, что сила сопротивления воздуха в свободном полете планера $F = kv$, где k – постоянный коэффициент, определить закон изменения скорости планера.</p>	

	<p>24. По какому закону должна изменяться масса материальной точки, чтобы она двигалась горизонтально с постоянным ускорением a, если относительная скорость истечения массы $u = \text{const}$, а начальная масса равнялась m_0?</p>
	<p>25. К находящемуся в покое на горизонтальном пути вагону массы m_1 (без колес) приложили постоянную силу F, направленную параллельно рельсам. Колеса катятся без скольжения. Считать их однородными дисками с суммарной массой m_2. Определить ускорение кузова вагона. Силами сопротивления пренебречь.</p>
	<p>26. Однородный стержень, длина которого l, под действием силы тяжести падает на гладкую горизонтальную плоскость из состояния покоя. В начальный момент угол $\varphi_0 = 60^\circ$. Определить перемещение конца B стержня к моменту, когда $\varphi = 30^\circ$.</p>
	<p>27. Однородный цилиндр массы m обмотан тонкой нитью, конец B которой закреплен неподвижно. Цилиндр падает без начальной скорости, разматывая нить. Определить скорость оси цилиндра после того, как она опустится на высоту h.</p>
	<p>28. Маятник состоит из материальной точки массы m, подвешенной на нити, накрученной на неподвижный цилиндр радиуса r. Длина свисающей в положении равновесия части нити равна l. Составить выражение потенциальной энергии системы в функции угла поворота нити φ.</p>
	<p>29. Гибкая нить обмотана вокруг однородного цилиндра массы m и радиуса r. Цилиндр начинает двигаться без начальной скорости под действием силы тяжести, преодолевая трение о наклонную плоскость, причем коэффициент трения равен f. Определить натяжение T нити. Угол α считать известным.</p>
<p>30. Отвесно падающий шарик ударяется о гладкую плоскость, составляющую угол α с горизонтом. Непосредственно после удара вектор скорости шарика оказывается горизонтальным. Определить коэффициент восстановления при ударе.</p>	

3 РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КОНКУРСА

Задача С-1-2013

Составим уравнения равновесия блока:

$$\sum F_{ix} = 0; \quad N_A - F \cdot \sin \alpha = 0;$$

$$\sum M_{iO} = 0; \quad F \cdot r - F_{\text{тр}A} \cdot R = 0.$$

Отсюда

$$N_A = F \sin \alpha; \quad F_{\text{тр}A} = \frac{F \cdot r}{R}.$$

При равновесии $F_{\text{тр}} \leq fN$, то есть

$$\frac{F \cdot r}{R} \leq fF \sin \alpha \quad \text{или} \quad f \geq \frac{r}{R \sin \alpha}.$$

Таким образом, если $f < \frac{r}{R \sin \alpha}$, то любая бесконечно малая сила F выведет диск из равновесия.

При $f \geq \frac{r}{R \sin \alpha}$ диск не будет вращаться, но он может оторваться от горизонтальной плоскости. Для нахождения условия нарушения контакта составим уравнение моментов относительно точки A :

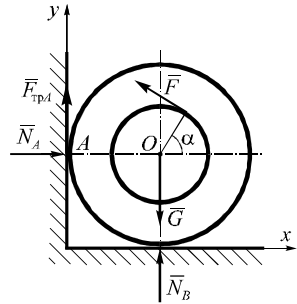
$$\sum M_{iA} = 0; \quad N_B \cdot R - G \cdot R + F(R \cos \alpha + r) = 0.$$

При равновесии $N_B \geq 0$. Отсюда

$$F \leq \frac{GR}{R \cos \alpha + r}.$$

Следовательно, ответ на поставленный в условии вопрос имеет вид:

при $f < \frac{r}{R \sin \alpha}$ равновесие невозможно; при $f \geq \frac{r}{R \sin \alpha}$: $F \leq \frac{GR}{R \cos \alpha + r}$.



Задача С-2-2013

Рассмотрим равновесие стержней CD и DE .



Из симметрии всей рассматриваемой конструкции следует, что вертикальные составляющие реакций шарниров C и E : $R_{Cy} = 0$; $R_{Ey} = 0$.

Тогда, составляя уравнение моментов для стержня CD , получаем:

$$\sum M_{iD} = 0; \quad G \frac{l}{2} \frac{\sqrt{2}}{2} - R_{Cx} l \frac{\sqrt{2}}{2} = 0;$$

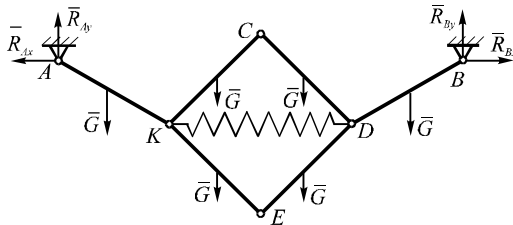
$$R_{Cx} = \frac{G}{2}.$$

Аналогично, рассматривая равновесие стержня DE , находим:

$$\sum M_{iD} = 0; \quad G \frac{l}{2} \frac{\sqrt{2}}{2} - R_{Ex} l \frac{\sqrt{2}}{2} = 0;$$

$$R_{Ex} = \frac{G}{2}.$$

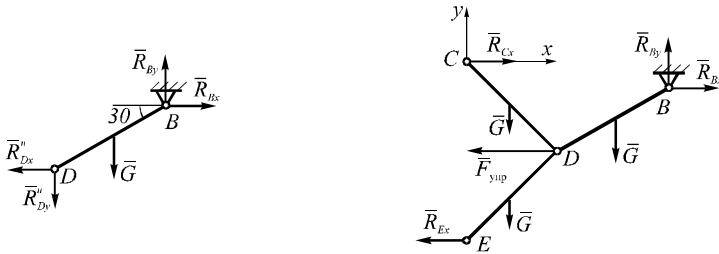
Из симметрии конструкции в целом имеем: $R_{By} = R_{Ay} = 3G$.



Теперь рассмотрим равновесие стержня BD :

$$\sum M_{iD} = 0; \quad -G \frac{l}{2} \frac{\sqrt{3}}{2} + R_{By} l \frac{\sqrt{3}}{2} - R_{Bx} l \frac{1}{2} = 0;$$

$$R_{Bx} = -G \frac{\sqrt{3}}{2} + R_{By} \sqrt{3} = -G \frac{\sqrt{3}}{2} + 3G \sqrt{3} = \frac{5\sqrt{3}}{2} G.$$



Наконец, рассматривая равновесие правой половины конструкции, получаем искомое выражение силы упругости:

$$\sum F_{ix} = 0; \quad R_{Cx} - R_{Ex} - F_{упр} + R_{Bx} = 0;$$

$$F_{упр} = R_{Bx} + R_{Cx} - R_{Ex} = \frac{5\sqrt{3}}{2} mg.$$

Задача К-1-2013

Поскольку ускорения точек A и B одинаковы, то мгновенный центр ускорений (точка Q) лежит на биссектрисе равнобедренного треугольника ABQ , как это показано на рисунке, а угол при вершине Q равен разности углов α и β .

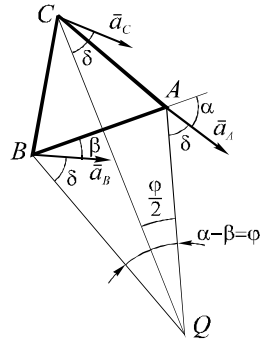
Теперь, используя найденное положение МЦУ, получаем:

$$\frac{a_A}{AQ} = \frac{a_C}{CQ} \Rightarrow \frac{a_C}{a_A} = \frac{CQ}{AQ}.$$

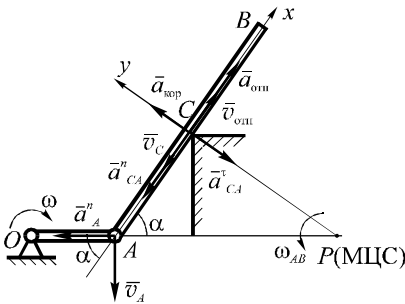
$$\text{Поскольку } CQ = AB \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{AB}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}; \quad AQ = \frac{AB}{2 \sin \frac{\varphi}{2}},$$

то окончательно имеем:

$$\frac{a_C}{a_A} = \frac{CQ}{AQ} = \frac{AB \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{AB}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}}{\frac{AB}{2 \sin \frac{\varphi}{2}}} = (\sqrt{3} + \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}) \sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{3} \sin \frac{\varphi}{2} + \cos \frac{\varphi}{2}.$$



Задача К-2-2013



Вектор скорости точки A перпендикулярен кривошипу OA . В свою очередь, вектор скорости точки C стержня направляется вдоль стержня AB . Поэтому мгновенный центр скоростей P стержня находится на пересечении перпендикуляров к векторам \vec{v}_A и \vec{v}_C , как это показано на рисунке. Точка C находится ближе всего к МЦС, поэтому именно она имеет наименьшую скорость из точек стержня AB .

Определим угловую скорость звена AB и линейную скорость точки C .

$$v_A = \omega \cdot OA = \omega l;$$

$$\omega_{AB} = \frac{v_A}{AP} = \frac{\omega l}{AC / \cos \alpha} = \frac{\omega l \cos 60}{2l} = \frac{\omega}{4};$$

$$v_C = \omega_{AB} \cdot PC = \frac{\omega}{4} \cdot 2l \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{\omega \sqrt{3}}{2} l.$$

С целью определения ускорения точки C стержня мысленно набросим колечко на стержень и выступ. Представим движение колечка как сложное, приняв в качестве переносного движение точки C вместе со стержнем, а в качестве относительного – ее перемещение вдоль стержня. Поскольку колечко связано с неподвижным выступом, то относительно Земли оно не перемещается и поэтому имеет абсолютные скорость и ускорение, равные нулю.

Тогда получаем:

$$\begin{aligned} \bar{v}_{\text{пер}} = \bar{v}_C; \quad \omega_{\text{пер}} = \omega_{AB}; \quad \bar{v}_{\text{абс}} = \bar{v}_{\text{пер}} + \bar{v}_{\text{отн}} = 0; \quad \bar{v}_{\text{отн}} = -\bar{v}_{\text{пер}}. \\ \bar{a}_{\text{абс}} = \bar{a}_{\text{пер}} + \bar{a}_{\text{отн}} + \bar{a}_{\text{кор}} = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

С другой стороны:

$$\begin{aligned} \bar{a}_C = \bar{a}_{\text{пер}} = \bar{a}_A + \bar{a}_{CA}^{\tau} + \bar{a}_{CA}^n; \\ a_A = a_A^n = \omega^2 l; \quad a_{CA}^n = \omega_{AB}^2 \cdot AC = \frac{\omega^2}{16} \cdot 2l = \frac{\omega^2 l}{8}. \end{aligned} \quad (2)$$

Соответственно, проецируя векторное равенство (1) на ось Cy , получаем

$$a_A^n \sin \alpha - a_{CA}^{\tau} + a_{\text{кор}} = 0,$$

где
$$a_{\text{кор}} = 2\omega_{AB} \cdot v_{\text{отн}} = 2 \frac{\omega}{4} \cdot \frac{\omega \sqrt{3}}{2} l.$$

Следовательно,

$$a_{CA}^{\tau} = a_A^n \sin \alpha + a_{\text{кор}} = \omega^2 l \sin \alpha + \frac{\omega^2 l \sqrt{3}}{4} = \omega^2 l \frac{\sqrt{3}}{2} + \omega^2 l \frac{\sqrt{3}}{4} = \frac{3\omega^2 l \sqrt{3}}{4}.$$

Таким образом, проецируя на оси координат соотношение (2), найдем:

$$\begin{aligned} a_{Cx} = -a_A^n \cos \alpha - a_{CA}^n &= -\omega^2 l \cdot \frac{1}{2} - \frac{\omega^2 l}{8} = -\frac{5}{8} \omega^2 l; \\ a_{Cy} = -a_A^n \sin \alpha - a_{CA}^{\tau} &= \omega^2 l \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{3\omega^2 l \sqrt{3}}{4} = -\frac{\omega^2 l \sqrt{3}}{4}; \\ a_C = \sqrt{a_{Cx}^2 + a_{Cy}^2} &= \sqrt{\frac{25}{64} + \frac{3}{16}} \omega^2 l = \frac{\sqrt{37}}{8} \omega^2 l. \end{aligned}$$

Задача Д-1-2013

Импульс силы \bar{F} за время t можно сразу найти по известной из теоретического материала формуле:

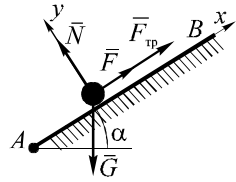
$$S = \int_0^t F dt = \int_0^t 0,1 g t dt = 0,05 g t^2.$$

Пока точка неподвижна, работа не совершается. Поэтому, чтобы рассчитать работу силы, сначала нужно определить, когда начнется движение.

При $t = 0$ имеем $F = 0$, поэтому сила трения направлена вверх, и возможно движение точки вниз. Из уравнений равновесия находим:

$$\sum F_{ix} = 0; F_{\text{тр}} - G \sin \alpha = 0; \Rightarrow F_{\text{тр}} = G \sin \alpha;$$

$$\sum F_{iy} = 0; N - G \cos \alpha = 0; \Rightarrow N = G \cos \alpha.$$



С другой стороны, при равновесии $F_{\text{тр}} \leq fN$. Поэтому $G \sin \alpha \leq fG \cos \alpha$; $f \geq \text{tg } \alpha$. С учетом заданного значения угла α получаем $\text{tg } 30^\circ < 0,6$. Следовательно, при $t = 0$ условие равновесия выполняется.

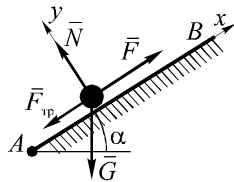
При увеличении значения переменной t сила $F = 0,1gt$ также увеличивается. В некоторый момент сила трения меняет направление на противоположное, а движение начинается позднее при выполнении условия

$$F - G \sin \alpha - F_{\text{трmax}} \geq 0.$$

Поскольку $F_{\text{трmax}} = fN = fG \cos \alpha$, то для момента начала движения получаем:

$$F - mg \sin \alpha - fmg \cos \alpha = 0;$$

$$0,1gt_1 - g \frac{1}{2} - 0,6g \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.$$



Отсюда время начала движения:

$$t_1 = \frac{0,5 + 0,3\sqrt{3}}{0,1} = 5 + 3\sqrt{3} \text{ с.}$$

Теперь работу силы \bar{F} можно определить по формуле

$$A_F = \int_{(l)} F ds = \int_{t_1}^t F v dt. \quad (3)$$

Найдем зависимость скорости точки от времени, используя основной закон динамики:

$$ma_\tau = 0,1gt - mg \sin \alpha - fmg \cos \alpha = 0,1g(t - t_1);$$

$$\frac{dv}{dt} = 0,1g(t - t_1);$$

$$\int_0^v dv = 0,1g \int_{t_1}^t (t - t_1) dt;$$

$$v = 0,05g(t - t_1)^2.$$

Подстановка в формулу (3) дает:

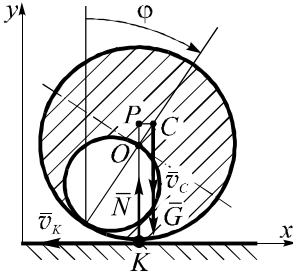
$$A_F = \int_{t_1}^t 0,1gt \cdot 0,05g(t-t_1)^2 dt = 0,005g^2 \int_{t_1}^t [(t-t_1)^3 + t_1(t-t_1)^2] dt =$$

$$= 0,005g \left(\frac{(t-t_1)^4}{4} + t_1 \frac{(t-t_1)^3}{3} \right).$$

Таким образом, зависимости импульса и работы заданной силы от времени имеют вид:

$$S(t) = 0,05gt^2; \quad A(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t \leq t_1 = 5 + 3\sqrt{3}; \\ 0,005g \left(\frac{(t-t_1)^4}{4} + t_1 \frac{(t-t_1)^3}{3} \right) & \text{при } t > t_1 = 5 + 3\sqrt{3}. \end{cases}$$

Задача Д-2-2013



Поскольку тело касается гладкой поверхности, то на него действуют только вертикальные силы \vec{G} и \vec{N} . Тогда в соответствии с теоремой о движении центра масс:

$$ma_{Cx} = \sum F_{ix} = 0.$$

Следовательно, скорость центра масс \vec{v}_C при любом значении угла φ будет направлена по вертикали. Учитывая горизонтальное направление скорости точки K поверхности, определяем положение мгновенного центра скоростей (точки P).

Запишем теорему об изменении кинетической энергии

$$T - T_0 = \sum A_i. \quad (4)$$

где

$$T_0 = 0, \quad T = \frac{mv_C^2}{2} + \frac{I_C \omega^2}{2}.$$

Поскольку расстояние, определяющее положение центра масс тела,

$$OC = \frac{\pi \left(\frac{r}{2} \right)^2 \cdot \frac{r}{2}}{\pi r^2 - \pi \frac{r^2}{4}} = \frac{\frac{r^3}{8}}{\frac{3}{4}r^2} = \frac{4r}{3 \cdot 8} = \frac{r}{6},$$

то, скорость центра масс тела в положении, определяемом углом φ ,

$$v_C = \omega \cdot PC = \omega \cdot OC \sin \varphi = \omega \frac{r}{6} \sin \varphi.$$

Момент инерции тела можно определить как разность моментов инерции большого и малого (вырезанного) цилиндров, учитывая, что их центры тяжести смещены относительно центра тяжести всего тела:

$$I_C = \frac{m_6 r^2}{2} + m_6 \cdot OC^2 - m_M \frac{(r/2)^2}{2} - m_M \left(\frac{r}{2} + OC \right)^2.$$

Массы большого и малого цилиндров связаны с массой тела соотношениями $m_6 = \frac{4}{3}m$, $m_M = \frac{m}{3}$. Поэтому, подставляя найденные значения величин, имеем:

$$\begin{aligned} I_C &= \frac{4}{3} \frac{mr^2}{2} + \frac{4}{3} m \cdot \left(\frac{r}{6} \right)^2 - \frac{m}{3} \frac{r^2}{8} - \frac{m}{3} \cdot \left(\frac{2r}{3} \right)^2 = \\ &= \frac{2}{3} mr^2 + \frac{1}{36} mr^2 - \frac{1}{24} mr^2 - \frac{4}{27} mr^2 = \frac{37}{72} mr^2. \end{aligned}$$

Тогда кинетическая энергия в положении, определяемом углом φ ,

$$T = \frac{m\dot{v}_C^2}{2} + \frac{37}{72} \frac{mr^2}{2} \omega^2 = \frac{m\omega^2 r^2 \sin^2 \varphi}{72} + \frac{37mr^2 \omega^2}{144} = \frac{2 \sin^2 \varphi + 37}{144} mr^2 \omega^2.$$

Работа силы тяжести при перемещении из начального положения в текущее:

$$\sum A_i = A_G = mg(OC - OC \cos \varphi) = mg \frac{r}{6} (1 - \cos \varphi).$$

Подставляя в выражение (4), получаем:

$$\frac{2 \sin^2 \varphi + 37}{144} mr^2 \omega^2 = mg \frac{r}{6} (1 - \cos \varphi).$$

Отсюда находим
$$\omega^2 = \frac{24(1 - \cos \varphi)g}{(2 \sin^2 \varphi + 37)r}.$$

Для нахождения углового ускорения цилиндра продифференцируем полученное выражение по времени

$$2\omega \cdot \frac{d\omega}{dt} = \frac{24g(\sin \varphi (2 \sin^2 \varphi + 37) - (1 - \cos \varphi) \cdot 2 \sin \varphi \cos \varphi)\omega}{r(2 \sin^2 \varphi + 37)^2}.$$

Отсюда находим:

$$\varepsilon = \frac{12g \sin \varphi (2 \sin^2 \varphi + 37 - 2 \cos \varphi + 2 \cos^2 \varphi)}{r(2 \sin^2 \varphi + 37)^2} = \frac{12g \sin \varphi (39 - 2 \cos \varphi)}{r(2 \sin^2 \varphi + 37)^2}. \quad (5)$$

При $\omega = \omega_{\max}$ имеем $\varepsilon = 0$. Углу $\varphi = 0$ соответствует минимальная угловая скорость $\omega_{\min} = 0$. Значение ω_{\max} реализуется при угле $\varphi = \pi$. Поэтому

$$\omega_{\max}^2 = \frac{24(1 - \cos \pi)g}{(2 \sin^2 \pi + 37)r} = \frac{48}{37} \frac{g}{r}; \quad \omega_{\max} = \sqrt{\frac{48}{37}} \frac{g}{r}.$$

Для нахождения максимального углового ускорения продифференцируем его выражение по углу φ и приравняем нулю:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial \varphi} = \frac{12g}{r(2\sin^2\varphi + 37)^4} [(39\cos\varphi - 2\cos 2\varphi)(2\sin^2\varphi + 37)^2 - (39\sin\varphi - \sin 2\varphi) \cdot 2(2\sin^2\varphi + 37) \cdot 4\sin\varphi\cos\varphi] = 0;$$

Отсюда после несложных преобразований приходим к уравнению:

$$(39\cos\varphi - 2\cos 2\varphi)(38 - \cos 2\varphi) - (39\sin\varphi - \sin 2\varphi) \cdot 4\sin 2\varphi = 0.$$

Решая его, находим $\varphi = 1,73$ рад. Подставляя в выражение (5), окончательно получаем, что максимальное угловое ускорение

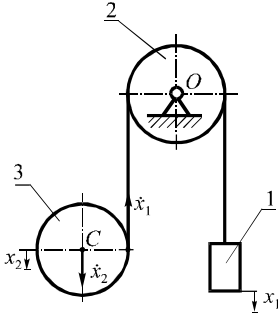
$$\varepsilon_{\max} = 0,308 \frac{g}{r}.$$

Задача Д-3-2013

Рассматриваемая система имеет две степени свободы. Примем в качестве обобщенных координат перемещения центров масс тел 1 и 3, как это показано на рисунке.

В первой части решения определим обобщенные ускорения, используя уравнения Лагранжа II рода:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1} \right) - \frac{\partial T}{\partial x_1} = Q_{x1}; \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2} \right) - \frac{\partial T}{\partial x_2} = Q_{x2}.$$



Кинетическая энергия системы:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{m_1 \dot{x}_1^2}{2} + \frac{I_{2O} \omega_2^2}{2} + \frac{m_3 \dot{x}_2^2}{2} + \frac{I_{3C} \omega_3^2}{2}. \quad (6)$$

Здесь моменты инерций тел 2 и 3:

$$I_{2O} = \frac{m_2 r_2^2}{2} = \frac{mr^2}{2}; \quad I_{3C} = \frac{m_3 r_3^2}{2}.$$

Выражения угловых скоростей тел могут быть записаны в виде:

$$\omega_2 = \frac{\dot{x}_1}{r}, \quad \omega_3 = \frac{\dot{x}_1 + \dot{x}_2}{r_3}.$$

Подстановка приведенных выражений в формулу (6) дает:

$$\begin{aligned} T &= \frac{m \dot{x}_1^2}{2} + \frac{mr^2}{2 \cdot 2} \frac{\dot{x}_1^2}{r^2} + \frac{m_3 \dot{x}_2^2}{2} + \frac{m_3 r_3^2}{2 \cdot 2} \left(\frac{\dot{x}_1 + \dot{x}_2}{r_3} \right)^2 = \\ &= \frac{3}{4} m \dot{x}_1^2 + \frac{m_3 \dot{x}_2^2}{2} + \frac{m_3}{4} \dot{x}_1^2 + \frac{m_3 \dot{x}_1 \dot{x}_2}{2} + \frac{m_3 \dot{x}_2^2}{4}. \end{aligned}$$

Соответственно, частные производные кинетической энергии:

$$\frac{\partial T}{\partial x_1} = \frac{\partial T}{\partial x_2} = 0;$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1} = \frac{3}{2} m \dot{x}_1 + \frac{m_3}{2} \dot{x}_1 + \frac{m_3}{2} \dot{x}_2;$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2} = m_3 \dot{x}_2 + \frac{m_3}{2} \dot{x}_1 + \frac{m_3}{2} \dot{x}_2 = \frac{3}{2} m_3 \dot{x}_2 + \frac{m_3}{2} \dot{x}_1.$$

Обобщенные силы, соответствующие введенным обобщенным координатам:

$$Q_{x_1} = m_1 g = mg; \quad Q_{x_2} = m_3 g.$$

Подстановка в систему уравнений Лагранжа II рода дает:

$$\begin{cases} \frac{3}{2} m \ddot{x}_1 + \frac{m_3}{2} \ddot{x}_1 + \frac{m_3}{2} \ddot{x}_2 = mg; \\ \frac{3}{2} m_3 \ddot{x}_2 + \frac{m_3}{2} \ddot{x}_1 = m_3 g. \end{cases}$$

Решая, полученную систему, находим:

$$\ddot{x}_2 = \frac{2}{3} \left(g - \frac{\ddot{x}_1}{2} \right) = \frac{2}{3} g - \frac{\ddot{x}_1}{3};$$

$$\frac{3}{2} m \ddot{x}_1 + \frac{m_3}{2} \ddot{x}_1 + \frac{m_3}{2} \left(\frac{2}{3} g - \frac{\ddot{x}_1}{3} \right) = mg;$$

$$\frac{3}{2} m \ddot{x}_1 + \frac{m_3}{2} \ddot{x}_1 + \frac{m_3}{3} g - \frac{\ddot{x}_1}{6} = mg;$$

$$\frac{3}{2} m \ddot{x}_1 + \frac{m_3}{2} \ddot{x}_1 = \left(m - \frac{m_3}{3} \right) g;$$

$$\ddot{x}_1 = \frac{(2m - m_3)g}{4,5m + m_3}.$$

Теперь получим выражения сил натяжения нитей.

Из уравнения движения груза 1

$$m_1 \ddot{x}_1 = G_1 - T_1$$

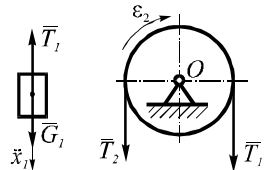
находим

$$T_1 = mg - m \ddot{x}_1.$$

Динамическое уравнение вращательного движения тела 2:

$$I_{2O} \varepsilon_2 = T_1 r_2 - T_2 r_2.$$

Поскольку $\varepsilon_2 = \frac{\ddot{x}_1}{r_2}$, то приходим к уравнению $\frac{mr_2^2}{2} \frac{\ddot{x}_1}{r_2} = T_1 r_2 - T_2 r_2.$



Отсюда
$$T_2 = T_1 - \frac{m\ddot{x}_1}{2} = mg - \frac{3}{2}m\ddot{x}_1.$$

Рассмотрим два варианта: а) $T_2 = 2T_1$ и б) $T_1 = 2T_2$.

Для варианта *a* подстановка выражений сил дает:

$$mg - \frac{3}{2}m\ddot{x}_1 = 2mg - 2m\ddot{x}_1.$$

Отсюда $\frac{m\ddot{x}_1}{2} = mg$; $\ddot{x}_1 = 2g$. Такой вариант невозможен, так как в этом случае обе силы натяжения оказываются отрицательными.

Рассматривая вариант *б*, определяем:

$$mg - m\ddot{x}_1 = 2mg - 3m\ddot{x}_1; \quad 3m\ddot{x}_1 - m\ddot{x}_1 = 2mg - mg;$$

$$\ddot{x}_1 = \frac{g}{2}.$$

Тогда с учетом полученного ранее выражения ускорения тела 1 имеем:

$$\frac{g}{2} = \frac{(3m - m_3)g}{4,5m + m_3}.$$

Решая приведенное уравнение, находим искомую массу третьего тела:

$$6m - 2m_3 = 4,5m + m_3;$$

$$m_3 = \frac{m}{2}.$$

Задача Д-4-2013

Поскольку грань *AB* гладкая, то цилиндр 2 соскальзывает по ней, не вращаясь. Соответственно динамическое уравнение в проекции на ось *x* имеет вид

$$m_2 a_{C_2} = G_2 \sin 30^\circ.$$

Отсюда ускорение центра масс цилиндра 2

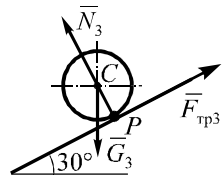
$$a_{C_2} = \frac{g}{2}.$$

Цилиндр 3 катится без скольжения, поэтому мгновенный центр скоростей находится в точке *P* соприкосновения колеса с поверхностью. Движение тела в данном случае описывается в уравнении:

$$I_{P_3} \varepsilon_3 = G_3 r \sin 30^\circ.$$

Учитывая, что

$$I_{P_3} = I_{C_3} + m_3 r_3^2 = \frac{m_3 r_3^2}{2} + m_3 r_3^2 = \frac{3m_3 r_3^2}{2},$$



получаем:

$$\varepsilon_3 = \frac{g}{3r_3}.$$

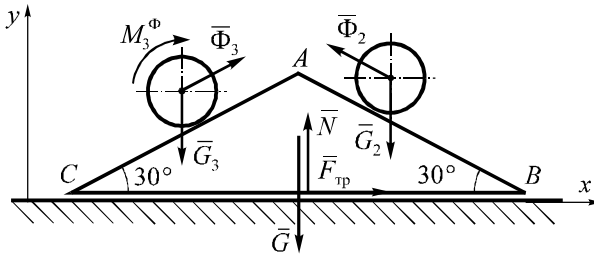
Следовательно, ускорение центра масс цилиндра 3

$$a_{C_3} = \varepsilon_3 r_3 = \frac{g}{3}.$$

Для установления условия неподвижности призмы применим принцип Даламбера для материальной системы. Прикладывая к телам 2 и 3 силы инерции $\vec{\Phi}_2$ и $\vec{\Phi}_3$, а также момент сил инерции M_3^Φ , запишем два уравнения проекций:

$$\sum F_{ix} = 0; \quad \Phi_3 \cos 30^\circ - \Phi_2 \cos 30^\circ + F_{\text{тр}} = 0;$$

$$\sum F_{iy} = 0; \quad \Phi_3 \sin 30^\circ + \Phi_2 \sin 30^\circ - G_3 - G_2 - G_1 + N = 0.$$



Учитывая, что $\Phi_2 = m_2 a_{C_2}$; $\Phi_3 = m_3 a_{C_3}$, находим:

$$F_{\text{тр}} = \Phi_2 \cos 30^\circ - \Phi_3 \cos 30^\circ = \frac{mg}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{mg}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{12} mg;$$

$$N = 3mg - ma_{C_3} \cdot \frac{1}{2} - ma_{C_2} \cdot \frac{1}{2} = 3mg - \frac{mg}{6} - \frac{mg}{4} = \frac{31}{12} mg.$$

При равновесии призмы 1 должно выполняться условие $F_{\text{тр}} \leq fN$. Подставляя полученные выражения сил, определяем искомый диапазон значений коэффициента трения:

$$\frac{\sqrt{3}}{12} mg \leq f \frac{31}{12} mg;$$

$$f \geq \frac{\sqrt{3}}{31}.$$

4 ОТВЕТЫ К ЗАДАЧАМ КОНКУРСА «БРЕЙН-РИНГ»

1. $\alpha = \arcsin(0,01) = 0,57^\circ$. 2. $R_A = 1352 \text{ Н}$ ($R_{Ax} = 327 \text{ Н}$; $R_{Ay} = 1312 \text{ Н}$).
3. 60° . 4. Да. 5. $M_B = G_1 \frac{l^2 + 9r^2}{18r} + G_2 \frac{3rl^2}{l^2 + 9r^2}$. 6. $F \cos 15^\circ = 0,966F$.
7. $R_A = 0,932F$ ($R_{Ax} = 0,577F$; $R_{Ay} = -0,732F$). 8. 3Р. 9. $\left(\frac{45}{8\pi}; -\frac{9}{4\pi}\right)$ или $(1,79; -0,72)$. 10. $\frac{-2,5\pi r^2 + 0,5l^2 + 2\pi lr}{5\pi r + l}$. 11. $(x-10)^2 + y^2 = 10^2$. 12. 300 м/с .
13. $\alpha = \arccos\left(\frac{1}{\sqrt{5}}\right) = \arctg(2) = 63,4^\circ$. 14. $32\sqrt[3]{6} = 58,15 \text{ см/с}^2$. 15. $\sqrt{13} = 3,606 \text{ м/с}^2$.
16. $4,125 \text{ м/с}$. 17. $10\pi \text{ м}$. 18. 25 см/с . 19. $\frac{ak}{2\varphi \cdot \alpha^2}(1 - e^{-\alpha t})$. 20. $1,5\omega_3 - 0,5\omega_2$.
21. 14 с^{-1} . 22. $\frac{Tg \cos \alpha}{\varepsilon r + g \sin \alpha}$. 23. $v = v_0 e^{-\frac{kt}{m}}$. 24. $m = m_0 e^{-\frac{at}{u}}$. 25. $\frac{F}{m_1 + 1,5m_2}$.
26. $0,183l$. 27. $\sqrt{\frac{4gh}{3}}$. 28. $mg[l(1 - \cos \varphi) + r(\sin \varphi - \varphi \cos \varphi)]$. 29. $\frac{G}{3}(f \cos \alpha + \sin \alpha)$.
30. $\text{tg}^2 \alpha$.

5 РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КОНКУРСА (ЛИЧНЫЙ ЗАЧЕТ)

Фамилия, имя, отчество	Вуз	Баллы по задачам								Всего баллов	Место
		С-1	С-2	К-1	К-2	Д-1	Д-2	Д-3	Д-4		
Заливако Илья Владимирович	МФТИ	9,0	10,0	9,5	8,0	9,5	3,0	10,0	10,0	69	1
Костандов Максим Васильевич	ЮУрГУ	10,0	10,0	9,5	10,0	9,0	6,0	6,0	8,0	69	1
Аннаев Мухамметгелди	ТГУ	8,5	10,0	10,0	8,0	10,0	2,0	10,0	10,0	69	1
Ранский Роман Сергеевич	МФТИ	9,0	10,0	9,5	8,5	8,0	3,0	9,0	9,0	66	2
Астраханцев Никита Юрьевич	МФТИ	2,0	7,0	9,0	9,0	10,0	5,0	9,0	10,0	61	3
Александров Иван Александрович	СПбГУ	9,0	10,0	0,0	10,0	8,5	5,0	10,0	8,0	61	3
Богданов Дмитрий Юрьевич	ЮРГТУ	5,0	10,0	8,0	9,0	6,5	0,0	10,0	8,0	57	4
Брызгин Александр Сергеевич	УрФУ	8,0	10,0	9,5	5,0	6,0	5,0	10,0	3,0	57	4
Тухватуллин Рустем Рауфович	УГНТУ	7,0	9,0	10,0	9,0	5,0	2,0	0,5	10,0	53	5
Кравцов Павел Сергеевич	СПбГУ	10,0	10,0	3,0	2,0	6,5	6,0	10,0	3,0	51	6
Федорцов Юрий Владимирович	БРУ	8,0	8,0	10,0	4,5	9,0	2,0	9,0	0,0	51	6
Белошабский Евгений Иванович	ЮУрГУ	10,0	0,0	10,0	4,5	4,5	1,0	9,0	10,0	49	7
Онучин Егор Сергеевич	ЮУрГУ	5,0	10,0	4,0	10,0	8,5	3,0	2,0	6,0	49	7
Рязанов Андрей Владимирович	ЮУрГУ	1,0	9,0	4,0	10,0	5,0	1,0	9,0	9,5	49	7
Рубанов Дмитрий Геннадьевич	ХНУ	10,0	10,0	0,5	3,0	9,0	3,0	5,0	8,0	49	7
Лункин Алексей Владимирович	МФТИ	10,0	5,0	2,0	6,5	9,0	–	4,0	8,0	45	8
Маликов Мейлис Максатмурадович	ТГУ	1,0	5,0	9,5	4,5	6,0	1,0	7,0	10,0	44	9
Иевлев Евгений Альбертович	СПбГУ	0,5	10,0	9,0	6,0	5,0	2,0	2,0	9,0	44	9
Сеидов Пальван Ходжагелдиевич	ТГУ	4,0	2,0	10,0	4,0	8,5	2,0	3,5	9,0	43	10
Млечко Игнат Романович	БГУ	0,5	10,0	9,5	8,5	7,0	1,0	6,0	–	43	10
Свиридов Алексей Сергеевич	УГНТУ	9,0	0,0	8,5	10,0	6,0	1,5	7,0	0,5	43	10
Пузырев Павел Иванович	ЮУрГУ	4,0	8,0	7,5	8,0	3,5	1,0	8,0	2,0	42	11
Хабиров Андрей Фаритович	ЮУрГУ	6,0	1,0	8,0	10,0	10,0	–	6,5	–	42	11
Касимов Рафаэль Равилевич	КНИТУ	5,0	1,5	7,0	7,0	4,0	4,0	6,5	6,0	41	12
Нгуен Дан Тунг	ТулГУ	8,0	2,0	9,0	7,0	5,0	2,0	4,5	3,0	41	12

Продолжение таблицы

Фамилия, имя, отчество	Вуз	Баллы по задачам								Всего баллов	Место
		С-1	С-2	К-1	К-2	Д-1	Д-2	Д-3	Д-4		
Шигапов Рустам Рамилевич	УГНТУ	6,0	0,0	10,0	3,5	4,0	1,0	7,5	8,0	40	13
Астапов Юрий Владимирович	ТулГУ	3,0	3,0	9,0	3,5	6,0	0,0	5,5	7,0	37	14
Высоцкий Владимир Степанович	УрФУ	6,0	3,0	10,0	3,0	6,0	1,0	0,5	6,0	36	15
Катуженец Сергей Леонидович	БелГУТ	5,0	6,0	2,0	1,5	6,0	0,0	4,0	10,0	35	16
Хазипов Динар Надирович	УГНТУ	2,0	3,0	7,5	3,0	4,5	1,0	5,5	8,0	35	16
Дурдыев Рустам Халмухаммедович	ТГУ	1,0	5,0	0,5	7,5	6,5	4,0	2,5	7,0	34	17
Каменюк Олег Викторович	СибГАУ	10,0	1,0	–	9,0	7,0	1,0	3,0	2,0	33	18
Мкртчян Арам Арсенович	МФТИ	–	10,0	–	–	8,0	5,0	9,0	–	32	19
Бартош Мария Алексеевна	БелГУТ	3,0	1,0	10,0	4,5	0,5	0,0	2,0	10,0	31	20
Гончар Марина Анатольевна	БелГУТ	7,0	3,0	10,0	3,5	2,0	0,0	4,0	0,5	30	21
Гиматов Шамиль Рустэмович	КНИТУ	6,0	1,5	3,0	3,0	4,0	1,0	8,5	2,0	29	22
Орлов Артур Валерьевич	МФТИ	3,0	0,0	7,0	9,0	2,0	0,0	7,0	–	28	23
Скоблик Артем Михайлович	БелГУТ	4,0	5,0	7,5	3,0	4,0	1,0	2,5	0,5	28	23
Пургин Андрей Александрович	УрФУ	4,0	2,0	8,0	3,0	5,0	1,0	3,5	1,0	28	23
Галиев Даниил Игоревич	УрФУ	1,0	0,5	7,5	9,0	5,5	0,0	–	4,0	28	23
Ребко Дмитрий Вячеславович	КИИ МЧС	8,0	6,0	5,0	4,5	3,0	–	–	–	27	24
Постный Алексей Витальевич	ХНУ	9,0	0,0	–	1,0	3,0	0,0	6,5	6,0	26	25
Гарлыев Атамырат Бабамырадович	ТГУ	0,5	5,0	0,0	4,0	4,5	0,0	7,0	4,0	25	26
Насыров Ильгиз Рифович	КНИТУ	4,0	2,0	4,0	5,0	2,0	0,0	1,5	5,0	24	27
Кузьмин Алексей Владиславович	СПбГУ	6,0	0,0	9,5	0,5	7,0	0,0	–	0,0	23	28
Нгуен Тхань Зиелл	ТулГУ	1,0	4,0	9,0	3,5	3,0	1,0	–	1,0	23	28
Сулейманов Ренат Маратович	ЮУрГУ	3,0	0,0	9,0	3,0	5,5	1,0	0,0	0,0	22	29
Рубаненко Мария Александровна	ХНУ	7,0	0,5	9,0	1,0	3,0	1,0	0,0	0,0	22	29
Каржаев Александр Сергеевич	СибГАУ	–	–	10,0	3,5	5,0	1,0	–	–	20	30
Пашкевич Павел Васильевич	БрГТУ	3,0	8,0	3,0	2,0	2,0	0,0	1,0	–	19	31

Солтис Василина Васильевна	ЛНУ	3,0	0,0	8,0	3,0	1,5	1,0	2,5	0,0	19	31
Трофимов Максим Сергеевич	УГНТУ	3,0	4,0	3,0	4,0	1,0	0,0	2,0	1,0	18	32
Климовский Дмитрий Андреевич	СиБГАУ	3,0	0,5	1,0	4,0	7,0	1,0	1,5	–	18	32
Дереченик Наталья Геннадьевна	БНТУ	4,0	5,0	1,0	2,0	4,0	0,0	1,0	0,0	17	33
Штаюра Наталия Степановна	ЛНУ	2,0	–	8,0	3,0	1,5	1,0	0,5	1,0	17	33
Щербинина Алина Юрьевна	ЮЗГУ	4,0	0,0	10,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	17	33
Кривошеев Евгений Павлович	ГГТУ	5,0	1,0	–	3,5	1,0	1,0	–	5,0	17	33
Ламоткин Алексей Евгеньевич	УрФУ	0,5	0,0	9,0	3,0	1,0	1,0	–	2,0	17	33
Ярош Владимир Иванович	БНТУ	3,0	0,0	2,0	4,5	5,0	–	2,0	–	17	33
Аминев Линар Ильдарович	УГНТУ	5,0	–	–	4,5	6,5	0,0	–	–	16	34
Постольный Алексей Александрович	ЮЗГУ	3,0	–	10,0	3,0	–	0,0	–	–	16	34
Калько Антон Михайлович	БелГУТ	3,0	1,0	–	3,5	1,0	–	2,5	3,0	14	35
Максимович Дмитрий Сергеевич	КИИ МЧС	4,0	–	–	3,0	5,5	1,0	–	0,0	14	35
Гайнутдинов Александр Васильевич	СиБГАУ	5,0	–	1,5	4,5	2,5	–	–	–	14	35
Демидович Илья Сергеевич	БелГУТ	3,0	7,0	–	2,0	1,0	–	–	–	13	36
Поляков Денис Михайлович	СПбГУ	4,0	0,0	2,5	–	3,5	2,0	0,5	–	13	36
Макаревич Евгений Владимирович	БрГТУ	2,0	–	–	4,5	4,5	1,0	–	–	12	37
Харламов Виталий Николаевич	ГГТУ	4,0	4,0	–	2,0	1,0	1,0	–	–	12	37
Василишин Андрей Владимирович	ЛНУ	3,0	0,0	0,0	3,5	3,5	1,0	0,5	0,5	12	37
Федов Виталий Семенович	ДНУЖТ	2,0	3,0	0,5	2,0	1,0	–	2,5	0,5	12	37
Zagajevski Konrad	SGGW	4,0	2,0	1,0	1,5	–	1,0	1,0	0,5	11	38
Брызгалов Андрей Иванович	БГУ	–	2,0	2,0	2,5	3,5	1,0	–	–	11	38
Жаворонков Илья Сергеевич	КИИ МЧС	3,0	2,0	0,0	2,0	1,0	–	3,0	–	11	38
Азизов Адель Ильдарович	КНИТУ	0,5	0,0	4,0	3,0	–	1,0	2,5	0,0	11	38
Батина Елена Владимировна	УрФУ	3,0	1,0	–	2,5	3,5	–	1,0	–	11	38
Палто Сергей Павлович	БелГУТ	1,0	2,0	4,0	2,0	1,0	–	0,5	–	11	38
Карпович Николай Александрович	ЮРГТУ	4,0	1,5	–	4,0	1,0	–	–	–	11	38
Прокопук Евгений Сергеевич	БрГТУ	2,0	3,0	–	4,5	1,0	–	–	–	11	38

Продолжение таблицы

Фамилия, имя, отчество	Вуз	Баллы по задачам								Всего баллов	Место
		С-1	С-2	К-1	К-2	Д-1	Д-2	Д-3	Д-4		
Максимов Николай Михайлович	ИГЭУ	5,0	0,0	2,0	1,0	1,5	–	0,5	–	10	39
Белько Евгений Павлович	БНТУ	1,0	2,0	–	4,5	1,0	0,0	0,5	1,0	10	39
Лобко Александр Валерьевич	КИИ МЧС	2,0	–	–	4,5	1,0	1,0	0,5	0,5	10	39
Овчинников Александр Сергеевич	ДНУЖТ	4,0	0,0	1,0	4,5	–	0,0	–	–	10	39
Ноговицын Петр Иванович	СВФУ	1,5	–	–	0,5	2,0	2,0	3,5	–	10	39
Бакулин Ярослав Юрьевич	СибГАУ	3,0	0,0	1,5	2,5	1,0	0,0	0,5	1,0	10	39
Шильцев Евгений Сергеевич	ИГЭУ	0,5	–	7,5	–	1,0	–	0,5	–	10	39
Тяпко Александр Геннадьевич	Военмех	4,0	0,0	–	3,0	1,5	1,0	0,0	–	10	39
Вовна Михаил Степанович	БрГТУ	2,0	1,0	–	1,5	1,0	1,0	2,5	0,5	10	39
Медведев Кирилл Андреевич	УрФУ	0,5	0,0	0,0	1,5	7,0	0,0	0,0	–	9	40
Лукашенко Алексей Дмитриевич	ПГУ	2,0	0,5	2,0	3,5	0,5	–	0,5	0,0	9	40
Кротов Павел Васильевич	Военмех	1,0	0,0	–	4,5	3,5	0,0	–	0,0	9	40
Кормилец Андрей Евгеньевич	ХНУ	0,5	0,0	0,0	2,5	1,0	1,0	2,0	2,0	9	40
Мошкова Дарья Сергеевна	ДНУЖТ	4,0	1,0	0,0	0,5	1,0	0,0	1,5	0,5	9	40
Прохоренко Владислав Александрович	ГГУ	2,0	0,5	–	5,0	1,0	–	–	–	9	40
Риванс Владислав Юрьевич	КИИ МЧС	2,0	–	–	1,0	4,5	1,0	–	–	9	40
Москов Василий Иванович	СВФУ	0,5	–	0,0	1,5	3,5	0,0	2,0	1,0	9	40
Микула Дмитрий Константинович	БарГУ	1,0	0,0	0,0	4,0	3,0	–	0,0	–	8	41
Шевцов Михаил Валерьевич	АМИ	6,0	–	–	–	1,5	0,0	–	–	8	41
Мозолевский Олег Анатольевич	БГУ	4,0	0,0	0,5	2,5	0,5	–	0,0	0,0	8	41
Григорчик Дмитрий Вячеславович	БарГУ	3,0	0,0	1,0	2,0	1,0	–	0,5	–	8	41
Устюжанин Даниил Александрович	УрФУ	2,0	0,0	–	2,0	1,0	0,0	2,5	–	8	41
Мителев Владислав Вячеславович	ПГУ	2,0	–	–	3,5	1,0	1,0	–	–	8	41
Савченко Даниил Дмитриевич	Военмех	2,0	–	–	3,0	1,0	0,0	1,0	–	7	42
Терещенко Артем Владимирович	ГГТУ	3,0	1,5	–	2,0	0,5	–	0,0	–	7	42

Слюсаревский Артем Евгеньевич	КГАУ	3,0	1,0	–	0,5	2,0	–	0,0	–	7	42
Marciniak Piotr	SGGW	0,5	0,0	–	–	3,0	3,0	–	–	7	42
Русецкий Эдуард Викторович	БрГТУ	0,5	0,0	–	3,0	1,5	1,0	0,5	0,0	7	42
Якубов Николай Михайлович	ГТТУ	3,0	1,5	0,0	2,0	–	0,0	0,0	–	7	42
Наливко Олег Игоревич	БарГУ	1,0	0,0	1,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	6	43
Гончаров Руслан Георгиевич	ТулГУ	0,5	0,0	0,0	4,0	1,5	0,0	0,0	0,0	6	43
Kucharczyk Olga	SGGW	0,5	0,0	0,5	2,0	0,5	1,0	0,5	0,5	6	43
Ивлев Алексей Дмитриевич	Военмех	1,0	1,0	–	1,5	1,0	1,0	–	–	6	43
Жукова Анастасия Алексеевна	УрФУ	0,0	3,0	0,5	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	6	43
Хахель Сергей Викторович	ПГУ	1,0	–	–	3,5	0,5	–	–	–	5	44
Krok Michal	SGGW	1,0	1,0	0,0	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5	5	44
Михайлов Валентин Сергеевич	ГТТУ	1,0	–	–	0,5	0,5	–	2,5	0,5	5	44
Печенев Александр Викторович	ГТТУ	2,0	0,5	–	1,5	0,5	–	0,0	0,0	5	44
Швед Андрей Викторович	ИГЭУ	1,0	0,0	–	0,5	1,5	–	0,0	1,5	5	44
Коробочкин Антон Александрович	ГТУ	3,0	0,5	–	0,5	0,5	–	–	0,0	5	44
Чижик Алексей Олегович	БРУ	1,0	–	–	–	3,5	0,0	–	–	5	44
Артемьев Иван Иванович	СВФУ	1,0	0,0	2,0	–	1,0	–	–	–	4	45
Duchniak Mateusz	SGGW	0,5	0,0	–	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5	4	45
Боярко Денис Валерьевич	БРУ	0,5	0,0	0,0	1,5	1,5	0,0	0,5	0,0	4	45
Серко Владимир Викторович	КИИ МЧС	2,0	0,0	–	0,5	1,0	–	0,0	–	4	45
Мороз Марина Павловна	КГАУ	3,0	–	–	–	0,5	–	0,0	–	4	45
Жарко Анна Геннадьевна	БРУ	–	0,0	0,0	0,5	1,0	0,0	1,0	0,5	3	46
Клещ Евгений Игоревич	КГАУ	2,0	0,0	–	0,5	0,5	–	0,0	–	3	46
Воробей Елена Юрьевна	БарГУ	1,0	0,0	–	1,0	–	–	–	1,0	3	46
Жукова Екатерина Сергеевна	ТулГУ	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3	46
Нальгачев Владислав Васильевич	БРУ	3,0	0,0	–	–	–	–	–	–	3	46
Цховребов Никита Ильич	Военмех	2,0	–	–	–	1,0	–	0,0	–	3	46
Гавриленко Алексей Дмитриевич	БРУ	1,0	–	0,0	0,5	1,5	0,0	0,0	–	3	46

Окончание таблицы

Фамилия, имя, отчество	Вуз	Баллы по задачам								Всего баллов	Место
		С-1	С-2	К-1	К-2	Д-1	Д-2	Д-3	Д-4		
Огоперов Кэскил Леонтьевич	СВФУ	0,5	0,0	0,0	0,5	1,0	0,0	0,0	0,5	3	46
Корниенко Кирилл Андреевич	ЮРГТУ	0,5	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	1,0	3	46
Столярова Юлия Васильевна	КГАУ	1,0	–	–	0,5	1,0	–	0,0	–	3	46
Седов Владимир Михайлович	ИГЭУ	–	0,0	–	–	1,5	–	0,5	0,5	3	46
Цупикова Екатерина Александровна	ГГТУ	0,5	0,5	0,5	0,0	1,0	0,0	–	–	3	46
Ледневская Ирина Александровна	ГГУ	1,0	0,0	–	0,5	0,5	–	0,0	0,5	3	46
Смирнов Андрей Владимирович	ГГУ	0,5	0,0	0,0	1,0	–	0,0	0,5	–	2	47
Коршунов Евгений Вячеславович	ЮЗГУ	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2	47
Кулагина Полина Александровна	ГГУ	1,0	0,0	–	0,5	0,5	–	0,0	0,0	2	47
Ширковец Виталий Владимирович	МГВАК	–	–	0,0	1,0	–	–	–	–	1	48
Подольская Ольга Александровна	ГГУ	0,5	–	–	–	0,5	–	–	–	1	48
Гордеев Владислав Леонидович	АМИ	0,5	0,0	–	0,0	–	–	–	–	1	48
Нагула Александр Александрович	МГВАК	–	–	0,0	0,5	0,0	–	–	–	1	48
Жолнерчик Александр Леонидович	ГИИ МЧС	0,5	–	–	–	0,0	–	–	–	1	48
Крыштапенко Людмила Григорьевна	ГГУ	0,5	0,0	0,0	0,0	–	–	–	–	1	48
Борисенко Александр Владимирович	ГИИ МЧС	0,5	–	–	–	–	–	–	–	1	48
Икон Никита Александрович	МГВАК	0,0	0,0	0,5	–	0,0	0,0	–	–	1	48
Емельянов Валерий Геннадьевич	МГВАК	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	1	48
Воробьев Константин Сергеевич	АМИ	–	–	–	–	–	–	–	–	0	49

6 РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КОНКУРСА (КОМАНДНЫЙ ЗАЧЕТ)

Команда	Сумма баллов	Место	Команда	Сумма баллов	Место
МФТИ	196	1	БНТУ	44	14
ЮУрГУ	167	2	БрГТУ	42	15
СПбГУ	156	3	ГТТУ	36	16
ТГУ	156	3	ЮЗГУ	35	17
УГНТУ	136	4	ДНУЖТ	31	18
УрФУ	121	5	Военмех	26	19
ТулГУ	101	6	ИГЭУ	25	20
ХНУ	97	7	SGGW	24	21
БелГУТ	97	7	СВФУ	23	22
КНИТУ	94	8	БарГУ	22	23
СибГАУ	71	9	ПГУ	22	23
ЮРГТУ	71	9	ГГУ	17	24
БГУ	62	10	КГАУ	14	25
БРУ	60	11	АМИ	9	26
КИИ МЧС	52	12	МГВАК	3	27
ЛНУ	48	13	ГИИ МЧС	2	28

7 РУКОВОДИТЕЛИ КОМАНД – УЧАСТНИЦ ОЛИМПИАДЫ

Salam Jumaah Bash – AlMustansiriya University.

Астафьева Анастасия Владимировна – Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины (ГГУ).

Богус Шумаф Нухович – Кубанский государственный аграрный университет (КГАУ).

Веремейчик Андрей Иванович – Брестский государственный технический университет (БрГТУ).

Винникова Валентина Григорьевна – Азовский морской институт (АМИ).

Гавриленя Андрей Константинович – Барановичский государственный университет (БарГУ).

Илихменев Андрей Львович – Балтийский государственный технический университет им. Д. Ф. Устинова (Военмех).

Камлюк Андрей Николаевич – Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь (КИИ МЧС).

Кальницкий Вячеслав Степанович – Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ).

Кондратенко Анатолий Иванович – Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт) (ЮРГТУ).

Коренский Валерий Федорович – Полоцкий государственный университет (ПГУ).

Кроль Дмитрий Григорьевич – Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого (ГТТУ).

Круглов Аркадий Владимирович – Ивановский государственный энергетический университет (ИГЭУ).

Круподеров Андрей Валентинович – Белорусский государственный университет (БГУ).

Леванович Николай Андреевич – Белорусско-Российский университет (БРУ).

Лупехина Ирина Владимировна – Юго-Западный государственный университет (ЮЗГУ).

Музыченко Павел Витальевич – Минский государственный высший авиационный колледж (МГВАК).

Мушгари Айрат Ильдарович – Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ).

Онищук Василий Яковлевич – Львовский национальный университет им. Ивана Франко (ЛНУ).

Оразов Клычмамед – Туркменский государственный университет им. Махтумкули (ТГУ).

Пославский Сергей Александрович – Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина (ХНУ).

Рощева Татьяна Анатольевна – Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б. Н. Ельцина (УрФУ).

Скляр Ольга Николаевна – Белорусский национальный технический университет (БНТУ).

Слепова Светлана Владимировна – Национальный исследовательский Южно-Уральский государственный университет (ЮУрГУ).

Тарасов Виктор Куприянович – Тульский государственный университет (ТулГУ).

Татарина Валентина Анатольевна – Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта (ДНУЖТ).

Тихонов Александр Юрьевич – Уфимский государственный нефтяной технический университет (УГНТУ).

Фисенко Елена Николаевна – Сибирский государственный аэрокосмический университет (СибГАУ).

Халецкий Марек – Варшавский университет естественных наук (SGGW).

Шимановский Александр Олегович – Белорусский государственный университет транспорта (БелГУТ).

Щевелёва Мария Петровна – Национальный исследовательский Южно-Уральский государственный университет (ЮУрГУ).

Шныпарков Александр Валерьевич – Гомельский инженерный институт МЧС Республики Беларусь (ГИИ МЧС).

В олимпиаде также самостоятельно принимали участие студенты вузов:

Московский физико-технический институт (государственный университет) (МФТИ),
Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова (СВФУ).

8 РЕЗУЛЬТАТЫ КОНКУРСА «БРЕЙН-РИНГ»

Команда	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Баллы	Место	
МФТИ-1	1	1	1	1		1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1		1	1	23	1	
ЮУрГУ-1	1	1		1		1		1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	23	1
МФТИ-2	1	1	1	1		1			1		1	1	1	1	1	1	1					1	1		1	1	1	1		1	21	2	
СПбГУ-1	1	1	1	1		1		1			1	1		1	1	1	1	1	1		1		1	1	1	1	1	1		1	21	2	
ТГУ-1	1	1	1	1	1	1	1		1		1			1	1	1	1			1	1		1		1	1	1	1	1		21	2	
УГНТУ-1	1		1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1					1	1	1	1			1		1		16	3	
УрФУ-1	1		1		1	1		1	1		1	1	1		1		1	1	1						1	1	1		1		16	3	
Сборная-1	1		1	1		1				1		1		1	1	1	1	1	1		1		1	1		1	1			16	3		
УГНТУ-2	1	1		1								1					1		1		1	1	1	1	1	1	1	1			14	4	
ЮУрГУ-2				1		1			1	1	1	1	1		1	1	1				1		1			1					13	5	
БГУ	1			1		1			1			1			1			1	1				1	1		1		1		1	13	5	
СибГАУ-1	1		1	1			1	1	1		1	1	1		1	1	1										1				13	5	
УрФУ-2				1		1		1					1		1	1	1				1	1	1	1		1	1				13	5	
ХНУ				1							1				1		1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	5
ЮРГТУ	1		1	1							1	1		1			1						1	1			1	1	1	1	1	13	5
КНИТУ	1	1		1		1		1	1			1		1			1	1										1				11	6
ТулГУ			1	1	1						1		1		1	1	1		1			1					1	1				11	6
Сборная-2	1	1					1					1	1								1					1	1	1	1			10	7
ТГУ-2	1			1										1		1	1	1	1							1	1	1		1		10	7
БРУ-2	1	1	1	1					1					1	1	1						1										9	8
БНТУ			1					1				1		1		1	1						1				1					8	9
БрГТУ	1	1	1	1		1			1									1				1										8	9
ПГУ	1	1							1			1	1		1		1	1														8	9
БелГУТ-2	1		1	1								1	1			1						1					1					8	9
БРУ-1	1		1	1								1		1	1	1	1															7	10

Продолжение таблицы

Команда	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Баллы	Место
СВФУ				1							1	1	1				1				1					1					7	10
SGGW	1	1		1								1					1				1										6	11
Военмех	1	1	1	1													1				1										6	11
БелГУТ-1													1										1			1	1	1	1		6	11
КИИ МЧС-1	1	1		1													1				1					1					6	11
КИИ МЧС-2				1									1		1		1	1								1					6	11
ЛНУ			1						1						1			1				1				1					6	11
УрФУ-3	1											1	1	1	1	1															6	11
ДНУЖТ												1			1		1									1	1				5	12
АМИ	1														1		1									1					4	13
Сборная-3									1							1		1								1					4	13
Сборная-4	1					1								1								1									4	13
Сборная-5				1									1		1							1									4	13
Сборная-6				1								1					1					1									4	13
ЮЗГУ												1				1						1				1					4	13
ГГТУ-1			1															1									1				3	14
ИГЭУ	1												1				1														3	14
БарГУ	1			1																											2	15
КГАУ															1		1														2	15
МГВАК	1																1														2	15
ГГТУ-2				1																											1	16
Сборная-7									1																						1	16
ГГУ-1				1																											1	16
ГГУ-2				1																											1	16

9 СОСТАВЫ КОМАНД КОНКУРСА «БРЕЙН-РИНГ» (ПО ПОРЯДКУ ЗАНЯТЫХ МЕСТ)

- 1 МФТИ-1 – Астраханцев Н. Ю., Заливако И. В., Ранский Р. С.
- 2 ЮУрГУ-1 – Онучин Е. С., Костандов М. В., Рязанов А. В.
- 3 МФТИ-2 – Лункин А. В., Мкртчян А. А., Орлов А. В.
- 4 СПбГУ-1 – Иевлев Е. А., Александров И. А., Кравцов П. С.
- 5 ТГУ-1 – Аннаев М., Маликов М. М., Сеидов П. Х.
- 6 УГНТУ-1 – Аминев Л. И., Тухватуллин Р. Р., Шигапов Р. Р.
- 7 УрФУ-1 – Брызгин А. С., Высоцкий В. С., Галиев Д. И.
- 8 Сборная-1 (СПбГУ, ЮУрГУ) – Сулейманов Р. М., Кузьмин А. В., Поляков Д. М.
- 9 УГНТУ-2 – Свиридов А. С., Трофимов М. С., Хазипов Д. Н.
- 10 ЮУрГУ-2 – Пузырев П. И., Хабиров А. Ф., Белошабский Е. И.
- 11 БГУ – Брызгалов А. И., Млечко И. Р., Мозолевский О. А.
- 12 СибГАУ-1 – Каменюк О. В., Климовский Д. А., Каржаев А. С.
- 13 УрФУ-2 – Пургин А. А., Ламоткин А. Е., Батина Е. В.
- 14 ХНУ – Рубаненко М. А., Постный А. В., Рубанов Д. Г.
- 15 ЮРГТУ – Карпович Н. А., Богданов Д. Ю., Корниенко К. А.
- 16 КНИТУ – Гиматов Ш. Р., Касимов Р. Р., Насыров И. Р.
- 17 ТулГУ – Астапов Ю. В., Нгуен Т. З., Нгуен Д. Т.
- 18 Сборная-2 (СибГАУ, ХНУ) – Бакулин Я. Ю., Гайнутдинов А. В., Кормилец А. Е.
- 19 ТГУ-2 – Дурдыев Р. Х., Гарлыев А. Б.
- 20 БРУ-2 – Гавриленко А. Д., Жарко А. Г., Нальгачев В. В.
- 21 БНТУ – Белько Е. П., Дереченик Н. Г., Ярош В. И.
- 22 БрГТУ – Макаревич Е. В., Прокопук Е. С., Пашкевич П. В.
- 23 ПГУ – Хахель С. В., Мителев В. В., Лукашенко А. Д.
- 24 БелГУТ-2 – Гончар М. А., Скоблик А. М., Палто С. П.
- 25 БРУ-1 – Боярко Д. В., Федорцов Ю. В., Чижик А. О.
- 26 СВФУ – Моеков В. И., Ноговицын П. И., Огоперов К. Л.
- 27 SGGW – Marciniak P., Krok M., Zagajewski K.
- 28 Военмех – Кротов П. В., Савченко Д. Д., Тяпко А. Г.
- 29 БелГУТ-1 – Катуженец С. Л., Бартош М. А., Калько А. М.
- 30 КИИ МЧС-1 – Жаворонков И. С., Максимович Д. С., Ребко Д. В.
- 31 КИИ МЧС -2 – Лобко А. В., Риванс В. Ю., Серко В. В.
- 32 ЛНУ – Шгаюра Н. С., Солтис В. В., Василишин А. В.
- 33 УрФУ-3 – Медведев К. А., Устюжанин Д. А., Жукова А. А.
- 34 ДНУЖТ – Мошкова Д. С., Федов В. С., Овчинников А. С.
- 35 АМИ – Воробьев К. С., Гордеев В. Л., Шевцов М. В.
- 36 Сборная-3 (SGGW, ИГЭУ) – Kucharczyk O., Duchniak M., Седов В. М.
- 37 Сборная-4 (КНИТУ, Военмех) – Азизов А. И., Ивлев А. Д., Цховребов Н. И.
- 38 Сборная-5 (БрГТУ, КГАУ) – Русецкий Э. В., Вовна М. С., Мороз М. П.
- 39 Сборная-6 (БарГУ, ТулГУ) – Григорчик Д. В., Гончаров Р. Г., Жукова Е. С.

- 40 ЮЗГУ – Коршунов Е. В., Постольный А. А., Щербинина А. Ю.
41 ГГТУ-1 – Кривошеев Е. П., Терещенко А. В., Харламов В. Н.
42 ИГЭУ – Максимов Н. М., Швед А. В., Шильцев Е. С.
43 БарГУ – Воробей Е. Ю., Микула Д. К., Наливко О. И.
44 КГАУ – Слюсаревский А. Е., Клещ Е. И., Столярова Ю. В.
45 МГВАК – Нагула А. А., Емельянов В. Г., Ширковец В. В.
46 ГГТУ-2 – Михайлов В. С., Цупикова Е. А.
47 Сборная-7 (ГГУ, МГВАК) – Прохоренко В. А., Трифонова А. А., Икон Н. А.
48 ГГУ-1 – Ледневская И. А., Крыштапенко Л. Г., Подольская О. А.
49 ГГУ-2 – Коробочкин А. А., Кулагина П. А., Смирнов А. В.