

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ – 2011

ISSN 2227-1104. Механика. Научные исследования
и учебно-методические разработки. Вып. 6. Гомель, 2012

УДК 378.141.2/.5:531

А. О. ШИМАНОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель

ИТОГИ МЕЖДУНАРОДНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ 2011 года

Приведена информация о Международной олимпиаде по теоретической механике 2011 года, состоявшейся 25–28 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 седьмой раз. Ознакомиться с особенностями проведения предыдущих таких мероприятий можно из изданных нами предыдущих аналогичных сборников [1–6]. 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 2011 году задачи олимпиады решали 144 студента из 34 вузов четырех государств.

Олимпиада 2011 года традиционно включала два конкурса: теоретический (лично-командный) и «Брейн-ринг» (командный). 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 команд-

ном зачете определялся по сумме трех лучших результатов представителей вуза. 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. Студенты, не согласные с оценкой их решений задач теоретического конкурса, могли доказать правильность решений во время апелляции.

Предложенное студентам для решения на теоретическом конкурсе задание включало разработанный организаторами комплект задач, далее представленный в сборнике. Особенностью задачи С-1–2011 является необходимость учета возможности выхода цилиндра из равновесия как в результате поворота, так и опрокидывания вокруг опоры *B*. Задача С-2–2011 отличается от типовых наличием замкнутого контура, что предполагает необходимость рассмотрения равновесия либо каждого тела системы отдельно, либо частей системы из нескольких ее тел.

Необычность задачи К-1–2011 состоит в том, что колесо имеет возможность скольжения по плоскости. Поэтому мгновенный центр скоростей не находится в месте их соприкосновения, как это обычно происходит в типовых задачах. Сложность задачи К-2–2011 обусловлена тем, что при сложном движении точки относительное движение является результатом плоскопараллельного движения тела.

Задачи по динамике в целом несколько проще с математической точки зрения, чем это было на предыдущих олимпиадах. Но и они имеют свои особенности. Например, в задаче Д-1–2011 соединены элементарная теория удара и анализ движения материальной точки под действием силы тяжести. Задача Д-2–2011 требует выбора нужных динамических уравнений и учета особенностей движения системы. В задаче Д-3–2011 необходимо учесть две фазы качения диска – с проскальзыванием и без него, что напрямую не указано в тексте условия. Наконец, в задаче Д-4–2011 также надо сообразить, что в процессе движения диск отрывается от цилиндра. Кроме того, в ней для получения ответа задачи следует применить теорию сложного движения точки, что не часто встречается в задачах по динамике.

Анализируя решения задач олимпиады, можно отметить, что студенты на сей раз приблизительно равномерно распределили свое внимание между задачами по статике, кинематике и динамике, причем число участников, не представивших решения по 7 из восьми задач не превысило 25 % (рисунок 1). Это говорит о том, что при составлении задач удалось предугадать уровень сложности, при котором студенты могут предложить какой-нибудь путь их решения, пусть и не всегда доведенный до правильного результата.

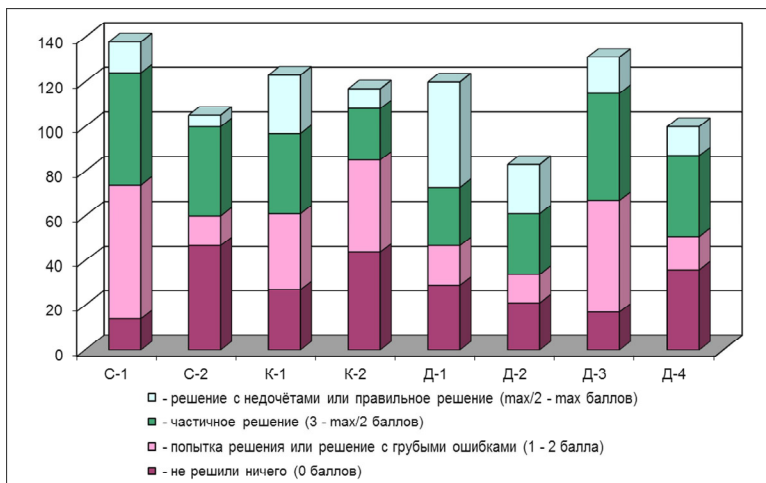


Рисунок 1 – Распределение числа набранных баллов по задачам

Эффективность решения задач была различной (см. рисунок 1). Чаще всего студенты работали над задачей С-1. Однако лишь малому числу участников удалось догадаться о необходимости учета двух возможных вариантов выхода системы из равновесия. Больше всего правильных решений по задаче Д-1 объясняется достаточно типовым ее содержанием. А вот задача Д-2 имеет весьма короткое решение, но она не типовая, поэтому, с одной стороны, за нее брались меньше всего участников, с другой – количество невысоких баллов по ней относительно мало.

Анализируя решения задач олимпиады, можно отметить, что студенты на сей раз приблизительно равномерно распределили свое внимание между задачами по статике, кинематике и динамике, причем число участников, не представивших решения по 7 из восьми задач не превысило 25 %. Это говорит о том, что при составлении задач удалось предугадать уровень сложности, при котором студенты могут предложить какой-нибудь путь их решения, пусть и не всегда доведенный до правильного результата.

Первые места личного зачета распределились среди представителей Московского физико-технического института (МФТИ) и Новосибирского государственного университета. Причем призеры олимпиады показали результат, близкий к стопроцентному, при решении задач по динамике. В командном зачете первое место заняла команда МФТИ (постоянные победители Всероссийских олимпиад по теоретической механике), значительно оторвавшись по числу набранных ей баллов от команд Новосибирского государственного университета и Казанского государственного технологического университета.

В конкурсе «Брейн-ринг» достойно конкурировали с российскими вузами команды Харьковского государственного университета и Белорусского государственного университета транспорта.

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**: междунар. сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2007. – Вып. 1. – 107 с.

3 **Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки**: междунар. сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2008. – Вып. 2. – 148 с.

4 **Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки**: междунар. сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2009. – Вып. 3. – 242 с.

5 **Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки**: междунар. сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2010. – Вып. 4. – 226 с.

6 **Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки**: междунар. сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2011. – Вып. 5. – 299 с.

A. O. SHIMANOVSKY

INTERNATIONAL ENGINEERING MECHANICS CONTEST 2011 RESULTS

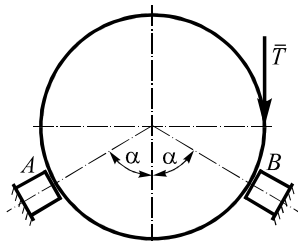
There is the information about International Engineering Mechanics Contest 2011, 25–28 April, Belarusian State University of Transport: list of participants, problem situations and solutions, Contest results. The analyses of Theory and Team Contests problem solutions are given.

Получено 20.03.2011

1 УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КОНКУРСА

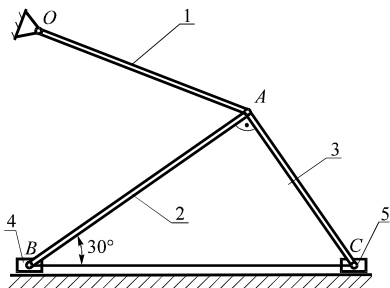
Задача С1–2011

Однородный цилиндр веса G лежит на двух симметрично расположенных относительно вертикали опорах A и B , положение которых определяется углами α . Коэффициент трения между цилиндром и опорами равен f . Найти минимальное значение силы T , которую необходимо приложить, чтобы вывести цилиндр из равновесия.



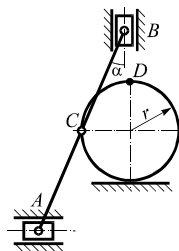
Задача С2–2011

Конструкция, расположенная в вертикальной плоскости, состоит из трех однородных стержней 1, 2, и 3 одинаковой массы, соединенных шарнирно в точке A , и невесомых ползунов 4 и 5, связанных нерастяжимой нитью. Определить отношение наибольшей из трех сил, действующих со стороны стержней на шарнир A , к наименьшей аналогичной силе.



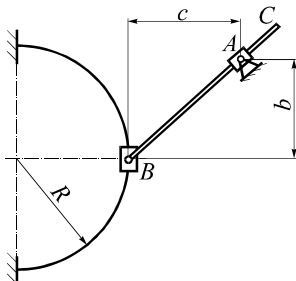
Задача К1–2011

Точка A шатуна AB длиной $2l$ имеет в данный момент времени скорость v_A и равное нулю ускорение. При этом шатун составляет угол α с вертикалью. Своей центральной точкой C шатун шарнирно соединен с диском, который в процессе движения механизма постоянно касается горизонтальной плоскости. Принимая радиус диска равным r , определить скорость и ускорение его верхней точки D .

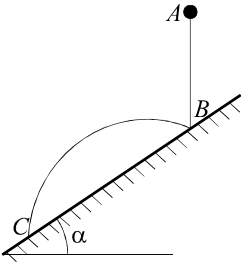


Задача К2–2011

Ползун B перемещается по дуге окружности радиуса R . В изображенном на рисунке положении механизма ускорение точки B направлено вдоль прямой BC и равно a . Найти для этого положения скорость и ускорение точки C , если заданы размеры b , c , а также $BC = l$.



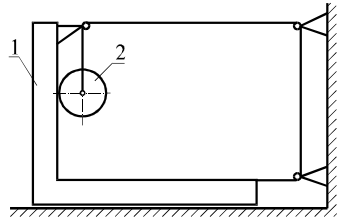
Задача Д1–2011



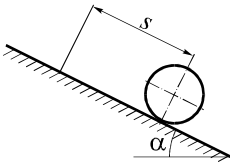
Шарик падает из положения A без начальной скорости на наклонную плоскость, составляющую угол α с горизонтом. Отразившись в точке B , он затем попадает в такую точку C , что $BC = l$. Считая удар абсолютно упругим и пренебрегая сопротивлением воздуха, определить время движения шарика на участке AB .

Задача Д2–2011

Платформа 1 массы m_1 скользит по гладкому горизонтальному полу. По ее вертикальной направляющей катится однородный диск 2 массы m_2 . Платформа и диск соединены невесомой канатно-блочной системой, причем трение между канатом и блоками отсутствует. Найти минимальное значение коэффициента трения между диском и платформой, при котором качение происходит без проскальзывания.



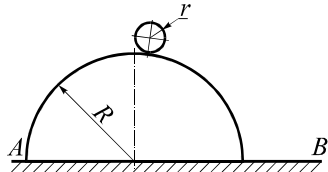
Задача Д3–2011



Вращающийся с угловой скоростью ω_0 сплошной однородный цилиндр радиуса r ставится на наклонную плоскость, составляющую угол α с горизонтом, и начинает вкатываться вверх. Начальная скорость его центра при этом равна нулю. Коэффициент трения между цилиндром и плоскостью равен f . Определить, на какое максимальное расстояние s поднимется центр цилиндра вдоль наклонной плоскости.

Задача Д4–2011

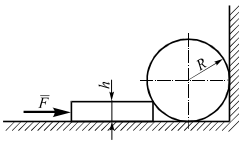
Однородный цилиндр радиуса r начинает с ничтожно малой начальной скоростью скатываться из наивысшего положения с неподвижного полуцилиндра радиуса $R = 6r$. Качение цилиндра происходит без проскальзывания. Какую скорость непосредственно перед ударом будет иметь точка цилиндра, которая первой коснется плоскости AB .



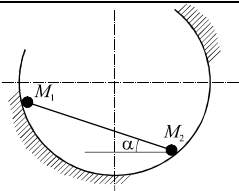
2 УСЛОВИЯ ЗАДАЧ КОНКУРСА «БРЕЙН-РИНГ»

СТАТИКА

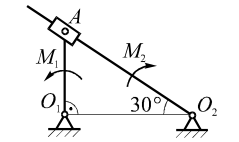
1. Силы \vec{F}_1 , \vec{F}_2 , \vec{F}_3 приложены к телу в начале координат. Точки $A_1(-4, 3, 12)$, $A_2(2, -2, -1)$, $A_3(0, 4, -3)$ лежат на линиях действия сил \vec{F}_1 , \vec{F}_2 , \vec{F}_3 соответственно. Определить равнодействующую этих сил, если $F_1 = 13$ Н, $F_2 = 6$ Н, $F_3 = 5$ Н.



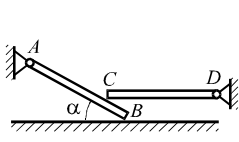
2. Гладкий шар радиусом R и весом P , касаясь вертикальной стены, покоится на горизонтальном полу. С какой силой F следует прижать к нему брусок высотой h , чтобы шар приподнялся над полом?



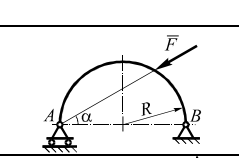
3. Две тяжелые точки M_1 и M_2 соединены между собой невесомым жестким стержнем, находятся внутри гладкой сферы. Длина стержня и радиус сферы равны. Определить угол α между стержнем и горизонтом, если масса точки M_2 в два раза больше массы точки M_1 .



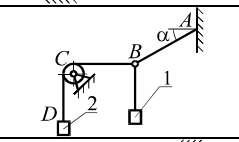
4. Кривошипно-кулисный механизм расположен в горизонтальной плоскости. К кривошипу и кулисе приложены вращающиеся моменты M_1 и M_2 . Для положения, указанного на чертеже, определить отношение M_1/M_2 при равновесии механизма. Трением пренебречь.



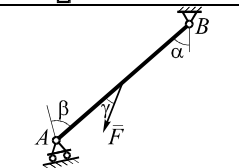
5. Два однородных стержня веса P и длины $4l$ каждый прикреплены к неподвижным шарнирам A и D . Горизонтальный стержень CD опирается на стержень AB , который в свою очередь опирается на горизонтальную плоскость. Определить силу давления стержня AB на опорную плоскость, если $BC = l$. Трением пренебречь.



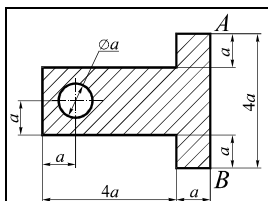
6. Арка радиуса $R = 2$ м, нагруженная силой $F = 40$ Н, находится в равновесии в положении, показанном на рисунке. Найти реакцию связи в точке B , если $\alpha = 30^\circ$.



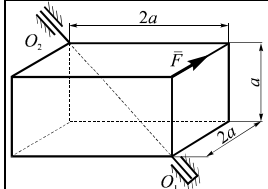
7. Нить $ABCD$ несет два груза 1 и 2. Вес $G_1 = 10$ Н; $\alpha = 30^\circ$. Определить вес груза 2 и силу натяжения ветви AB нити.



8. К середине невесомой балки AB длины l приложена активная сила \vec{F} . Известны углы α , β , γ . Определить реакцию опоры в точке A .

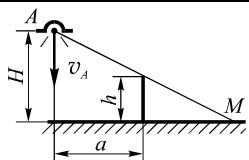


9. Найти расстояние от центра тяжести изображенной на рисунке фигуры до прямой AB .



10. Найдите момент силы \vec{F} относительно оси O_1O_2 . Размеры указаны на рисунке.

КИНЕМАТИКА



11. Источник света A опускается по вертикали со скоростью $v_A = const$. На столе имеется стойка высоты h , отстоящая от вертикали на расстоянии a . Определить скорость конца M тени в зависимости от высоты H источника света.

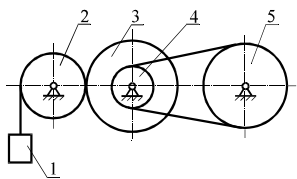
12. Точка описывает окружность радиусом R с начальной скоростью v_0 . Ускорение точки образует со скоростью постоянный угол α . Найти величину скорости как функцию времени.

13. Шарик падает с высоты 100 м без начальной скорости. За какое время он проходит последний метр своего пути?

14. Точка на ободе диска диаметра 10 см имеет переменную скорость, описываемую соотношением $v = 10t^2$ см/с. Как зависит эта скорость от угла поворота диска?

15. Вал, вращавшийся с угловой скоростью 10π рад/с, совершил до остановки 20 оборотов. Определить угловое ускорение, считая его постоянным.

16. По наклонной доске пустили катиться снизу вверх шарик. На расстоянии 30 см от начала пути шарик побывал дважды: через 1 и 2 с после начала движения. Определить ускорение движения шарика, считая его постоянным.

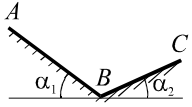
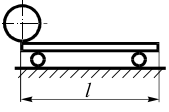
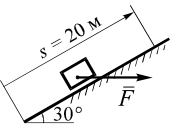
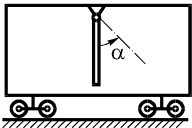
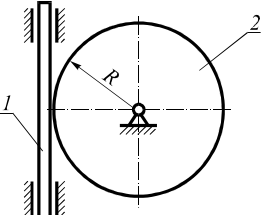


17. По заданному уравнению движения тела 1 $s_1 = 2 - 1,5t^2$ рассчитать угловое ускорение звена 5. Радиусы всех колес считать заданными.

	<p>18. Найти скорость точки C изображенного на рисунке механизма, если $\omega_1 = 4 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$; $OA = 15 \text{ см}$.</p>
	<p>19. Дано: ω_1; ω_2; $r_4 = r$; $r_2 = 3r$. Определить ω_3.</p>
	<p>20. В плоском механизме длины звеньев 1 и 2 равны соответственно l_1 и l_2. Кривошип OA вращается с постоянной угловой скоростью ω_1. Определите ускорение точки B. Угол α задан.</p>

ДИНАМИКА

<p>21. Каким должен быть коэффициент трения колес заторможенного автомобиля о дорогу, если при скорости движения 20 м/с он останавливается через 6 с после начала торможения?</p>	
	<p>22. Шарик массы m подвешен на нерастяжимой нити длины l, прикрепленной к валу, центробежной машины, вращающемуся с угловой скоростью ω. Какой угол α образует при этом нить с вертикалью?</p>
<p>23. За сколько метров до остановки автобус массы $m = 10 \text{ т}$, движущийся со скоростью $v_0 = 54 \text{ км/ч}$, должен начать торможение, если сила торможения $F = 11,25 \text{ кН}$?</p>	
<p>24. Молоток массы $m = 0,8 \text{ кг}$ при ударе о шляпку гвоздя имел скорость $v_0 = 3 \text{ м/с}$. Определить перемещение гвоздя, если он испытывает силу сопротивления $F = 400 \text{ Н}$. Сколько таких ударов необходимо нанести, чтобы вбить гвоздь длиной $L = 5 \text{ см}$?</p>	
<p>25. Колеса автомобиля имеют диаметр 50 см. Тормозные колодки обеспечивают постоянный суммарный момент сопротивления, равный $500 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Определить работу, совершенную моментом сопротивления при остановке автомобиля, если его тормозной путь составил 30 м.</p>	

	<p>26. Материальная точка помещена на наклонную плоскость AB с углом наклона к горизонту α_1, и опускается без начальной скорости. Дойдя до положения B, она, не меняя значения скорости, переходит затем на наклонную плоскость BC, составляющую угол α_2 с горизонтом. Полагая заданным время спуска t_1, определить время подъема точки t_2 до ее остановки. Трением пренебречь.</p>
	<p>27. По горизонтальной грузовой товарной платформе, длина которой 12 м и масса 14 т, находящейся в начальный момент в покое, рабочие перекатывают отливку от левого конца платформы к правому. В какую сторону и насколько переместится при этом платформа, если масса рабочих вместе с отливкой равна 3 т. Силами сопротивления пренебречь.</p>
	<p>28. Определить работу, которую необходимо затратить для перемещения горизонтальной силой F груза массы 5 кг на 20 метров по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол 30°. Коэффициент трения скольжения равен 0,2.</p>
	<p>29. Внутри вагона висит стержень длиной l. Вагон, двигающийся с постоянной скоростью v, мгновенно останавливается. На какой угол при этом отклонится стержень?</p>
	<p>30. Дано: $m_1 = m$; $m_2 = 3m$; R. Диск 2 – сплошной однородный. Определить ϵ_2.</p>

3 РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КОНКУРСА

Задача С-1-2011

Цилиндр может выйти из равновесия либо в результате проскальзывания на опорах, либо при опрокидывании вокруг опоры B .

Проверим, при каких значениях силы T начнется проскальзывание:

$$\sum M_{iO} = 0; F_{\text{тр}A}R + F_{\text{тр}B}R - TR = 0, \quad (1)$$

$$\sum M_{iC} = 0; N_B R \operatorname{tg} \alpha + N_A R \operatorname{tg} \alpha - TR = 0, \quad (2)$$

$$\sum F_{iy} = 0; (N_A + N_B) \cos \alpha + (F_{\text{тр}B} - F_{\text{тр}A}) \sin \alpha - T - G = 0. \quad (3)$$

Из (1) находим

$$f(N_A + N_B) = T$$

Уравнение (2) дает

$$N_B - N_A = T \operatorname{ctg} \alpha.$$

Подставим в (3)

$$\frac{T}{f} \cos \alpha + fT \cos \alpha - T - G = 0.$$

Отсюда
$$T = \frac{fG}{(f^2 + 1) \cos \alpha - f}.$$

Поскольку сила T не может быть отрицательной, то при $(f^2 + 1) \cos \alpha \leq f$ проскальзывание невозможно.

Однако вне зависимости от проскальзывания возможно также опрокидывание цилиндра вокруг точки B . Составляя уравнение моментов относительно нее, находим

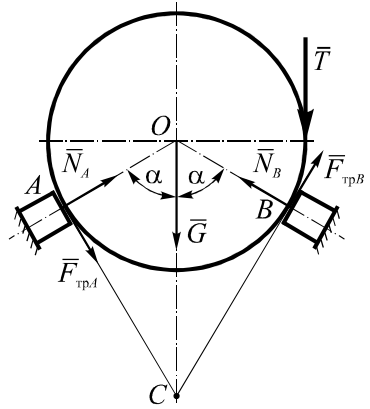
$$\sum M_{iB} = 0; GR \sin \alpha - T(R - R \sin \alpha) = 0,$$

$$T = \frac{G \sin \alpha}{1 - \sin \alpha}.$$

Таким образом, окончательный результат включает два возможных варианта:

$$\text{При } \cos \alpha > \frac{f}{(f^2 + 1)} \quad T = \min \left\{ \frac{fG}{(f^2 + 1) \cos \alpha - f}; \frac{G \sin \alpha}{1 - \sin \alpha} \right\}.$$

$$\text{При } \cos \alpha \leq \frac{f}{(f^2 + 1)} \quad T = \frac{G \sin \alpha}{1 - \sin \alpha}.$$



Задача С-2-2011

Из равновесия всей системы следует:

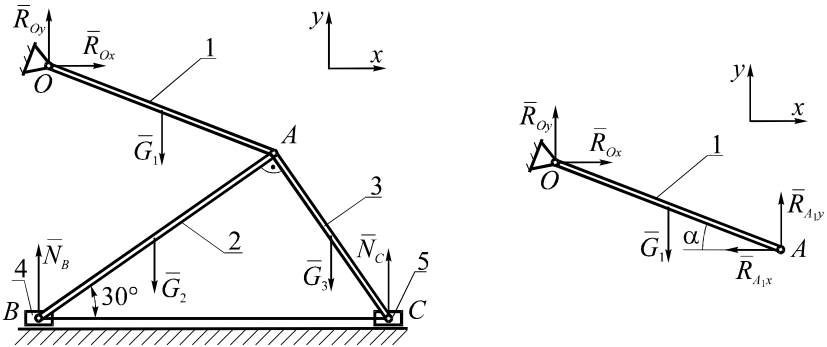
$$\sum F_{ix} = 0; \quad R_{Ox} = 0.$$

Рассматривая равновесие стержня OA , получим:

$$\sum F_{ix} = 0; \quad R_{Ox} - R_{A1x} = 0 \Rightarrow R_{A1x} = 0,$$

$$\sum M_{iA} = 0; \quad G_1 \frac{OA}{2} \cos \alpha - R_{Oy} \cdot OA \cos \alpha = 0; \quad (R_{Ox} = 0),$$

$$R_{Oy} = \frac{G_1}{2} = \frac{G}{2}; \quad R_{A1y} = \frac{G}{2} \Rightarrow R_{A1y} = \frac{G}{2}.$$



Запишем уравнения равновесия нижней части конструкции:

$$\sum M_{iB} = 0; \quad G_2 \frac{BC \cos 30^\circ}{2} \cos 30^\circ + N_C BC - R'_{A1y} \cdot BC \cos 30^\circ \cdot \cos 30^\circ - G_3 \left(BC - \frac{BC \sin 30^\circ}{2} \sin 30^\circ \right) = 0,$$

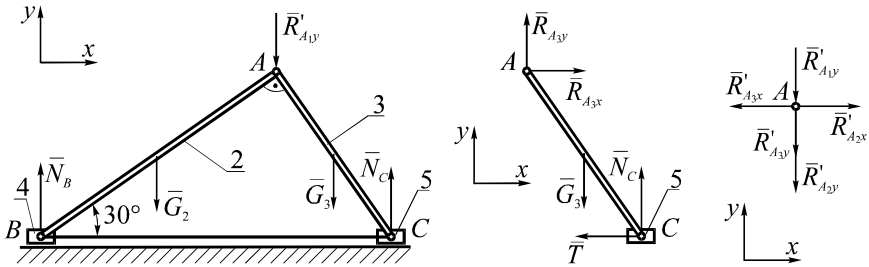
$$\sum F_{iy} = 0; \quad N_B + N_C - G_2 - G_3 - R'_{A1y} = 0.$$

Из них находим:

$$G \cdot \frac{3}{8} - \frac{G}{2} \cdot \frac{3}{4} - G \left(1 - \frac{1}{8} \right) + N_C = 0,$$

$$N_C = \frac{13}{8} G,$$

$$N_B = 2,5G - \frac{13}{8} G = \frac{7}{8} G.$$



Рассмотрим равновесие стержня AC :

$$\sum M_{iA} = 0; \quad -G_3 \frac{AC}{2} \sin 30^\circ + N_C \cdot AC \sin 30^\circ - T \cdot AC \cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ix} = 0; \quad R_{A_3x} - T = 0;$$

$$\sum F_{iy} = 0; \quad R_{A_3y} - G_3 + N_C = 0.$$

Отсюда
$$T = \frac{\frac{13}{8}G \cdot \frac{1}{2} - \frac{G}{4}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{9G}{8\sqrt{3}} = \frac{3\sqrt{3}G}{8};$$

$$R_{A_3x} = \frac{3\sqrt{3}G}{8}; \quad R_{A_3y} = G_3 - N_C = G - \frac{13}{8}G = -\frac{5}{8}G;$$

$$R_{A_3} = \sqrt{R_{A_3x}^2 + R_{A_3y}^2} = G \sqrt{\frac{27}{64} + \frac{25}{64}} = \frac{\sqrt{52}}{8}G = \frac{\sqrt{13}}{4}G.$$

Уравнения равновесия шарнира A дают:

$$\sum F_{ix} = 0; \quad R'_{A_2x} - R'_{A_3x} = 0;$$

$$\sum F_{iy} = 0; \quad -R'_{A_1y} - R'_{A_3y} - R'_{A_2y} = 0;$$

$$R'_{A_2x} = R'_{A_3x} = \frac{3\sqrt{3}}{8}G; \quad R_{A_2y} = -R_{A_1y} - R_{A_3y} = -\frac{G}{2} + \frac{5}{8}G = \frac{G}{8}.$$

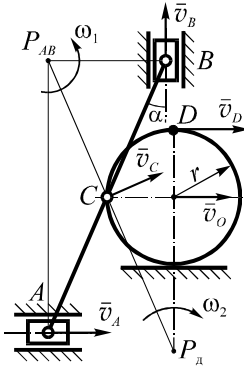
Тогда
$$R_{A_2} = \sqrt{R_{A_2x}^2 + R_{A_2y}^2} = \sqrt{\frac{27}{64} + \frac{1}{64}}G = \frac{\sqrt{28}}{8}G = \frac{\sqrt{7}}{4}G.$$

Таким образом, окончательно получаем:

$$R_{A_1} < R_{A_2} < R_{A_3};$$

$$\frac{R_{A_3}}{R_{A_1}} = \frac{\sqrt{13}}{4}G \cdot \frac{2}{G} = \frac{\sqrt{13}}{2} = 1,80.$$

Задача К-1-2011



Используя мгновенные центры скоростей стержня и колеса, определим искомую скорость. Точка контакта колеса скользит по поверхности, поэтому его МЦС не находится в месте соприкосновения с поверхностью:

$$v_A = \omega_1 \cdot P_{AB}A \Rightarrow \omega_1 = \frac{v_A}{2l \cos \alpha};$$

$$v_C = \omega_1 \cdot P_{AB}C = \omega_1 l = \frac{v_A}{2l \cos \alpha};$$

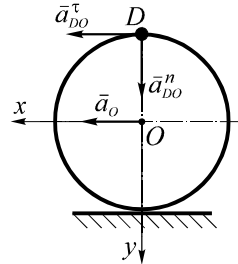
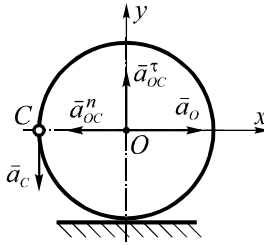
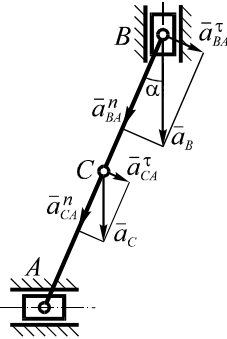
$$\omega_2 = \frac{v_C}{P_D C} = \frac{v_C \sin \alpha}{r} = \frac{v_A \sin \alpha}{2 \cos \alpha \cdot r} = \frac{v_A \operatorname{tg} \alpha}{2r};$$

$$v_D = \omega_2 \cdot P_D D = \omega_2 (r \operatorname{tg} \alpha + r) = \frac{v_A \operatorname{tg} \alpha}{2r} (r \operatorname{tg} \alpha + r) = \frac{v_A}{2} (1 + \operatorname{tg} \alpha).$$

Из анализа движения стержня следует:

$$a_{BA}^n = \omega_1^2 AB; \quad a_{BA}^\tau = a_{BA}^n \operatorname{tg} \alpha; \quad a_{CA}^\tau = \frac{a_{BA}^\tau}{2}; \quad a_{CA}^n = \frac{a_{BA}^n}{2};$$

$$a_C = \frac{a_B}{2} = \frac{a_{BA}^n}{2 \cos \alpha} = \frac{v_A^2}{4l^2 \cos^2 \alpha} \cdot 2l \cdot \frac{1}{2 \cos \alpha} = \frac{v_A^2}{4l^2 \cos^3 \alpha}.$$



Теперь рассматриваем движение колеса (см. рисунок). Проецируя на оси векторное выражение $\vec{a}_O = \vec{a}_C + \vec{a}_{OC}^\tau + \vec{a}_{OC}^n$, находим

$$a_O = -a_{OC}^n = -\omega_2^2 r = -\frac{v_A^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{4r};$$

$$0 = -a_C + a_{OC}^\tau \Rightarrow a_{OC}^\tau = a_C = \frac{v_A^2}{4l \cos^3 \alpha}.$$

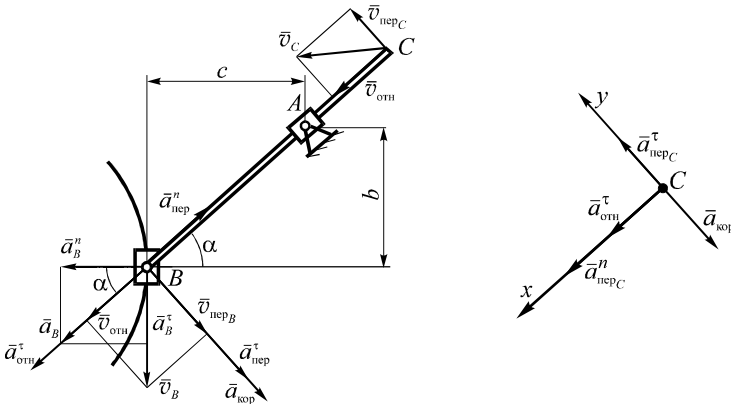
Тогда для точки D получаем:

$$\begin{aligned}\bar{a}_D &= \bar{a}_O + \bar{a}_{DO}^\tau + \bar{a}_{DO}^n; & \bar{a}_{DO}^\tau &= \bar{a}_{OC}^\tau; & \bar{a}_{DO}^n &= \bar{a}_{OC}^n; \\ a_{Dx} &= a_O + a_{DO}^\tau = \frac{v_A^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{4r} + \frac{v_A^2}{4l \cos^3 \alpha}; \\ a_{Dy} &= a_{DO}^n = \frac{v_A^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{4r}; \\ a_D &= \sqrt{a_{Dx}^2 + a_{Dy}^2} = \frac{v_A^2}{4r} \sqrt{2 \operatorname{tg}^4 \alpha + 2 \operatorname{tg}^2 \alpha \frac{r}{l \cos^3 \alpha} + \frac{r^2}{l^2 \cos^6 \alpha}}.\end{aligned}$$

Задача К-2-2011

Поскольку точка B движется по окружности, то

$$a_B^n = a \cos \alpha; \quad a_B^n = \frac{v_B^2}{R} \Rightarrow v_B = \sqrt{a_B^n R} = \sqrt{aR \cos \alpha}.$$



Принимаем в качестве переносного движения поворот кулисы A , а в качестве относительного – скольжение стержня вдоль нее:

$$\begin{aligned}\bar{v}_B &= \bar{v}_{\text{пер}B} + \bar{v}_{\text{отн}}; & v_{\text{пер}B} &= v_B \cos \alpha; & v_{\text{отн}} &= v_B \sin \alpha; \\ \omega_{\text{пер}} &= \frac{v_B \cos \alpha}{AB} = \frac{\sqrt{aR \cos \alpha} \cos \alpha}{AB}; & v_{\text{отн}} &= \sqrt{aR \cos \alpha} \sin \alpha; \\ v_{\text{пер}C} &= \omega_{\text{пер}} \cdot AC = \frac{\sqrt{aR \cos \alpha} \cos \alpha}{AB} (l - AB); \\ v_C &= \sqrt{v_{\text{пер}C}^2 + v_{\text{отн}}^2} = \sqrt{\frac{aR \cos^3 \alpha}{AB^2} (l - AB)^2 + aR \cos \alpha \sin^2 \alpha}.\end{aligned}$$

Поскольку $AB = \sqrt{b^2 + c^2}$; $\cos \alpha = \frac{c}{\sqrt{b^2 + c^2}}$; $\sin \alpha = \frac{b}{\sqrt{b^2 + c^2}}$,

то
$$v_C = \sqrt{\frac{aRc^3}{(b^2 + c^2)^{5/2}} \left(l - \sqrt{b^2 + c^2} \right)^2 + aR \frac{cb^2}{(b^2 + c^2)^{3/2}}}.$$

Аналогично рассуждая, можем записать:

$$\bar{a}_B = \bar{a}_{\text{пер}}^\tau + \bar{a}_{\text{пер}}^n + \bar{a}_{\text{отн}}^\tau + \bar{a}_{\text{кор}};$$

$$a_{\text{пер}}^\tau = \varepsilon_{\text{пер}} AB; \quad a_{\text{пер}}^n = \omega_{\text{пер}}^2 AB; \quad a_{\text{кор}} = 2\omega_{\text{пер}} v_{\text{отн}}.$$

При проецировании находим:

$$a = a_{\text{отн}}^\tau - a_{\text{пер}}^n; \quad \bar{a}_{\text{отн}}^\tau = a + \omega_{\text{пер}}^2 AB;$$

$$a_{\text{кор}} + a_{\text{пер}}^\tau = 0; \quad a_{\text{пер}}^\tau = -a_{\text{кор}} = -2\omega_{\text{пер}} v_{\text{отн}}; \quad \varepsilon_{\text{пер}} = \frac{a_{\text{пер}}^\tau}{AB} = -\frac{2\omega_{\text{пер}} v_{\text{отн}}}{AB}.$$

Тогда для точки C имеем:

$$\bar{a}_C = \bar{a}_{\text{пер}C}^\tau + \bar{a}_{\text{пер}C}^n + \bar{a}_{\text{отн}}^\tau + \bar{a}_{\text{кор}};$$

$$a_{C_x} = a_{\text{пер}C}^n + a_{\text{отн}}^\tau = \omega_{\text{пер}}^2 AC + a + \omega_{\text{пер}}^2 AB = \omega_{\text{пер}}^2 BC + a;$$

$$a_{C_y} = a_{\text{пер}C}^\tau - a_{\text{кор}} = -\frac{2\omega_{\text{пер}} v_{\text{отн}}}{AB} \cdot AC - 2\omega_{\text{пер}} v_{\text{отн}} =$$

$$= -2\omega_{\text{пер}} v_{\text{отн}} \left(\frac{AC + AB}{AB} \right) = -2\omega_{\text{пер}} v_{\text{отн}} \frac{BC}{AB}.$$

То есть
$$a_{C_x} = \frac{aR \cos^3 \alpha}{AB^2} \cdot BC + a = \frac{aRc^3 l}{(b^2 + c^2)^{5/2}} + a;$$

$$a_{C_y} = 2 \frac{\sqrt{aR \cos \alpha} \cos \alpha}{AB} \cdot \frac{\sqrt{aR \cos \alpha} \sin \alpha \cdot BC}{AB} =$$

$$= \frac{2aR \cos^2 \alpha \sin \alpha \cdot l}{b^2 + c^2} = \frac{2aRc^2 b \cdot l}{(b^2 + c^2)^{5/2}}.$$

Окончательно получаем

$$a_C = \sqrt{a_{C_x}^2 + a_{C_y}^2} = \sqrt{\left(\frac{aRc^3 l}{(b^2 + c^2)^{5/2}} + a \right)^2 + \frac{4a^2 R^2 c^4 b^2 l^2}{(b^2 + c^2)^5}}.$$

Задача Д-1-2011

Для участка AB имеем $v_B = gt_{AB}$.

Используя приведенные на рисунке направления осей координат, для участка BC получаем:

$$a_x = g \sin \alpha;$$

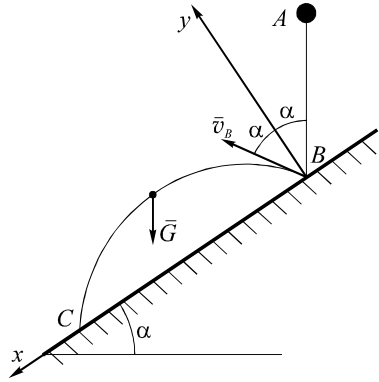
$$v_x = v_B \sin \alpha + g \sin \alpha t;$$

$$BC = v_B \sin \alpha t_{BC} + \frac{g \sin \alpha t_{BC}^2}{2};$$

$$a_y = -g \cos \alpha;$$

$$v_y = v_B \cos \alpha - g \cos \alpha t;$$

$$y_C = v_B \cos \alpha t_{BC} - \frac{g \cos \alpha t_{BC}^2}{2}.$$



Поскольку в момент приземления $v_B \cos \alpha - \frac{g \cos \alpha t_{BC}}{2} = 0$, то

$$t_{BC} = \frac{2v_B}{g} \Rightarrow \left(v_B \cdot \frac{2v_B}{g} + \frac{g}{2} \left(\frac{2v_B}{g} \right)^2 \right) \sin \alpha = l;$$

$$\frac{4v_B^2}{g} \sin \alpha = l \Rightarrow v_B = \sqrt{\frac{gl}{4 \sin \alpha}}.$$

Следовательно,

$$t_{AB} = \sqrt{\frac{l}{4g \sin \alpha}}.$$

Задача Д-2-2011

Динамические уравнения движения диска могут быть записаны в виде

$$m_2 a_{C_x} = N_2; I_C \varepsilon = F_{\text{тр}} \cdot r.$$

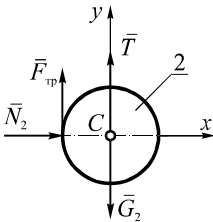
Поскольку $a_{C_x} = a_1$, то $N_2 = m_2 a_1$.

Нить выбирается одновременно как в нижней, так и верхней части механизма, поэтому ускорение точки C в ее движении относительно тела 1

$$a_{C_{\text{отн}}} = 2a_1.$$

Отсюда получаем

$$\varepsilon = \frac{a_{C_{\text{отн}}}}{r} = \frac{2a_1}{r} \Rightarrow F_{\text{тр}} = \frac{I_C \varepsilon}{r} = \frac{m_2 r^2}{2r} \cdot \frac{2a_1}{r} = m_2 a_1.$$

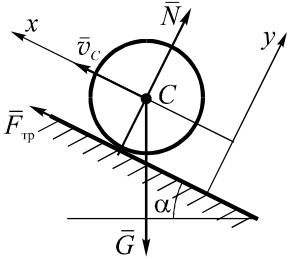


При качении без проскальзывания $F_{\text{тр}} \leq fN_2$ или $m_2 a_1 \leq f m_2 a_1$.
Следовательно, $f \geq 1$.

Задача Д-3–2011

Диск вначале будет двигаться с проскальзыванием, потом – без него.

Рассматриваем участок скольжения по плоскости:



$$\begin{cases} ma_{Cx} = F_{\text{тр}} - G \sin \alpha; \\ I_C \varepsilon = -F_{\text{тр}} \cdot r; \\ N = G \cos \alpha; \\ F_{\text{тр}} = fN = fmg \cos \alpha; \end{cases}$$

$$m \frac{dv_C}{dt} = fmg \cos \alpha - mg \sin \alpha; \quad v_C = (f \cos \alpha - \sin \alpha)gt;$$

$$\frac{mr^2}{2} \frac{d\omega}{dt} = -fmg r \cos \alpha; \quad \frac{r}{2}(\omega - \omega_0) = -fg \cos \alpha t.$$

Скольжение прекращается в момент t_1 , при котором $v_C = \omega r$, т. е.

$$(f \cos \alpha - \sin \alpha)gt_1 = \left(\omega_0 - \frac{2fg \cos \alpha \cdot t_1}{r} \right)r;$$

$$t_1 = \frac{\omega_0 r}{3fg \cos \alpha - g \sin \alpha}.$$

Отсюда путь, пройденный на участке со скольжением

$$s_1 = \frac{(f \cos \alpha - \sin \alpha)g}{2} \cdot \frac{\omega_0^2 r^2}{(3fg \cos \alpha - g \sin \alpha)^2}.$$

Соответственно скорость центра масс в момент t_1

$$v_{C1} = \frac{f \cos \alpha - \sin \alpha}{3f \cos \alpha - \sin \alpha} \omega_0 r.$$

По теореме об изменении кинетической энергии материальной системы на участке без скольжения

$$\frac{3}{4}mv_{C1}^2 = mgs_2 \sin \alpha.$$

Тогда
$$s_2 = \frac{3}{4} \frac{v_{C1}^2}{g \sin \alpha} = \frac{3}{4g \sin \alpha} \left(\frac{f \cos \alpha - \sin \alpha}{3f \cos \alpha - \sin \alpha} \right)^2 \omega_0^2 r^2.$$

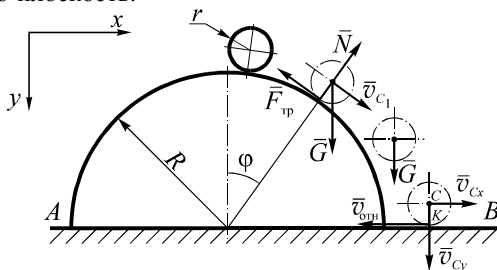
Окончательно получаем

$$s = s_1 + s_2 = \frac{(f \cos \alpha - \sin \alpha) \omega_0^2 r^2}{(3f \cos \alpha - \sin \alpha)^2 \cdot 2g} \left(1 + \frac{3(f \cos \alpha - \sin \alpha)}{2 \sin \alpha} \right) =$$

$$= \frac{(f \cos \alpha - \sin \alpha) \omega_0^2 r^2}{(3f \cos \alpha - \sin \alpha)^2 \cdot 4g \sin \alpha}.$$

Задача Д-4-2011

Диск вначале катится по поверхности цилиндра, а затем отрывается от нее и ударяется о плоскость.



Определяем скорость центра масс C и угловую скорость диска в момент отрыва от поверхности:

$$\frac{mv_{C1}^2}{R+r} = mg \cos \varphi \Rightarrow \frac{v_{C1}^2}{R+r} = g \cos \varphi; \quad \frac{v_{C1}^2}{7r} = g \cos \varphi; \quad v_{C1}^2 = 7gr \cos \varphi;$$

$$\frac{3}{4}mv_{C1}^2 = mg(R+r) \cdot (1 - \cos \varphi) = 7rg(1 - \cos \varphi) \Rightarrow v_{C1}^2 = \frac{4}{3}7gr(1 - \cos \varphi).$$

Приравнявая полученные выражения, находим

$$7gr \cos \varphi = \frac{4}{3}7gr(1 - \cos \varphi); \quad \cos \varphi = \frac{4}{3} - \frac{4}{3} \cos \varphi; \quad \cos \varphi = \frac{4}{7} \Rightarrow \sin \varphi = \frac{\sqrt{33}}{7}.$$

Следовательно, в момент отрыва

$$v_{C1}^2 = 7rg \cdot \frac{4}{7} = 4rg, \quad \omega = \frac{v_{C1}}{r} \Rightarrow \omega^2 = \frac{(4rg)^2}{r^2} = \frac{4g}{r}.$$

Теперь рассматриваем фазу полета, принимая, что переносное движение – движение центра масс, относительное движение – вращение:

$$v_{Cx} = v_{C1} \cos \varphi = \text{const};$$

$$\frac{dv_{Cy}}{dt} = g; \quad v_{Cy} \frac{dv_{Cy}}{dy} = g; \quad v_{Cy} dv_{Cy} = g dy.$$

Интегрируя, получаем
$$\frac{v_{Cy}^2}{2} - \frac{v_{Cy1}^2}{2} = g[(R+r) \cos \varphi - r];$$

$$v_{C_y}^2 - v_{C_{y1}}^2 = 2g r(7 \cos \varphi - 1); v_{C_{y1}} = v_C \sin \varphi;$$

$$v_{C_y}^2 = 2gr \left(7 \cdot \frac{4}{7} - 1 \right) + 4rg \cdot \frac{33}{49} = 6rg + 4rg \frac{33}{49} = 6rg \left(1 + \frac{22}{49} \right).$$

Учитывая, что в процессе полета угловая скорость диска остается постоянной, для момента приземления имеем:

$$\bar{v}_{\text{абс}_x} = \bar{v}_{\text{пер}_x} + \bar{v}_{\text{отн}_x}; v_{K_x} = v_{C_{x0}} - \omega r = v_C \cos \varphi - 2\sqrt{\frac{g}{r}} r = 2\sqrt{gr} = -\frac{6}{7}\sqrt{gr};$$

$$\bar{v}_{\text{абс}_y} = \bar{v}_{\text{пер}_y}; v_{K_y}^2 = v_{C_y}^2 = 6rg \left(1 + \frac{22}{49} \right);$$

$$v_K^2 = v_{K_x}^2 + v_{K_y}^2 = \frac{36}{49} gr + 6gr \left(1 + \frac{22}{49} \right) = \frac{66}{7} gr.$$

Таким образом,
$$v_C = \sqrt{\frac{66}{7} gr}.$$

4 ОТВЕТЫ К ЗАДАЧАМ КОНКУРСА «БРЕЙН-РИНГ»

1. $\bar{R} = 0, 3, 7$; $|\bar{R}| = \sqrt{58}$ Н. 2. $P \frac{\sqrt{2Rh - h^2}}{R - h}$. 3. 30° . 4. $\frac{1}{4}$.
5. $\frac{3P + 4P \cos^2 \alpha}{8 \cos^2 \alpha}$. 6. $20\sqrt{3} = 34,64$. 7. $T = 20$ Н; $G_2 = 10\sqrt{3} = 17,3$ Н.
8. $\frac{F \sin \gamma}{2 \sin \beta}$. 9. $1,52a$. 10. $\frac{2}{3} Fa$. 11. $\frac{v_A ah}{(H - h)^2}$. 12. $\frac{v_0 R \operatorname{tg} \alpha}{R \operatorname{tg} \alpha - v_0 t}$.
13. $\frac{\sqrt{200} - \sqrt{198}}{\sqrt{g}} = 0,023$ с. 14. $v = 10 \cdot (3\varphi)^{2/3}$. 15. $-\frac{5}{4}\pi = -3,9 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$. 16. $0,3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.
17. $\frac{3r_4}{r_3 r_5}$. 18. $60\sqrt{3} = 104 \frac{\text{см}}{\text{с}}$. 19. $\frac{5\omega_1 - 3\omega_2}{4}$. 20. $\frac{\omega_1^2 l_1 \cos \alpha}{l_2} (l_2 + l_1 \cos \alpha)$.
21. 0,34. 22. $\alpha = \arccos \frac{g}{\omega^2 l}$. 23. 100 м. 24. 9 мм; 6 ударов. 25. 60 кДж.
26. $t_2 = t_1 \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2}$. 27. 2,12 м. 28. $2F + 660$; ($F_{\min} = 745$ Дж).
29. $\arccos \left(1 - \frac{3v^2}{4gl} \right)$. 30. $\frac{2g}{5R}$.

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		
Землянов Владислав Владимович	МФТИ	7,0	6,0	10,0	10,0	10,0	9,0	10,0	10,0	72	1
Власюк Александр Александрович	МФТИ	6,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	6,0	72	1
Степанов Николай Анатольевич	МФТИ	5,0	6,0	7,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	68	2
Козюлин Михаил Викторович	НГУ	5,0	9,0	10,0	4,0	10,0	10,0	10,0	10,0	68	2
Кудряшова Нина Николаевна	МФТИ	8,0	3,0	7,0	3,0	10,0	9,0	10,0	8,0	58	3
Крачков Петр Александрович	НГУ	6,0	1,0	9,0	4,0	10,0	9,0	10,0	6,0	55	4
Побойко Игорь Валерьевич	МФТИ	5,0	4,0	9,0	2,0	10,0	5,0	9,0	10,0	54	5
Терещенко Константин Алексеевич	КГТУ	5,0	0,0	9,0	10,0	10,0	9,0	10,0	1,0	54	5
Карелина Любовь Николаевна	МФТИ	7,0	1,0	5,0	4,0	10,0	10,0	10,0	5,0	52	6
Балицкий Ярослав Владимирович	МФТИ(лз)	6,0	0,0	6,0	10,0	10,0	8,0	7,0	2,0	49	7
Насибуллин Ильназ Ирекович	КГТУ	6,0	9,0	10,0	10,0	2,0	3,0	2,0	7,0	49	7
Иевлев Евгений Альбертович	СПбГУ	7,0	0,0	4,0	4,0	10,0	6,0	8,0	7,0	46	8
Божко Андрей Александрович	ХНУ	5,0	3,0	7,0	4,0	9,0	3,0	7,0	8,0	46	8
Шушпанов Михаил Павлович	УрФУ	5,0	1,0	9,0	4,0	10,0	8,0	3,0	3,0	43	9
Галимов Айдар Альбертович	УГНТУ	6,0	2,0	7,0	4,0	10,0	5,0	3,0	3,0	40	10
Созонов Николай Сергеевич	Пермь	4,0	2,0	2,0	4,0	10,0	6,0	4,0	4,0	36	11
Мирошников Константин Владимирович	УрФУ	3,0	3,0	8,0	3,0	10,0	5,0	3,0	0,0	35	12
Бочава Петр Нугзариевич	Военмех	4,0	0,0	7,0	3,0	7,0	3,0	3,0	8,0	35	12
Майстренко Алексей Александрович	ХНУ	7,0	0,0	2,0	1,0	9,0	7,0	9,0	0,0	35	12
Шпак Константин Викторович	ХНУ	5,0	0,0	0,0	4,0	10,0	5,0	3,0	5,0	32	13
Лебедев Дмитрий Сергеевич	Военмех	1,0	1,0	4,0	4,0	10,0	4,0	2,0	6,0	32	13
Динвай Евгений Михайлович	СПбГУ	3,0	2,0	1,0	4,0	7,0	6,0	7,0	1,0	31	14
Головчик Артур Генадьевич	БГУ	5,0	1,0	7,0	4,0	10,0	0,0	3,0	0,0	30	15
Пармакли Игорь Игоревич	ХНУ	5,0	2,0	5,0	4,0	10,0	1,0	3,0	0,0	30	15
Кобзарь Николай Юрьевич	ГГТУ	5,0	1,0	3,0	4,0	10,0	0,0	2,0	5,0	30	15

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		
Киселева Ольга Сергеевна	УрФУ	6,0	0,0	3,0	8,0	2,0	6,0	3,0	1,0	29	16
Костандов Максим Васильевич	ЮУрГУ	5,0	1,0	7,0	4,0	7,0	0,0	3,0	2,0	29	16
Головчик Александр Иванович	БНТУ	5,0	0,0	3,0	3,0	4,0	6,0	3,0	5,0	29	16
Габбасов Ильшат Муллаурович	УГНТУ	5,0	0,0	4,0	4,0	10,0	1,0	3,0	2,0	29	16
Макарец Александр Вячеславович	ХНУ	4,0	1,0	4,0	4,0	10,0	2,0	2,0	2,0	29	16
Судак Даниил Юрьевич	БрГТУ	5,0	3,0	0,0	0,0	9,0	10,0	2,0	0,0	29	16
Мингинович Александр Валерьевич	БелГУТ	5,0	0,0	1,0	4,0	10,0	1,0	3,0	5,0	29	16
Рязанов Андрей Владимирович	ЮУрГУ	5,0	0,0	7,0	3,0	10,0	0,0	3,0	0,0	28	17
Лапухин Сергей Евгеньевич	ГГТУ	5,0	3,0	8,0	4,0	7,0	0,0	0,0	0,0	27	18
Светличный Леонид Игоревич	Обнинск	1,0	0,0	3,0	1,0	10,0	2,0	9,0	1,0	27	18
Шайхутдинов Рамиль Камилевич	КГТУ	4,0	2,0	4,0	7,0	3,0	5,0	2,0	0,0	27	18
Христолюбов Николай Рудольфович	КГТУ	5,0	4,0	4,0	4,0	6,0	0,0	3,0	0,0	26	19
Марушкевич Виталий Николаевич	БелГУТ	5,0	5,0	6,0	4,0	3,0	3,0	0,0	0,0	26	19
Затинацкий Дмитрий Анатольевич	УГНТУ	6,0	1,0	2,0	2,0	9,0	0,0	3,0	3,0	26	19
Прибыток Дмитрий Геннадьевич	БГУ	1,0	0,0	7,0	2,0	10,0	0,0	2,0	4,0	26	19
Джунковский Артем Александрович	Военмех	1,0	0,0	5,0	4,0	8,0	2,0	3,0	2,0	25	20
Стариков Сергей Александрович	ЮУрГУ	6,0	0,0	7,0	4,0	3,0	1,0	2,0	0,0	23	21
Климовский Дмитрий Андреевич	СибГАУ	5,0	0,0	8,0	2,0	1,0	0,0	3,0	3,0	22	22
Катуженец Сергей Леонидович	БелГУТ	1,0	0,0	3,0	0,0	8,0	7,0	2,0	1,0	22	22
Файзуллин Филипп Фердаусович	Пермь	1,0	3,0	8,0	0,0	8,0	0,0	1,0	1,0	22	22
Полищук Артем Сергеевич	БГУ	5,0	2,0	0,0	2,0	7,0	0,0	3,0	3,0	22	22
Жук Роман Сергеевич	БГУ	5,0	1,0	7,0	0,0	3,0	3,0	1,0	2,0	22	22
Афонченко Максим Сергеевич	БелГУТ	5,0	2,0	1,0	0,0	4,0	6,0	3,0	0,0	21	23
Полешкин Сергей Олегович	НГУ	5,0	1,0	0,0	4,0	7,0	2,0	1,0	0,0	20	24
Хазипов Динар Надиорович	УГНТУ	4,0	0,0	5,0	0,0	3,0	2,0	1,0	5,0	20	24

Балыш Артем Валерьевич	ПГУ	0,0	0,0	0,0	8,0	5,0	6,0	0,0	0,0	19	25
Арефьев Михаил Игоревич	СПбГУ	1,0	1,0	0,0	0,0	4,0	0,0	3,0	10,0	19	25
Костянко Анна Геннадьевна	ХНУ	2,0	0,0	6,0	4,0	3,0	0,0	3,0	1,0	19	25
Мамсик Дмитрий Александрович	ГГТУ	5,0	1,0	2,0	1,0	1,0	6,0	3,0	0,0	19	25
Онучин Егор Сергеевич	ЮУрГУ	3,0	0,0	4,0	3,0	3,0	2,0	2,0	1,0	18	26
Ачаковский Олег Игоревич	Обнинск	1,0	0,0	0,0	3,0	4,0	0,0	9,0	1,0	18	26
Борздов Артем Леонидович	ПГУ	3,0	0,0	5,0	3,0	2,0	0,0	3,0	0,0	16	27
Скоблик Евгений Васильевич	БелГУТ	5,0	0,0	1,0	0,0	0,0	7,0	3,0	0,0	16	27
Олигеров Николай Николаевич	Обнинск	1,0	0,0	0,0	1,0	10,0	0,0	3,0	1,0	16	27
Дворниченко Александр Сергеевич	ДНУЖТ	6,0	1,0	3,0	0,0	1,0	0,0	3,0	1,0	15	28
Муллагалиев Эрик Андреевич	КФУ	4,0	0,0	1,0	0,0	8,0	0,0	1,0	1,0	15	28
Завадский Вадим Викторович	БрГТУ	3,0	0,0	1,0	3,0	8,0	0,0	0,0	0,0	15	28
Лоборев Иван Михайлович	БРУ	5,0	0,0	1,0	0,0	6,0	1,0	2,0	0,0	15	28
Кожемятов Константин Юрьевич	ПГУ	5,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	2,0	0,0	15	28
Ребко Дмитрий Вячеславович	КИИ МЧС	5,0	1,0	3,0	3,0	0,0	0,0	3,0	0,0	15	28
Касимов Рафаэль Равилевич	КГТУ	1,0	4,0	3,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	15	28
Ломовцева Екатерина Игоревна	Саратов	3,0	0,0	4,0	4,0	0,0	0,0	3,0	1,0	15	28
Пургин Андрей Александрович	УрФУ	1,0	0,0	5,0	0,0	1,0	0,0	3,0	4,0	14	29
Веренич Андрей Анатольевич	БрГТУ	4,0	0,0	3,0	3,0	0,0	0,0	3,0	1,0	14	29
Игошев Андрей Петрович	СПбГУ	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	1,0	3,0	2,0	14	29
Бурьяк Марина Николаевна	ГГТУ	2,0	1,0	0,0	0,0	5,0	1,0	4,0	0,0	13	30
Ульянов Роман Вадимович	ДНУЖТ	5,0	2,0	4,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	13	30
Маркова Наталья Алексеевна	БелГУТ	1,0	1,0	3,0	0,0	1,0	4,0	2,0	1,0	13	30
Баяков Дмитрий Федорович	СиБГАУ	4,0	0,0	3,0	0,0	1,0	2,0	3,0	0,0	13	30
Паскин Сергей Александрович	ЮУрГУ	2,0	0,0	2,0	4,0	0,0	1,0	3,0	0,0	12	31
Папушина Надежда Константиновна	СиБГАУ	3,0	0,0	3,0	1,0	2,0	0,0	3,0	0,0	12	31
Зямбаев Никита Александрович	ЮУрГУ	1,0	0,0	3,0	0,0	3,0	1,0	4,0	0,0	12	31
Гутников Юрий Михайлович	МГВАК	0,0	0,0	0,0	1,0	8,0	0,0	1,0	2,0	12	31

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		
Мешкова Юлия Михайловна	СПбГУ	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0	3,0	5,0	0,0	12	31
Ксензов Андрей Викторович	БРУ	1,0	2,0	1,0	0,0	3,0	1,0	3,0	1,0	12	31
Клюшников Георгий Николаевич	СПбГУ	4,0	0,0	3,0	2,0	1,0	0,0	1,0	0,0	11	32
Терещенко Евгений Николаевич	ДНУЖТ	0,0	3,0	0,0	4,0	0,0	0,0	3,0	1,0	11	32
Рылач Иван Владимирович	БГУ	4,0	0,0	1,0	2,0	1,0	0,0	3,0	0,0	11	32
Калинин Даниил Игоревич	Военмех	2,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	3,0	3,0	10	33
Чижов Александр Юрьевич	ЮЗГУ	1,0	3,0	2,0	0,0	0,0	0,0	3,0	1,0	10	33
Бабин Даниил Анатольевич	ЮЗГУ	1,0	0,0	0,0	4,0	1,0	0,0	3,0	1,0	10	33
Фатхриев Дамир Ильгизович	КФУ	5,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	10	33
Камалутдинов Айрат Марсович	КФУ	5,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	10	33
Веселевич Александр Иванович	БрГТУ	5,0	0,0	1,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10	33
Хомич Ксения Викторовна	КИИ МЧС	5,0	1,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9	34
Суслов Павел Сергеевич	ГГТУ	1,0	0,0	2,0	0,0	3,0	0,0	3,0	0,0	9	34
Жаворонков Илья Сергеевич	КИИ МЧС	3,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	1,0	1,0	9	34
Тараренко Иван Михайлович	БГСХА	3,0	4,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	9	34
Шавликов Павел Александрович	БРУ	1,0	1,0	2,0	2,0	1,0	1,0	0,0	1,0	9	34
Кравченко Михаил Анатольевич	БРУ	2,0	1,0	2,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	9	34
Титаков Павел Игоревич	УрФУ	1,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	3,0	1,0	8	35
Охотников Дмитрий Иванович	КФУ	4,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	1,0	0,0	8	35
Лосев Максим Олегович	БРУ	3,0	0,0	3,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	8	35
Якимович Алексей Михайлович	КИИ МЧС	1,0	1,0	4,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	8	35
Гайнутдинов Александр Васильевич	СибГАУ	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	3,0	0,0	7	36
Пиотровски Адриан	Польша	5,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	7	36
Клименко Игорь Владимирович	ДНУЖТ	5,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	7	36
Лобан Татьяна Николаевна	ГГТУ	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	2,0	0,0	7	36

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		
Ворочаев Александр Валерьевич	ЮЗГУ	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2	41
Морозов Александр Сергеевич	ИГЭУ	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2	41
Глухов Егор Игоревич	УВАУГА	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	2	41
Огай Вячеслав Франкович	ИГЭУ	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1	42
Штык Виталий Васильевич	ВАРБ	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	42
Шамак Денис Николаевич	БНТУ	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	42
Скрипко Александр Николаевич	БГСХА	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	42
Дрозд Дмитрий Андреевич	БГСХА	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	42
Масло Максим Геннадьевич	БНТУ	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	42
Воробьев Сергей Евгеньевич	ИГЭУ	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	42
Хаванский Роман Игоревич	ВАРБ	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1	42
Бураков Дмитрий Николаевич	ВАРБ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1	42
Байко Евгений Николаевич	ВАРБ	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1	42

6 РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КОНКУРСА (КОМАНДНЫЙ ЗАЧЕТ)

Команда	Сумма баллов	Место	Команда	Сумма баллов	Место
МФТИ	212	1	ДНУЖТ	39	17
НГУ	143	2	БРУ	36	18
КГТУ	130	3	БНТУ	36	18
ХНУ	113	4	КФУ	35	19
УрФУ	107	5	КИИ МЧС	33	20
СПбГУ	96	6	Саратов	25	21
УГНТУ	95	7	ЮЗГУ	22	22
Военмех	92	8	ТулГУ	21	23
ЮУрГУ	80	9	БГСХА	18	24
БГУ	78	10	БарГУ	12	25
БелГУТ	77	11	МГВАК	12	25
Пермь	62	12	УВАУГА	8	26
ГГТУ	62	12	Польша	7	27
Обнинск	61	13	ВАРБ	5	28
БрГТУ	58	14	ИГЭУ	4	29
ПГУ	50	15	МГУП	2	30
СибГАУ	47	16			

7 РУКОВОДИТЕЛИ КОМАНД-УЧАСТНИЦ ОЛИМПИАДЫ

Бобер Ольга Александровна – Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (БГСХА), г. Горки.

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

Верещагин Антон Сергеевич – Новосибирский государственный университет

Гавриленя Андрей Константинович – Барановичский государственный университет (БарГУ).

Гаврилов Дмитрий Николаевич – Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ).

Данилова Екатерина Владимировна – Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М. Ф. Решетнева (СибГАУ), г. Красноярск.

Иванов Данил Сергеевич – Московский физико-технический институт.

Илихменев Андрей Львович – Балтийский государственный технический университет им. Д. Ф. Устинова (ВОЕНМЕХ), г. Санкт-Петербург.

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

Кожанов Василий Сергеевич – Саратовский государственный университет (СГУ)

Коренский Валерий Федорович – Полоцкий государственный университет (ПГУ).

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

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

Круподеров Андрей Валентинович – Белорусский государственный университет (БГУ), г. Минск.

Кучерявый Сергей Иванович – Обнинский институт атомной энергетики (ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

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

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

Муштари Айрат Ильдарович – Казанский государственный технологический университет.

Попов Алексей Анатольевич – Военная академия Республики Беларусь.

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

Рощева Татьяна Анатольевна – Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (УрФУ), г. Екатеринбург.

Сазонов Дмитрий Юрьевич – Тульский государственный университет (ТГУ).

Сиднева Ирина Евгеньевна – Ульяновское высшее авиационное училище гражданской авиации.

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

Сюбаров Александр Иванович – Минский государственный высший авиационный колледж.

Тарасов Виктор Куприянович – Тульский государственный университет (ТГУ).

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

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

Халецкий Марек – Варшавский университет естественных наук (SGGW).

Чупин Антон Викторович – Пермский государственный университет (ПГУ).

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

Щевелёва Мария Петровна – Южно-Уральский государственный университет (ЮУрГУ), г. Челябинск.

Щербаков Сергей Сергеевич – Белорусский государственный университет (БГУ), г. Минск.

В олимпиаде также самостоятельно принимали участие студенты вузов:

Казанский федеральный университет (КФУ),

Могилевский государственный университет продовольствия (МГУП).

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-2	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	1	1	1	1	1	1	29	1
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	1	1	1	1	1	1	1	1	26*	2
ХНУ-1	1	1		1			1	1		1	1		1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1		1	22	3	
НГУ	1			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1		1		1	1			1	21	4	
УГНТУ	1	1			1	1	1	1			1		1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		21	4	
КГТУ		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1				1	1		1	1	1				1	20	5	
БелГУТ-1	1				1		1	1	1			1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1		1				1	18	6	
ЮУрГУ-1		1		1	1	1	1	1			1		1			1	1	1		1		1	1	1	1	1					17	7	
УрФУ	1	1			1	1	1	1	1		1	1			1		1	1		1	1	1		1	1						16	8	
Военмех	1	1	1			1	1				1		1	1	1	1	1			1	1	1				1	1				16	8	
Сборная-1		1	1	1	1		1	1	1	1			1				1	1					1			1	1	1			15	9	
БрГТУ				1		1	1		1						1	1	1	1				1	1	1		1	1			1	14	10	
БГУ-1	1	1		1	1	1	1		1				1				1				1	1	1	1		1					14	10	
БНТУ-2		1				1	1	1			1			1	1	1			1		1	1		1		1	1				14	10	
СПбГУ-2	1	1				1	1			1	1		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1			1					14	10	
СПбГУ-1	1	1									1	1	1	1	1	1	1	1	1				1		1		1			1	13	11	
ГГТУ-2		1				1	1		1				1		1	1	1	1				1		1		1	1	1			13	11	
МГВАК						1	1	1	1				1		1	1					1		1	1	1	1	1				12	12	
ВАРБ-1	1			1				1		1			1		1		1	1	1				1	1	1	1		1			12	12	
БРУ-1						1	1	1	1	1			1		1	1	1	1			1				1	1					12	12	
КФУ				1	1	1		1			1	1					1				1		1	1							10	13	
ЮУрГУ-2	1				1	1	1	1								1						1	1		1	1					10	13	
Обнинск							1						1	1		1					1	1		1	1	1				1	10	13	
Пермь	1					1	1						1		1	1				1				1	1		1				10	13	

Окончание 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	
Полоцк						1	1	1					1				1				1	1	1			1				1	10	13	
Сборная-2		1				1	1	1					1								1	1		1		1						9	14
БНТУ-1		1				1	1	1					1	1							1	1		1								9	14
БГУ-2			1				1	1					1				1	1			1	1		1								9	14
КИИ МЧС-1				1		1		1		1											1		1	1	1	1						9	14
ХНУ-2				1														1			1	1	1	1	1	1				1		9	14
ТулГУ						1		1	1				1								1			1		1	1					8	15
ЮЗГУ	1			1									1								1		1	1	1	1						8	15
СибГАУ							1						1	1		1	1				1	1		1								8	15
БГСХА-2	1	1		1			1	1															1					1	1			8	15
КИИ МЧС-2	1												1		1	1							1	1	1	1						8	15
БелГУТ-2										1			1	1							1		1	1		1	1					8	15
ГГТУ-1				1		1			1				1								1		1									7	16
Саратов						1							1		1		1				1		1									6	17
УВАУГА	1							1					1				1					1			1							6	17
ДНУЖТ								1		1			1								1			1				1				6	17
Сборная-3						1	1		1								1				1			1								6	17
Сборная-4								1	1								1				1		1						1			6	17
ИГЭУ				1												1		1					1		1							5	18
ВАРБ-2	1			1		1			1				1																			5	18
БРУ-2									1				1						1											1		4	19
БарГУ						1	1	1					1																			4	19
БГСХА																							1									2	20
Сборная-5									1								1															2	20

* У команды МФТИ-1 за превышение времени выполнения задания снят 1 балл

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

- 1 МФТИ-2 – Власюк А. А., Землянов В. В., Кудряшова Н. Н.
- 2 МФТИ-1 – Карелина Л. Н., Побойко И. В., Степанов Н. А.
- 3 ХНУ-1 – Божко А. А., Макарец А. В., Шпак К. В.
- 4 НГУ – Козюлин М. В., Крачков П. А., Полешкин С. О.
- 4 УГНТУ – Габбасов И. М., Галимов А. А., Затицацкий Д. А.
- 5 КГТУ – Насибуллин И. И., Терещенко К. А., Христолюбов Н. Р.
- 6 БелГУТ-1 – Катуженец С. Л., Марушкевич В. Н., Мингинович А. В.
- 7 ЮУрГУ – Костандов М. В., Онучин Е. С., Рязанов А. В.
- 8 УрФУ – Киселева О. С., Мирошников К. В., Шушпанов М. П.
- 8 Военмех – Бокучава П. Н., Джунковский А. А., Лебедев Д. С.
- 9 Сборная-1 (КГТУ, УГНТУ) – Касимов Р. Р., Шайхутдинов Р. К., Хазипов Д. Н.
- 10 БрГТУ – Веренич А. А., Завадский В. В., Судак Д. Ю.
- 10 БГУ-1 – Головчик А. Г., Жук Р. С., Прибыток Д. Г.
- 10 БНТУ-2 – Ботько О. И., Головчик А. И., Мучинский А. А.
- 10 СПбГУ-2 – Динвай Е. М., Игошев А. П., Клюшников Г. Н.
- 11 СПбГУ-1 – Арефьев М. И., Иевлев Е. А., Мешкова Ю. М.
- 11 ГГТУ-2 – Кобзарь Н. Ю., Лапухин С. Е., Мамсик Д. А.
- 12 МГВАК – Гутников Ю. М.
- 12 ВАРБ-1 – Байко Е. Н., Бураков Д. Н., Хаванский Р. И.
- 12 БРУ-1 – Ксензов А. В., Лоборев И. М., Шавликов П. А.
- 13 КФУ – Камалутдинов А. М., Муллагалиев Э. А., Фатхриев Д. И.
- 13 ЮУрГУ-2 – Зямбаев Н. А., Паскин С. А., Стариков С. А.
- 13 Обнинск – Ачаковский О. И., Олигеров Н. Н., Светличный Л. И.
- 13 Пермь – Эйсмонт Е. Р., Файзуллин Ф. Ф., Созонов Н. С.
- 13 Полоцк – Балыш А. В., Борздов А. Л., Кожемятов К. Ю.
- 14 Сборная-2 (БрГТУ, Польша) – Бакетов М. А., Мацкевич Ю. Н., Adrian Piotrowski
- 14 БНТУ-1 – Козелько С. Ф., Масло М. Г., Шамак Д. Н.
- 14 БГУ-2 – Полищук А. С., Рылач И. В.
- 14 КИИ МЧС-1 – Ребко Д. В., Хомич К. В., Якимович А. М.
- 14 ХНУ-2 – Костянюк А. Г., Майстренко А. А., Пармакли И. И.
- 15 ТулГУ – Логунов М. А., Силаев А. И., Шипулин Н. А.
- 15 ЮЗГУ – Бабин Д. А., Ворочаев А. В., Чижов А. Ю.
- 15 СибГАУ – Баляков Д. Ф., Климовский Д. А., Папушина Н. К.
- 15 БГСХА-2 – Демидович А. Н., Майсюк А. С., Тараренко И. М.

- 15 КИИ МЧС-2 – Дробыш А. С., Жаворонков И. С., Николайчик В. О.
15 БелГУТ-2 – Маркова Н. А., Афонченко М. С., Скоблик Е. В.
16 ГГТУ-1 – Бурьяк М. Н., Лобан Т. Н., Суслов П. С.
17 Саратов – Лобанков Я. В., Ломовцева Е. И., Тарасов А. А.
17 УВАУГА – Глухов Е. И., Севостьянов Ф. Д., Соротокин В. А.
17 ДНУЖТ – Дворниченко А. С., Терещенко Е. Н., Ульянов Р. В.
17 Сборная-3 (СибГАУ, БарГУ) – Гайнутдинов А. В., Каменюк О. В., Фурс В. В.
17 Сборная-4 (УрФУ, Военмех) – Титаков П. И., Пургин А. А., Калинин Д. И.
18 ИГЭУ – Воробьев С. Е., Морозов А. С., Огай В. Ф.
18 ВАРБ-2 – Бриштен М. М., Пастушонок А. В., Штык В. В.
19 БРУ-2 – Кравченко М. А., Лежава А. А., Лосев М. О.
19 БарГУ – Лапковская Д. В., Маркович М. С., Тихон С. Н.
20 БГСХА-1 – Анисенко О. Н., Дрозд Д. А., Скрипка А. Н.
20 Сборная-5 (ДНУЖТ, МГУП, ТулГУ) – Клименко И. В., Кожемяко Е. А., Клинцов Г. Н.