

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ – 2010

ISBN 978-985-468-924-1. Механика. Научные исследования
и учебно-методические разработки. Вып. 5. Гомель, 2011

УДК 378.141.2/.5:531

А. О. ШИМАНОВСКИЙ, И. Е. КРАКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель

ИТОГИ МЕЖДУНАРОДНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ 2010 года

Приведена информация о Международной олимпиаде по теоретической механике 2010 года, состоявшейся 26–29 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 шестой раз. Ознакомиться с особенностями проведения предыдущих таких мероприятий можно из изданных нами сборников [1–5]. 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 2010 году олимпиада собрала 142 студента из 33 вузов четырех государств.

Олимпиада 2010 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 командном 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 решения не проверяются, а победитель определяется по сумме правильных ответов. Если команды набирали равное количество правильных ответов, то им присуждалось одинаковое место. Студенты, не согласные с оценкой их решений задач теоретического конкурса, могли оспорить и доказать правильность решений во время апелляции.

Анализируя решения задач олимпиады, можно отметить, что студенты в основной своей массе отдавали предпочтение задачам по статике и динамике. За их решения бралось как правило более 50 % участников. В отличие от предыдущих олимпиад большую сложность вызвали задачи по кинематике, что можно объяснить недостаточно глубокими знаниями по теме «Сложное движение точки». Хотя стоит отметить, что названные задачи нетривиальны и требуют помимо знания типовых соотношений, хорошего понимания материала и владения геометрией.

Эффективность решения задач была различной (рисунок 1). Неплохие результаты по задаче С-1 можно объяснить тем, что она была похожа на типовой расчет ферм. Студентов не смутило объединение двух ферм в одну сочлененную конструкцию с помощью шарнира. По результатам оценки решений полный балл по этой задаче удалось набрать 7 участникам. Несмотря на то, что 86 % студентов брались за решение задачи С-2, однако набрать полный балл не удалось никому. Это можно объяснить необходимостью учета возможности скольжения только в одной из двух точек, в которых имеет место трение.

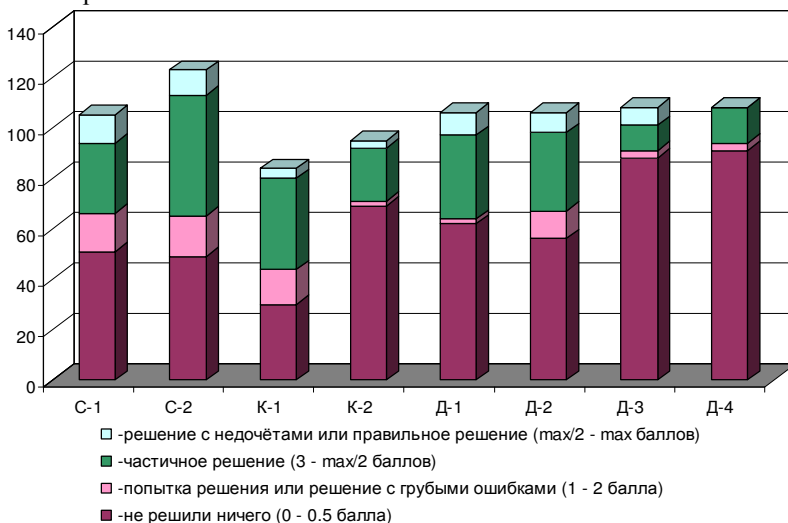


Рисунок 1 – Распределение числа набранных баллов по задачам

Около 50 % участников олимпиады решали задачи по кинематике, но полностью справиться с решением задачи К-1 смогли только 3 человека, а с задачей К-2 – всего один. Как отмечалось выше, данные задачи требовали глубокого знания теории сложного движения точки и плоскопараллельного движения тела.

Из всех представленных к решению задач по динамике более успешно решалась задача Д-2: трем конкурсантам удалось решить ее полностью и двое не добрали один балл до полного, которым оценивалось решение. Эта задача требовала наименьшего количества сложных математических действий и имеет больше типовых элементов решения. Особенностью задачи Д-1 явилось переменное направление силы трения, о чем не догадались около половины студентов, бравшихся за ее решение. В задаче Д-3 наряду с расчетом системы с двумя степенями свободы, который сам по себе представляет достаточно сложную тему, для анализа опрокидывания требовалось применение принципа Даламбера. Особенностью последнего конкурсного задания Д-4 является переменность момента инерции полуцилиндра относительно его мгновенного центра скоростей, что приводит к сложной форме записи динамического уравнения моментов относительно МЦС. Именно этот нетривиальный факт не позволил студентам дойти до правильного ответа.

На диаграмме (рисунок 2) отражен в процентном отношении средний балл, набранный за решение каждой из задач лидерами, показавшими лучшие результаты, однако оказалось, что три человека набрали одинаковую сумму баллов, разделив одно место), и всеми участниками олимпиады. Приведенный график, демонстрирует весьма большой отрыв лидеров, который можно объяснить высокой сложностью предложенных задач. Вероятно, сказались также громоздкость их решения. В связи с этим при составлении новых задач будущих олимпиад целесообразно предусмотреть, чтобы их решения были менее объемными.

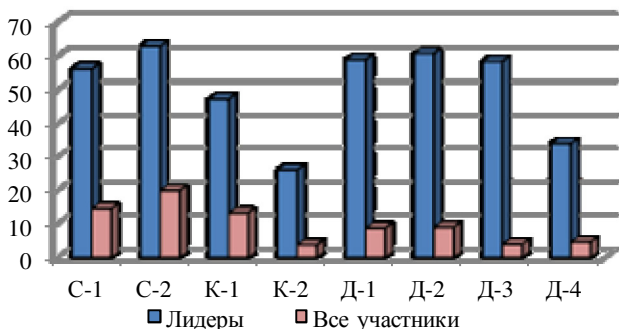


Рисунок 2 – Результативность решения задач олимпиады 2010 г.

Первые три места личного зачета распределились среди представителей Московского физико-технического института (МФТИ) и Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ», причем основные баллы были набраны ими при решении задач динамики. Победитель олимпиады Ефимов С. С. (МФТИ) набрал 49 баллов из 60 возможных. В командном зачете первое место заняла команда МФТИ (постоянные победители Всероссийских олимпиад по теоретической механике), значительно оторвавшись по числу набранных ими баллов от остальных команд.

В конкурсе «Брейн-ринг» в отличие от предыдущих олимпиад каждую задачу решили по крайней мере несколько команд, что говорит об удачном подборе условий.

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.

A. O. SHIMANOVSKY, I. E. KRAKOVA

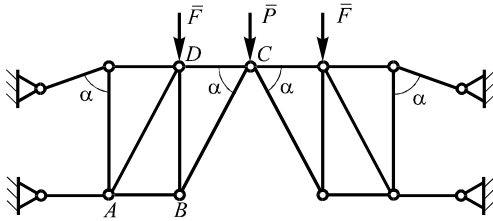
INTERNATIONAL ENGINEERING MECHANICS CONTEST 2010 RESULTS

There is the information about International Engineering Mechanics Contest 2010, 26-29 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

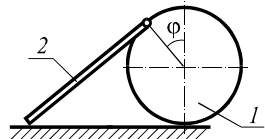
Задача С1–2010 (8 баллов)



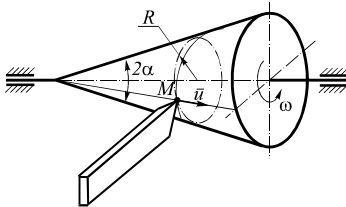
В изображенной на рисунке стержневой конструкции все стержни невесомые. Найти, при каком соотношении между силами F и P внутренние силы в стержнях AB и CD будут отличаться в 5 раз. $\alpha = 60^\circ$.

Задача С2–2010 (7 баллов)

Однородный диск массой m_1 и радиусом R шарнирно соединен с однородным стержнем массой m_2 и длины l . Определить минимальное значение коэффициента трения сцепления между телами и поверхностью, при котором система будет находиться в равновесии в положении, определяемом углом φ .



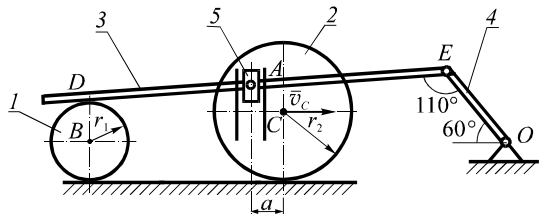
Задача К1–2010 (7 баллов)



Резец движется поступательно вдоль поверхности конуса с постоянной скоростью \vec{u} . Определить радиус кривизны траектории точки M резца относительно конуса в том месте, где его радиус равен R , если конус вращается равномерно с угловой скоростью ω вокруг неподвижной оси и угол при вершине конуса равен 2α .

Задача К2–2010 (8 баллов)

Плоский механизм состоит из катков 1 и 2 с радиусами $r_1 = 30$ см и $r_2 = 50$ см, шарнирно соединенных стержней 3, 4 и ползуна 5, шарнирно связанного со стержнем 3. Ползун 5 движется в канале катка 2 ($a = 25$ см).



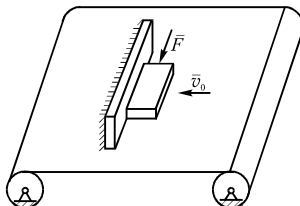
Определить скорость v_B центра катка 1 и угловую скорость ω_4 звена 4, если скорость центра катка 2 равна v_C . Катки 1 и 2 относительно опорной поверхности, а также каток 1 относительно стержня 3 (они

контактируют в точке D) не проскальзывают. В данном положении $DA = AE = 60$ см. Длину EO стержня 4 считать известной.

Замечание – Конкретные численные значения тригонометрических функций можно не вычислять, ограничиваясь выражениями вида $\sin 35^\circ$ и т. п.

Задача Д1–2010 (6 баллов)

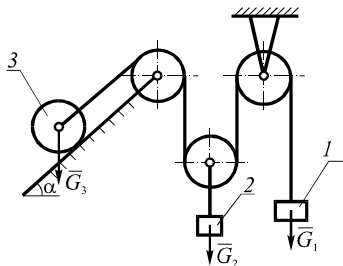
Груз, находящийся на ленте транспортера, движется в поперечном направлении под действием постоянной силы F . Движению груза в продольном направлении препятствует неподвижная преграда.



1 Определить наименьшее значение силы F_{\min} , при котором возможно движение.

2 Найти максимально возможное значение скорости, которую может набрать груз под действием силы $F = 2F_{\min}$.

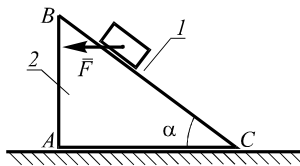
Задача Д2–2009 (10 баллов)



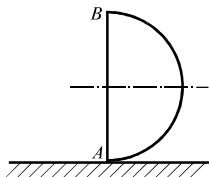
Чему должен быть равен вес груза 1 G_1 , чтобы этот груз был неподвижным в механической системе, у которой $G_2 = 3G$, $G_3 = G$. Массами необозначенных цифрами блоков, нитей и трением в шарнирах пренебречь. Считать тело 3 сплошным однородным диском. Коэффициент трения между диском 3 и поверхностью равен f .

Задача Д3–2009 (8 баллов)

Груз 1 массы m_1 скользит по боковой грани призмы 2 массы m_2 , перемещающейся по горизонтальной плоскости. Трение между телами отсутствует. Угол α известен. Найти минимальное значение горизонтальной силы F , при котором начнется опрокидывание призмы (т. е. произойдет отрыв точки C от плоскости).



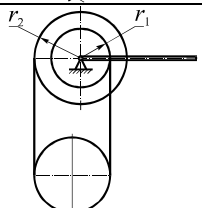
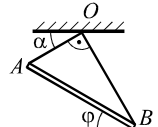
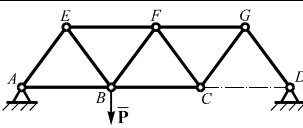
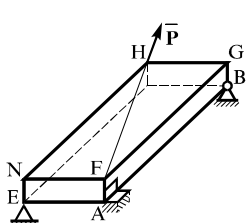
Задача Д4 –2009 (6 баллов)



Найти максимальную угловую скорость и максимальное угловое ускорение однородного полуцилиндра радиуса r , если в начальный момент времени его грань AB вертикальна и полуцилиндр неподвижен. Считать, что качение происходит без проскальзывания.

2 УСЛОВИЯ ЗАДАЧ КОНКУРСА «БРЕЙН-РИНГ»

СТАТИКА

<p>1. К концу висящей вертикально пружины, массой которой можно пренебречь, подвешивают груз массы m. Затем к середине уже растянутой пружины подвешивают еще один груз такой же массы. Определить длину растянутой пружины. Коэффициент жесткости пружины равен c, а ее длина в нерастянутом состоянии l_0.</p>	
	<p>2. Цилиндр веса $G = 10$ Н удерживается в равновесии наклонной плоскостью и нитью. Углы $\alpha = 60^\circ$. Определить натяжение нити.</p>
	<p>3. Какую силу можно приложить к концу рукоятки дифференциального ворота, чтобы удержать груз массой $m=50$ кг, если длина рукоятки $l=98$ см, $r_1=20$ см, $r_2=10$ см?</p>
	<p>4. Однородный стержень AB, подвешенный на нитях OA и OB, находится в равновесии. Нити составляют между собой прямой угол. Нить OA наклонена к горизонту под углом α. Определите угол ϕ наклона стержня к горизонту.</p>
	<p>5. Полуцилиндр массы m_1 стоит на горизонтальной плоскости. На него опирается стержень AB массы m_2, расположенный в вертикальных направлениях. Пренебрегая трением, определить силу F, удерживающую систему в равновесии. Размеры указаны на чертеже.</p>
	<p>6. К ферме приложена внешняя сила P. Определить реакцию связи в точке D, если длины всех горизонтальных стержней, а также расстояние CD равны 6 м (стержня CD нет), а длина каждого наклонного стержня составляет 5 м.</p>
	<p>7. Прямоугольная однородная плита веса Q соединена с неподвижным основанием цилиндрическим шарниром A и сферическим шарниром B. Плита удерживается в горизонтальном положении острием E, упирающимся в гладкую поверхность нижней грани плиты. К верхней грани плиты $FGHN$ приложена сила P, направленная вдоль прямой FH. Определить реакцию острия E, если $AF = \frac{AB}{12} = \frac{AE}{5}$.</p>

	<p>8. К середине невесомой балки AB длины l приложена активная сила \vec{F}. Известны углы α, β, γ. Определить реакцию опоры в точке B.</p>
	<p>9. Из однородной пластины в виде квадрата $ABCD$ со стороной a вырезан квадрат $AB_1C_1D_1$ так, что стороны обоих квадратов параллельны. Какова должна быть сторона x меньшего квадрата для того, чтобы центр тяжести оставшейся после выреза части совпал с точкой C_1?</p>
	<p>10. Определить главный момент относительно центра O системы сил, приложенной к кубу с ребром $a = 2$ м.</p> <p>Дано: $F_1 = 4\sqrt{2}$ Н; $F_2 = 4$ Н; $F_3 = 4$ Н; $F_4 = 8$ Н.</p>

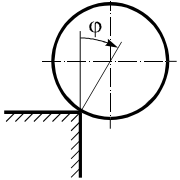
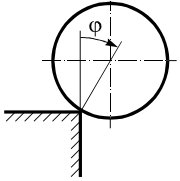
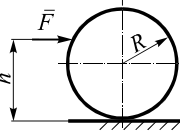
КИНЕМАТИКА

	<p>11. К ползуну, который может перемещаться по направляющей рейке, прикреплен шнур, продетый через кольцо. Шнур выбирают со скоростью v. Определить скорость ползуна в момент, когда шнур составляет с горизонталью угол α.</p>
<p>12. Точка движется так, что пройденное расстояние s пропорционально разности начальной скорости v_0 и скорости v в данный момент. Коэффициент пропорциональности равен k. Определить зависимость скорости от времени.</p>	
<p>13. Сколько времени продолжалось прямолинейное движение парашютиста с постоянным ускорением, если за последнюю секунду он пролетел путь в три раза меньший, чем за все предыдущее время полета?</p>	
<p>14. Диск, диаметр которого 4 см, вращается так, что угловая скорость его изменяется по закону $\omega = 2\pi t^2$ рад/с. Определить касательное ускорение точки на ободе диска в тот момент, когда диск повернулся на угол $\phi = 18\pi$ рад.</p>	
<p>15. Точка движется по окружности радиуса R равноускоренно из состояния покоя и совершает первый полный оборот за t секунд. Определить модуль ускорения точки в конце этого промежутка времени.</p>	
<p>16. Вал радиуса 25 см вращается равноускоренно из состояния покоя, причем он совершил два первых оборота за 2 секунды. Определить величину нормального ускорения точки обода вала в конце пятой секунды.</p>	

	<p>17. В плоском механизме направляющие ползун 1 и 5 перпендикулярны между собой, а направляющая ползуна 3 образует угол α с направляющей ползуна 1. В изображенном на рисунке положении скорость точки A равна v_A. Найти угловую скорость звена 4 в указанном на рисунке положении, если $AC = BC = l$.</p>
	<p>18. Найти расстояние между мгновенными центрами скоростей тел 2 и 3 в изображенном положении механизма, если $OA = 12$ см, $AB = 24$ см, $BD = 10$ см, $CD = 5$ см.</p>
	<p>19. Цилиндр 1 радиуса R обмотан тросом, перекинутым через блок 2. Конец A троса тянут со скоростью v_A, в то время как центр цилиндра имеет скорость v_O. Определить скорость точки B на горизонтальном диаметре цилиндра, считая участок троса от цилиндра до блока вертикальным.</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 угловое ускорение ϵ_2 шатуна. Угол α задан.</p>

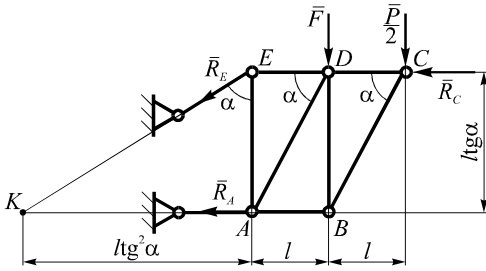
ДИНАМИКА

<p>21. Грузовой автомобиль массы $m = 4000$ кг, двигавшийся со скоростью $v = 54$ км/ч по прямолинейному горизонтальному участку пути, начинает торможение. Определить время движения автомобиля до остановки, если сила сопротивления движению $F = 8t$ кН.</p>	
	<p>22. Ползун M массы 15 кг перемещается вдоль горизонтального стержня AB под действием силы $Q = 500$ Н, направленной под углом $\alpha = 60^\circ$ к оси стержня. Определить время, в течение которого скорость ползуна увеличится на 3 м/с, если коэффициент трения $f = 0,1$.</p>

	<p>23. Буксир тянет за собой баржу со скоростью 18 км/ч. При этом натяжение буксирного каната равно 90 кН. Какую мощность развивает машина буксира, если известно, что для движения с той же скоростью без баржи машина буксира должна развивать мощность 75 кВт?</p>
	<p>24. Материальная точка движется по горизонтальной шероховатой плоскости. Получив начальную скорость \vec{v}_1, направленную вдоль плоскости, она проходит путь $s_1=2$ м, а при начальной скорости \vec{v}_2 – путь $s_2=8$ м. Какой путь пройдет эта точка по той же плоскости, если ей сообщить скорость $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$, причем скорости \vec{v}_1 и \vec{v}_2 перпендикулярны.</p>
	<p>25. Сплошной однородный цилиндр радиуса R начинает катиться без скольжения вверх по наклонной плоскости, причем его центр имеет начальную скорость v_0. Какой путь пройдет центр катка до остановки, если угол наклона плоскости равен α, а коэффициент трения качения – δ?</p>
	<p>26. Сплошной однородный цилиндр радиусом r, получив ничтожно малую начальную скорость, съезжает с гладкой горизонтальной плоскости. Определить скорость центра в момент, когда угол $\phi = 30^\circ$.</p>
	<p>27. Сплошной однородный цилиндр радиусом r, получив ничтожно малую начальную скорость, скатывается без проскальзывания с горизонтальной плоскости. Определить скорость центра в момент, когда угол $\phi = 30^\circ$.</p>
	<p>28. На каком расстоянии h от горизонтальной плоскости должна быть приложена к однородному сплошному диску радиуса R горизонтальная постоянная сила F, чтобы диск перекатывался без проскальзывания по этой плоскости, а коэффициент трения сцепления в месте контакта диска и плоскости при этом был равен нулю? Трением качения пренебречь.</p>
	<p>29. Уравнение колебательного движения материальной точки имеет вид $0,1\ddot{x} + 1,2\dot{x} + 10x = 15 \sin 10t$. Определить, будет ли при колебаниях иметь место резонанс.</p>
	<p>30. При ударе шарика о гладкую поверхность теряется одна треть его кинетической энергии. Считая, что угол падения равен 45°, найти угол отражения.</p>

3 РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КОНКУРСА

Задача С-1-2010



Поскольку конструкция симметрична относительно вертикальной оси, то реакция R_C шарнира C для изображенной на рисунке части схемы горизонтальна.

Запишем уравнение моментов относительно точки K :

$$\sum M_{iK} = 0; -F(l + l \operatorname{tg}^2 \alpha) - \frac{P}{2}(2l + l \operatorname{tg}^2 \alpha) + R_C l \operatorname{tg} \alpha = 0.$$

Отсюда
$$R_C = \frac{F \cdot 4l + \frac{P}{2} \cdot 5l}{l\sqrt{3}} = \frac{4F + 2,5P}{\sqrt{3}}.$$

Рассмотрим равновесие отсеченной части конструкции, включающей узлы B, C, D . Записывая уравнение моментов относительно точки D , найдем:

$$\sum M_{iD} = 0; -\frac{P}{2}l - R_{AB} \cdot l\sqrt{3} = 0;$$

$$R_{AB} = -\frac{P}{2\sqrt{3}}; |R_{AB}| = \frac{P}{2\sqrt{3}}.$$

Теперь отсечем часть, которая содержит только шарниры B и C . В таком случае из уравнения моментов относительно точки B находим:

$$\sum M_{iB} = 0; -\frac{P}{2}l + (R_C + R_{CD})l\sqrt{3} = 0;$$

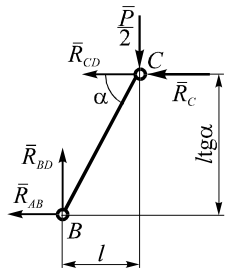
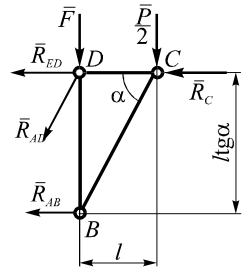
$$R_{CD} = \frac{P}{2\sqrt{3}} - R_C = \frac{P}{2\sqrt{3}} - \frac{4F}{\sqrt{3}} - \frac{5P}{2\sqrt{3}} = -\frac{4F}{\sqrt{3}} - \frac{4P}{2\sqrt{3}};$$

$$|R_{CD}| = \frac{4F + 2P}{\sqrt{3}}.$$

Из полученных выражений видно, что $|R_{AB}| < |R_{CD}|$. Тогда, поскольку по условию $5|R_{AL}| = |R_{BC}|$, т. е. $\frac{5P}{2\sqrt{3}} = \frac{4F + 2P}{\sqrt{3}}$, то $\frac{P}{2} = 4F$, и окончательно

получаем

$$\boxed{P = 8F}$$



Задача С-2–2010

Рассматривая равновесие системы в целом, запишем следующие уравнения:

$$\sum F_{ix} = 0; F_{\text{тр}A} - F_{\text{тр}B} = 0;$$

$$\sum M_{iA} = 0; -G_2 \frac{a}{2} - G_1(a + R \sin \varphi) + N_B(a + R \sin \varphi) = 0;$$

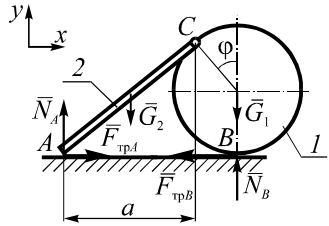
$$\sum M_{iB} = 0; G_2 \left(\frac{a}{2} + R \sin \varphi \right) - N_A(a + R \sin \varphi) = 0,$$

где $a = \sqrt{l^2 - (R + R \cos \varphi)^2}$.

Отсюда получаем:

$$F_{\text{тр}A} = F_{\text{тр}B}; N_B = \frac{G_2 \frac{a}{2} + G_1(a + R \sin \varphi)}{a + R \sin \varphi};$$

$$N_A = \frac{G_2 \left(\frac{a}{2} + R \sin \varphi \right)}{a + R \sin \varphi},$$



Поскольку $F_{\text{тр}A} = F_{\text{тр}B}$, то проскальзывание начнется в точке, где реакция N меньшая. Сравним N_B и N_A :

$$G_2 \frac{a}{2} + G_1 a + G_1 R \sin \varphi \lessgtr G_2 \left(\frac{a}{2} + R \sin \varphi \right);$$

$$G_1(a + R \sin \varphi) \lessgtr G_2 R \sin \varphi.$$

Таким образом, возможны два случая:

- а) если $m_1(a + R \sin \varphi) > m_2 R \sin \varphi$, то проскальзывание начнется в точке A ;
- б) если же $m_1(a + R \sin \varphi) < m_2 R \sin \varphi$, то смещение начнется в точке B .

Тогда для варианта а), рассматривая равновесие стержня AC , имеем:

$$\sum M_{iC} = 0; G_2 \frac{a}{2} - N_A a + F_{\text{тр}A}(R + R \cos \varphi) = 0,$$

так как в этом случае $F_{\text{тр}A} = f N_A$, то

$$\begin{aligned} f_1 &= \frac{-G_2 \frac{a}{2} + N_A a}{N_A (R + R \cos \varphi)} = \frac{\left(\frac{G_2 (0,5a + R \sin \varphi)}{a + R \sin \varphi} - \frac{G_2}{2} \right) a}{\frac{G_2 (0,5a + R \sin \varphi)}{a + R \sin \varphi} \cdot (R + R \cos \varphi)} = \\ &= \frac{a \sin \varphi}{(a + 2R \sin \varphi)(1 + \cos \varphi)} = \frac{\sqrt{l^2 - (R + R \cos \varphi)^2} \sin \varphi}{\left(\sqrt{l^2 - (R + R \cos \varphi)^2} + 2R \sin \varphi \right) (1 + \cos \varphi)}. \end{aligned}$$

Для случая б) получаем

$$\begin{aligned} \sum M_{iC} = 0; (N_B - G_1)R \sin \varphi - F_{\text{тр}B}(R \cos \varphi + R) = 0; \\ f_2 = \frac{(N_B - G_1)R \sin \varphi}{N_B R (1 + \cos \varphi)} = \frac{G_2 a \sin \varphi (a + R \sin \varphi)}{2(a + R \sin \varphi)(1 + \cos \varphi) \left(\frac{G_2 a}{2(a + R \sin \varphi)} + G_1 \right)} = \\ = \frac{m_2 a \sin \varphi (a + R \sin \varphi)}{(1 + \cos \varphi)(m_2 a + 2m_1(a + R \sin \varphi))} = \\ = \frac{m_2 \sqrt{l^2 - (R + R \cos \varphi)^2} \sin \varphi \left(\sqrt{l^2 - (R + R \cos \varphi)^2} + R \sin \varphi \right)}{(1 + \cos \varphi) \left(m_2 \sqrt{l^2 - (R + R \cos \varphi)^2} + 2m_1 \left(\sqrt{l^2 - (R + R \cos \varphi)^2} + R \sin \varphi \right) \right)}. \end{aligned}$$

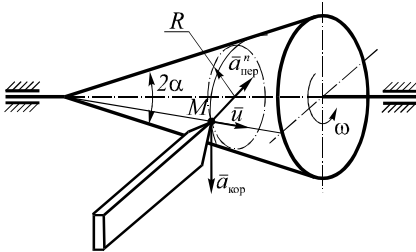
Таким образом, ответ задачи имеет вид:

если $m_1(a + R \sin \varphi) > m_2 R \sin \varphi$, то $f = \frac{a \sin \varphi}{(a + 2R \sin \varphi)(1 + \cos \varphi)}$;

если $m_1(a + R \sin \varphi) < m_2 R \sin \varphi$, то $f = \frac{m_2 a \sin \varphi (a + R \sin \varphi)}{(1 + \cos \varphi)(m_2 a + 2m_1(a + R \sin \varphi))}$,

где $a = \sqrt{l^2 - (R + R \cos \varphi)^2}$.

Задача К-1–2010



Принимаем в качестве переносного движение точки контакта, обусловленное вращением конусом, а относительного – смещение резца со скоростью u . Тогда скорость точки M в ее движении относительно земли

$$v = \sqrt{\omega^2 R^2 + u^2},$$

где $R = R_0 + u \sin \alpha \cdot t$.

Следовательно,

$$a_\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{2\omega^2 R \cdot \frac{dR}{dt}}{2\sqrt{\omega^2 R^2 + u^2}} = \frac{\omega^2 R u \sin \alpha}{\sqrt{\omega^2 R^2 + u^2}}.$$

С другой стороны, полное ускорение точки, описывающей спираль:

$$\vec{a} = \vec{a}_{\text{пер}}^n + \vec{a}_{\text{кор}}, \quad a_{\text{пер}}^n = \omega^2 R; \quad a_{\text{кор}} = 2\omega u \sin \alpha;$$

Векторы $\vec{a}_{\text{пер}}^n$ и $\vec{a}_{\text{кор}}$ перпендикулярны, поэтому

$$a = \sqrt{(\omega^2 R)^2 + (2\omega u \sin \alpha)^2} = \sqrt{\omega^4 R^2 + 4\omega^2 u^2 \sin^2 \alpha}.$$

Отсюда

$$\begin{aligned} a_n &= \sqrt{a^2 - a_\tau^2} = \sqrt{\omega^4 R^2 + 4\omega^2 u^2 \sin^2 \alpha - \frac{\omega^4 R^2 u^2 \sin^2 \alpha}{\omega^2 R^2 + u^2}} = \\ &= \sqrt{\frac{\omega^6 R^4 + 3\omega^4 R^2 u^2 \sin^2 \alpha + \omega^4 R^2 u^2 + 4\omega^2 u^4 \sin^2 \alpha}{\omega^2 R^2 + u^2}}. \end{aligned}$$

Таким образом,

$$\rho = \frac{v^2}{a_n} = \frac{(\omega^2 R^2 + u^2)^{3/2}}{\sqrt{\omega^6 R^4 + 3\omega^4 R^2 u^2 \sin^2 \alpha + \omega^4 R^2 u^2 + 4\omega^2 u^4 \sin^2 \alpha}}.$$

Задача К-2–2010

Определим положение мгновенного центра скоростей стержня 3, опираясь на направления векторов скоростей точек E и D . Названные векторы перпендикулярны отрезкам OE и DP_1 соответственно.

Из треугольника PDE находим

$$\frac{DE}{\sin 25^\circ} = \frac{PD}{\sin 70^\circ} = \frac{PE}{\sin 85^\circ}. \quad (1)$$

Из треугольника PDA :

$$PA = \sqrt{PD^2 + DA^2 - 2PD \cdot DA \cos 85^\circ}.$$

Теперь рассмотрим схему движения точки A , принимая в качестве переносного ее движение вместе с колесом.

Проецируя векторное равенство

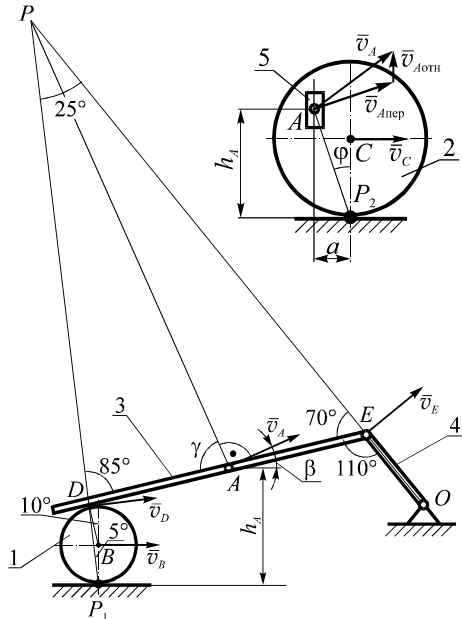
$$v_A = v_{A\text{пер}} + v_{A\text{отн}}$$

на горизонтальную ось, получаем

$$v_{A\text{пер}} \cos \varphi = v_A \cos \beta \quad (\beta = 180^\circ - \gamma - 90^\circ + 10^\circ = 100^\circ - \gamma).$$

Рассматривая плоское движение тела 2, находим:

$$v_{A\text{пер}} = \frac{v_C}{CP_2} AP_2 = \frac{v_C}{r_2} \sqrt{a^2 + h_A^2}.$$



Рассматривая расположение звена 3, имеем

$$h_A = 2r_1 \cos^2 5^\circ + DA \sin 10^\circ.$$

Из схемы движения колеса 2 с ползуном 5 находим

$$\cos \varphi = \frac{h_A}{AP_2} = \frac{h_A}{\sqrt{a^2 + h_A^2}}.$$

Угол γ определим из треугольника PDA по теореме синусов:

$$\frac{PD}{\sin \gamma} = \frac{PA}{\sin 85^\circ}, \quad \sin \gamma = \frac{PD \sin 85^\circ}{PA},$$

причем расстояние PD вычисляется на основе формулы (1):

$$PD = \frac{DE \sin 70^\circ}{\sin 25^\circ}.$$

Итак, подстановка дает:

$$v_A = \frac{v_{A\text{пер}}}{\cos \beta} \cos \varphi = \frac{v_C}{r_2} \cdot \frac{\sqrt{a^2 + h_A^2}}{\cos(100^\circ - \gamma)} \cdot \frac{h_A}{\sqrt{a^2 + h_A^2}} = \frac{v_C \cdot h_A}{r_2 \cos(100^\circ - \gamma)},$$

где $\gamma = \arcsin \frac{DE \sin 70^\circ \sin 85^\circ}{\sin 25^\circ \sqrt{\left(\frac{DE \sin 70^\circ}{\sin 25^\circ}\right)^2 + DA^2 - 2 \frac{DE \sin 70^\circ}{\sin 25^\circ} DA \cos 85^\circ}}$.

Рассматривая звено 3, по теореме о проекциях векторов скоростей точек твердого тела можем записать соотношение:

$$v_D \cos 5^\circ = v_A \cos(90^\circ - \gamma) = v_E \cos 20^\circ.$$

Из него находим $v_D = \frac{v_A \sin \gamma}{\cos 5^\circ}; v_E = \frac{v_A \sin \gamma}{\cos 20^\circ}.$

Тогда из анализа плоского движения катка 1 с учетом подстановки ранее найденных значений следует, что

$$v_B = \frac{v_D}{DP_1} BP_1 = \frac{v_D}{2 \cos 5^\circ} = \frac{v_A \sin \gamma}{2 \cos^2 5^\circ} = \frac{v_C h_A}{r_2 \cos(100^\circ - \gamma)} \cdot \frac{\sin \gamma}{2 \cos^2 5^\circ}.$$

Соответственно, рассмотрение вращательного движения звена 4 дает:

$$\omega_4 = \frac{v_E}{EO} = \frac{v_A \sin \gamma}{EO \cos 20^\circ} = \frac{v_C h_A \sin \gamma}{EO \cdot r_2 \cos(100^\circ - \gamma) \cos 20^\circ}.$$

Подставляя заданные численные значения, находим $\gamma = 82,12^\circ, h_A = 69,96$ см и, наконец, $v_B = 0,738 v_C, \omega_4 = 1,565 v_C / EO.$

Задача Д-1-2010

Изображаем силы, действующие на груз, учитывая, что силы трения направляются противоположно его относительной скорости. Индекс 1 соответствует взаимодействию груза с лентой транспортера, индекс 2 – с преградой.

Рассматриваемое тело не перемещается по вертикали, поэтому

$$F_{\text{тр}1} = f_1 N_1 = f_1 mg .$$

Поскольку $v_{\text{отн}x} = \dot{x}$; $v_{\text{отн}y} = v_0$, то проекции на оси координат силы трения между грузом и лентой

$$F_{\text{тр}1x} = F_{\text{тр}1} \sin \alpha = \frac{f_1 mg \dot{x}}{\sqrt{v_0^2 + \dot{x}^2}} ; F_{\text{тр}1y} = F_{\text{тр}1} \cos \alpha = \frac{f_1 mg v_0}{\sqrt{v_0^2 + \dot{x}^2}} .$$

Силы взаимодействия между грузом и преградой с учетом отсутствия его перемещения вдоль оси y :

$$N_2 = F_{\text{тр}1y} = \frac{f_1 mg v_0}{\sqrt{v_0^2 + \dot{x}^2}} , F_{\text{тр}2} = f_2 N_2 = \frac{f_1 f_2 mg v_0}{\sqrt{v_0^2 + \dot{x}^2}} .$$

Таким образом, дифференциальное уравнение движения груза:

$$m\ddot{x} = F - \frac{f_1 mg \dot{x}}{\sqrt{v_0^2 + \dot{x}^2}} - \frac{f_1 f_2 mg v_0}{\sqrt{v_0^2 + \dot{x}^2}}$$

При $\dot{x} = 0$ получаем

$$m\ddot{x} = F - f_1 f_2 mg .$$

Поэтому наименьшая сила, при которой возможно движение,

$$\boxed{F_{\min} = f_1 f_2 mg .}$$

В случае $F = 2F_{\min} = 2f_1 f_2 mg$ подстановка приводит к уравнению

$$m\ddot{x} = 2f_1 f_2 mg - \frac{f_1 mg \dot{x}}{\sqrt{v_0^2 + \dot{x}^2}} - \frac{f_1 f_2 mg v_0}{\sqrt{v_0^2 + \dot{x}^2}} .$$

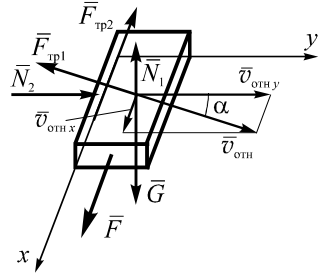
При $\dot{x} = \dot{x}_{\max}$ выполняется условие $\ddot{x} = 0$. Тогда

$$2f_1 f_2 mg \sqrt{v_0^2 + \dot{x}^2} = f_1 mg \dot{x} + f_1 f_2 mg v_0 ;$$

$$2f_2 \sqrt{v_0^2 + \dot{x}^2} = \dot{x} + f_2 v_0 ;$$

$$4f_2^2 v_0^2 + 4f_2^2 \dot{x}^2 = \dot{x}^2 + 2\dot{x}f_2 v_0 + f_2^2 v_0^2 ;$$

$$(1 - 4f_2^2) \dot{x}^2 + 2f_2 v_0 \dot{x} - 3f_2^2 v_0^2 = 0 ;$$



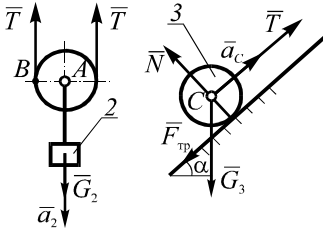
$$\dot{x} = \frac{-2f_2 v_0 \pm \sqrt{4f_2^2 v_0^2 + (1-4f_2^2)3f_2^2 v_0^2}}{2(1-4f_2^2)}.$$

Очевидно, что $\dot{x} > 0$, поэтому окончательно получаем

$$\dot{x}_{\max} = \frac{-2f_2 \pm \sqrt{4f_2^2 + (1-4f_2^2)3f_2^2}}{2(1-4f_2^2)} v_0.$$

Задача Д-2-2010

Поскольку все необозначенные цифрами блоки невесомые, то при неподвижном грузе 1 все силы натяжения нитей одинаковы и равны G_1 .



Рассмотрим отдельно движение тел 2 и 3.

Уравнение поступательного движения тела 2 имеет вид:

$$m_2 a_2 = G_2 - 2T = G_2 - 2G_1. \quad (1)$$

Перемещение тела 3, совершающего плоскопараллельное движение, описывается двумя уравнениями:

$$m_3 a_C = T_3 - F_{\text{тр}} - G_3 \sin \alpha; \quad (2)$$

$$I_C \varepsilon_3 = F_{\text{тр}} r_3.$$

Отсюда

$$F_{\text{тр}} = \frac{I_C \varepsilon_3}{r_3} = \frac{m_3 r_3^2}{2r_3} \varepsilon_3 = \frac{m_3 r_3 \varepsilon_3}{2}.$$

Поскольку груз 1 и связанный с ним участок нити неподвижны, то $v_B = 2v_A$. Следовательно, $a_C = 2a_2$.

Из условия задачи следует, что необходимо учитывать трение между диском 3 и поверхностью. Здесь возможны два варианта движения – с проскальзыванием и без него.

При качении без проскальзывания

$$a_C = \varepsilon_3 r_3.$$

Тогда подстановка в уравнение (2) дает:

$$m_3 a_C = T - \frac{m_3 a_C}{2} - G_3 \sin \alpha;$$

$$\frac{3}{2} m_3 a_C = G_1 - G_3 \sin \alpha;$$

$$3m a_2 = G_1 - mg \sin \alpha. \quad (3)$$

Решая систему, составленную из уравнений (1) и (3), находим:

$$\begin{cases} 3ma_2 = 3mg - 2G_1; \\ 3ma_2 = G_1 - mg \sin \alpha; \end{cases}$$

$$3mg - 2G_1 = G_1 - mg \sin \alpha$$

$$G_1 = \frac{G(3 + \sin \alpha)}{3}.$$

Определим, при каких значениях угла α диск будет катиться без проскальзывания. Для этого должно выполняться условие:

$$F_{\text{тр}} \leq fN.$$

Поскольку

$$N = G_3 \cos \alpha = G \cos \alpha;$$

$$a_C = \frac{2}{3} \frac{G_1 - G_3 \sin \alpha}{m_3} = \frac{2}{9} g(3 - 2 \sin \alpha); \quad F_{\text{тр}} = \frac{m_3 a_C}{2} = \frac{G}{9} (3 - 2 \sin \alpha),$$

то получаем, что качение происходит без проскальзывания в случае

$$\frac{G}{9} (3 - 2 \sin \alpha) \leq G \cos \alpha \quad \text{или} \quad 3 - 2 \sin \alpha \leq 9 \cos \alpha;$$

$$3 \sin^2 \frac{\alpha}{2} + 3 \cos^2 \frac{\alpha}{2} - 4 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \leq 9 \cos^2 \frac{\alpha}{2} - 9 \sin^2 \frac{\alpha}{2};$$

$$6 \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} - 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - 3 \leq 0; \quad \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \leq \frac{\sqrt{19} + 1}{6}.$$

При больших значениях угла α качение происходит с проскальзыванием. Для этого варианта движения получаем

$$F_{\text{тр}} = fN = fG_3 \cos \alpha;$$

$$\begin{cases} ma_C = G_1 - fG \cos \alpha - G \sin \alpha; \\ 3ma_2 = G_2 - 2G_1; \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2ma_2 = G_1 - fG \cos \alpha - G \sin \alpha; \\ 3ma_2 = G_2 - 2G_1; \end{cases}$$

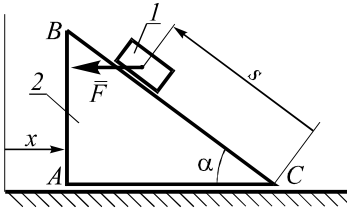
$$3G_1 - 3fG \cos \alpha - 3G \sin \alpha = 6G - 4G_1;$$

$$G_1 = \frac{G(6 + 3f \cos \alpha + 3 \sin \alpha)}{7}.$$

Таким образом, задача имеет следующий ответ:

$\text{при } \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \leq \frac{\sqrt{19} + 1}{6} \quad G_1 = \frac{G(3 + \sin \alpha)}{3};$
$\text{при } \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} > \frac{\sqrt{19} + 1}{6} \quad G_1 = \frac{G(6 + 3f \cos \alpha + 3 \sin \alpha)}{7}.$

Задача Д-3-2010



Принимая в качестве обобщенных координат x и s , получаем выражение кинетической энергии системы

$$T = \frac{m_1}{2} (\dot{x}^2 + \dot{s}^2 - 2\dot{x}\dot{s}\cos\alpha) + \frac{m_2\dot{x}^2}{2}.$$

Производные от нее, входящие в уравнение Лагранжа II рода, имеют вид

$$\frac{\partial T}{\partial x} = 0; \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{x}} = m_1\dot{x} + m_2\dot{x} - m_1\dot{s}\cos\alpha; \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) = m_1\ddot{x} + m_2\ddot{x} - m_1\dot{s}\cos\alpha;$$

$$\frac{\partial T}{\partial s} = 0; \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{s}} = m_1\dot{s} - m_1\dot{x}\cos\alpha; \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{s}}\right) = m_1\dot{s} - m_1\dot{x}\cos\alpha.$$

Обобщенные силы, соответствующие выбранным обобщенным координатам $Q_x = -F$; $Q_s = F\cos\alpha - G_1\sin\alpha$.

Подставляем найденные значения в уравнения Лагранжа II рода:

$$\begin{cases} m_1\ddot{x} + m_2\ddot{x} - m_1\dot{s}\cos\alpha = -F; \\ m_1(\dot{s} - \dot{x}\cos\alpha) = F\cos\alpha - G_1\sin\alpha. \end{cases}$$

Решая полученную систему, находим

$$\dot{s} = \frac{F\cos\alpha}{m_1} - g\sin\alpha + \dot{x}\cos\alpha;$$

$$m_1\ddot{x} + m_2\ddot{x} - m_1\left(\frac{F\cos\alpha}{m_1} - g\sin\alpha + \dot{x}\cos\alpha\right)\cos\alpha = -F.$$

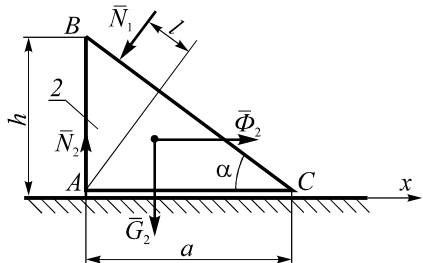
$$\ddot{x} = -\frac{F\sin^2\alpha + \frac{m_1g\sin 2\alpha}{2}}{m_1\sin^2\alpha + m_2}. \quad (1)$$

Изобразим систему сил, действующих на призму, для момента начала опрокидывания ($\bar{\Phi}_2$ – сила инерции).

В соответствии с принципом Даламбера получаем:

$$\sum F_{ix} = 0; \quad \bar{\Phi}_2 - N_1\sin\alpha = 0.$$

Отрыв точки C от плоскости произойдет, если момент опрокидывающих сил относительно ребра A превысит сумму моментов уравновешивающих сил:



$$N_1 l > \Phi_2 \frac{h}{3} + G_2 \frac{a}{3}.$$

В записанном выражении все силы постоянны, поэтому наибольший опрокидывающий момент будет при наибольшем размере l , то есть в положении B , для которого $l = h \sin \alpha$.

Поскольку $N_1 \sin \alpha = \Phi_2$, то подстановка выражения l приводит к условию

$$\frac{2}{3} \Phi_2 h > G_2 \frac{a}{3},$$

где $\Phi_2 = m_2 a_2 = -m_2 \ddot{x}$, $G_2 = m_2 g$.

Отсюда
$$a_2 > \frac{g}{2} \frac{a}{h} = \frac{g}{2} \operatorname{ctg} \alpha.$$

Подстановка выражения (1) приводит к неравенству

$$F \sin^2 \alpha + \frac{m_1 g \sin 2\alpha}{2} > \frac{g \operatorname{ctg} \alpha}{2} (m_1 \sin^2 \alpha + m_2);$$

$$F > \frac{g}{2} \left(m_2 \frac{\cos \alpha}{\sin^3 \alpha} + m_1 \left(\frac{\cos \alpha \sin \alpha}{\sin \alpha} - \frac{2 \sin \alpha \cos \alpha}{\sin \alpha} \right) \right) = \frac{g \operatorname{ctg} \alpha}{2} \left(\frac{m_2}{\sin^2 \alpha} - m_1 \right).$$

Если же выражение в скобках оказывается меньшим нуля, то опрокидывание произойдет даже при отсутствии силы F .

Таким образом, окончательно получаем:

если $m_2 > m_1 \sin^2 \alpha$, то $F_{\min} = \frac{g \operatorname{ctg} \alpha}{2} \left(\frac{m_2}{\sin^2 \alpha} - m_1 \right)$;
 если $m_2 \leq m_1 \sin^2 \alpha$, то $F_{\min} = 0$.

Задача Д-4-2010

Запишем теорему об изменении кинетической энергии для произвольного положения полуцилиндра, определяемого углом φ :

$$T - T_0 = \sum A_i;$$

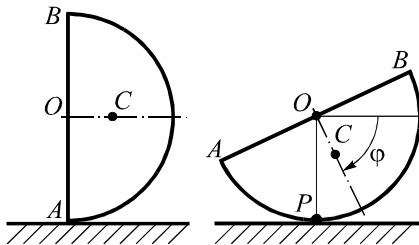
$$T_0 = 0; \quad T = \frac{I_P \omega^2}{2};$$

$$\sum A_i = A_G = mg OC \sin \varphi;$$

Отсюда

$$\frac{I_P \omega^2}{2} = mg \frac{4R}{3\pi} \sin \varphi.$$

По теореме Гюйгенса получаем:



$$I_C = I_O - mOC^2.$$

$$\begin{aligned} I_P &= I_C + mCP^2 = I_O - mOC^2 + m(OP^2 + OC^2 - 2OP \cdot OC \sin \varphi) = \\ &= \frac{mR^2}{2} + m \left(R^2 - 2R \frac{4R}{3\pi} \sin \varphi \right) = mR^2 \left(\frac{3}{2} - \frac{8}{3\pi} \sin \varphi \right). \end{aligned}$$

Подставляем полученное выражение в уравнение теоремы:

$$\frac{mR^2}{2} \left(\frac{3}{2} - \frac{8}{3\pi} \sin \varphi \right) \omega^2 = mg \frac{4R}{3\pi} \sin \varphi.$$

Следовательно,

$$\omega^2 = \frac{g \frac{8}{3\pi} \sin \varphi}{R \left(\frac{3}{2} - \frac{8}{3\pi} \sin \varphi \right)}.$$

Продифференцируем по времени

$$2\omega \frac{d\omega}{dt} = \frac{8g}{3\pi R} \frac{\omega \cos \varphi \left(\frac{3}{2} - \frac{8}{3\pi} \sin \varphi \right) + \omega \sin \varphi \frac{8}{3\pi} \cos \varphi}{\left(\frac{3}{2} - \frac{8}{3\pi} \sin \varphi \right)^2}.$$

Отсюда

$$\varepsilon = \frac{2g}{\pi R} \frac{\cos \varphi}{\left(\frac{3}{2} - \frac{8}{3\pi} \sin \varphi \right)^2}.$$

Угловая скорость максимальна в случае $\varepsilon = 0$, то есть при $\varphi = 90^\circ$. Подставляя в выражение угловой скорости, находим:

$$\omega_{\max} = \sqrt{\frac{16g}{R(9\pi - 16)}}.$$

Для нахождения ε_{\max} найдем производную по φ и приравняем нулю:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial \varphi} = \frac{2g}{\pi R} \frac{-\sin \varphi \left(\frac{3}{2} - \frac{8}{3\pi} \sin \varphi \right)^2 - \cos \varphi \cdot 2 \left(\frac{3}{2} - \frac{8}{3\pi} \sin \varphi \right) \cdot \left(-\frac{8}{3\pi} \cos \varphi \right)}{\left(\frac{3}{2} - \frac{8}{3\pi} \sin \varphi \right)^4} = 0;$$

или

$$-\sin \varphi \left(\frac{3}{2} - \frac{8}{3\pi} \sin \varphi \right) - \cos \varphi \cdot 2 \left(-\frac{8}{3\pi} \cos \varphi \right) = 0.$$

Отсюда приходим к квадратному уравнению

$$\frac{8}{3\pi} \sin^2 \varphi + \frac{3}{2} \sin \varphi - \frac{16}{3\pi} = 0,$$

положительным решением которого является значение

$$\sin \varphi = \sqrt{\frac{81\pi^2}{1024} + 2} - \frac{9\pi}{32} = 0,784.$$

Соответственно

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= \sqrt{1 - \sin^2 \varphi} = \sqrt{1 - \frac{81\pi^2}{1024} - 2 + 2 \cdot \sqrt{\frac{81\pi^2}{1024} + 2} \cdot \frac{9\pi}{32} - \frac{81\pi^2}{1024}} \\ &= \sqrt{\frac{9\pi}{16} \cdot \sqrt{\frac{81\pi^2}{1024} + 2} - \frac{81\pi^2}{512} - 1} = 0,621. \end{aligned}$$

Таким образом,

$$\epsilon_{\max} = \frac{2g}{\pi R} \frac{\sqrt{\frac{9\pi}{16} \cdot \sqrt{\frac{81\pi^2}{1024} + 2} - \frac{81\pi^2}{512} - 1}}{\left(\frac{3}{2} - \frac{8}{3\pi} \left(\sqrt{\frac{81\pi^2}{1024} + 2} - \frac{9\pi}{32}\right)\right)^2} = 0,474 \frac{g}{R}.$$

4 ОТВЕТЫ К ЗАДАЧАМ КОНКУРСА «БРЕЙН-РИНГ»

1. $l_0 + \frac{3mg}{2c}$. 2. $\frac{10}{\sqrt{3}} = 5,8$ Н. 3. 25,0 Н. 4. $90^\circ - 2\alpha$. 5. $m_2 g \frac{\sqrt{R^2 - h^2}}{h}$.
6. $\frac{5P}{12}$. 7. $\frac{Q}{2} + \frac{P}{13}$. 8. $\frac{F \sin \gamma}{2 \sin(90^\circ - \beta + \alpha)}$. 9. $\frac{\sqrt{5} - 1}{2} a$. 10. Н·м. 11. $\frac{V}{\cos \alpha}$.
12. $V = V_0 l^{-\frac{t}{k}}$. 13. 7,46 с. 14. $12\pi r = 0,754$ м/с². 15. $\frac{4\pi R}{t^2} \sqrt{1 + 16\pi^2}$.
16. $4\pi^2 t^2 r = 246,5$ м/с². 17. $\frac{VA}{l}$. 18. 9 см. 19. $2V_0 + V_A$. 20. $\frac{\omega_1^2 l_1 \sin \alpha}{l_2}$. 21. 3,9 с.
22. 0,203. 23. 525 кВт. 24. 10 м. 25. $\frac{3V_0^2}{4gs(\sin \alpha + \frac{\delta}{R} \cos \alpha)}$.
26. $\sqrt{2gR(1 - \cos 30^\circ)}$. 27. $\sqrt{\frac{4}{3}gR(1 - \cos 30^\circ)}$. 28. 1,5R. 29. Нет. 30. 60° .

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		
Ефимов Сергей Сергеевич	МФТИ	6,0	6,0	5,0	8,0	5,0	10,0	8,0	1,5	49	1
Мостовых Павел Сергеевич	Военмех	8,0	0,5	5,0	6,5	6,0	10,0	7,5	2,5	46	2
Белан Сергей Александрович	МФТИ	0,0	6,0	5,5	0,0	5,5	9,0	8,0	1,5	36	3
Власюк Александр Александрович	МФТИ	2,5	2,5	1,5	1,0	5,0	9,0	7,5	2,5	32	4
Терещенко Константин Алексеевич	КГТУ	8,0	6,5	5,0	0,0	1,5	5,5	1,0	4,0	32	4
Землянов Владислав Вадимович	МФТИ	1,5	6,5	0,0	0,0	5,5	10,0	3,0	3,0	30	5
Сандуляну Штефан Васильевич	МФТИ	0,0	4,0	7,0	0,5	5,5	3,0	8,0	2,0	30	5
Шушпанов Михаил Павлович	УрГУ	4,0	4,0	6,5	1,0	0,5	0,5	6,0	3,0	26	6
Суслова Анна Андреевна	ЮУрГУ	8,0	3,0	1,0	6,0	1,5	3,0	0,5	1,0	24	7
Марушкевич Виталий Николаевич	БелГУТ	8,0	6,0	0,0	0,0	0,0	3,5	2,0	0,5	20	8
Шаяхметов Айрат Ильфатович	УГНТУ	3,5	3,5	0,0	5,0	3,0	3,5	0,0	1,0	20	8
Мингинович Александр Валерьевич	БелГУТ	8,0	3,0	0,5	0,5	4,0	0,0	0,5	2,5	19	9
Насибуллин Ильназ Ирекович	КГТУ	3,5	4,5	2,0	0,0	0,0	3,0	5,0	0,5	19	9
Христоробов Николай Рудольфович	КГТУ	6,0	5,0	3,0	0,5	1,0	1,0	0,0	0,5	17	10
Бочуцава Петр Нугзариевич	Военмех	0,0	5,5	2,5	1,5	4,0	3,0	0,5	0,0	17	10
Позднышев Евгений Олегович	ЧВВАКИУ	4,0	0,0	1,0	0,0	1,0	2,0	7,5	1,5	17	10
Головчик Артур Геннадьевич	БГУ	2,5	4,5	6,5	0,0	2,0	0,0	0,0	1,0	17	10
Кобзарь Николай Юрьевич	ГГТУ	3,0	4,5	1,0	0,0	1,0	6,0	0,0	0,0	16	11
Нгуен Ван Тай	БНТУ	1,5	3,0	2,5	0,0	1,0	6,0	0,5	0,5	15	12
Сурков Михаил Родионович	ЮУрГУ	2,5	3,5	2,0	0,5	5,0	1,5	0,0	0,0	15	12
Сидоревич Александр Александрович	БНТУ	8,0	0,0	3,5	1,0	1,0	0,0	0,5	0,0	14	13
Курильчик Евгений Юрьевич	БелГУТ	5,0	4,0	3,0	0,0	0,0	1,0	0,5	0,5	14	13
Латипов Ильмир Илгизович	УГНТУ	0,0	3,5	2,5	0,0	3,0	2,5	1,5	1,0	14	13

Шейко Александр Николаевич	БГУ	3,5	3,5	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	13	14
Bagdasaryan Vazgen	Польша	1,0	2,0	1,0	0,0	1,0	5,0	1,0	1,0	12	15
Прибыток Дмитрий Геннадьевич	БГУ	2,0	2,5	3,0	0,0	1,0	3,0	0,0	0,5	12	15
Гутников Юрий Михайлович	МГВАК	8,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,0	11	16
Делков Александр Викторович	СибГАУ	0,0	2,0	2,0	1,0	0,0	3,0	1,5	1,0	11	16
Кумашов Роман Владимирович	БелГУТ	0,0	3,0	2,0	1,0	0,0	3,0	0,5	0,5	10	17
Потылкин Евгений Николаевич	БелГУТ	2,5	2,5	0,0	0,0	0,5	1,0	3,0	0,5	10	17
Бычков Александр Евгеньевич	УГТУ-УПИ	0,0	0,5	2,5	0,5	2,0	4,0	0,5	0,0	10	17
Баляков Дмитрий Федорович	СибГАУ	0,0	1,5	2,0	0,5	2,0	3,5	0,0	0,0	10	17
Коротеев Артур Олегович	БРУ	2,5	0,0	1,0	1,5	1,0	2,5	0,5	0,5	10	17
Велесевич Александр Иванович	БрГТУ	8,0	0,5	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	10	17
Киселева Ольга Сергеевна	УГТУ-УПИ	2,0	0,5	0,0	1,0	0,0	5,0	0,5	0,5	10	17
Самсонов Алексей Данилович	ЯГУ	4,0	0,5	1,0	1,0	0,5	1,5	0,5	0,5	10	17
Голицына Майя Александровна	ХНУ	0,0	0,0	4,5	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10	17
Жук Роман Сергеевич	БГУ	0,0	3,0	3,0	0,0	0,0	0,5	2,5	0,0	9	18
Пармакли Игорь Игоревич	ХНУ	1,0	1,5	2,5	0,5	1,0	1,5	0,0	0,5	9	18
Железко Егор Олегович	БелГУТ	0,0	3,5	2,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	9	18
Багаутдинов Рустам Равильевич	УГНТУ	1,5	1,5	1,0	2,0	0,5	1,5	0,5	0,0	9	18
Чубаков Алексей Григорьевич	БГСХА	5,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	8	19
Камалутдинов Айрат Марсович	КГУ	3,0	1,0	0,0	0,5	2,0	1,0	0,0	0,5	8	19
Лежава Андрей Андреевич	БРУ	4,5	0,5	0,0	1,5	1,0	0,5	0,0	0,0	8	19
Волосович Сергей Викторович	БелГУТ	3,0	4,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8	19
Бурьяк Марина Николаевна	ГГТУ	0,0	2,0	2,5	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	8	19
Во Чук Фьонг	БНТУ	2,0	0,5	3,5	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	8	19
Проничева Ксения Михайловна	УГТУ-УПИ	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	5,0	0,5	0,0	8	19
Иванюк Николай Александрович	БрГТУ	0,0	2,5	4,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8	19

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		
Старков Никита Викторович	ГГТУ	1,0	2,0	3,0	0,5	0,0	1,0	0,0	0,0	8	19
Мирошников Константин Владимирович	УГТУ-УПИ	0,0	1,0	0,0	0,5	0,0	6,0	0,0	0,0	8	19
Хабибуллин Артур Амурович	ЮУрГУ	0,0	2,0	2,0	2,0	0,5	0,0	0,0	1,0	8	19
Капленков Евгений Игоревич	УГТУ-УПИ	2,0	1,0	0,0	0,0	2,0	0,5	0,0	1,5	7	20
Никифоров Александр Яковлевич	ЯГУ	3,5	1,5	1,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	7	20
Лосев Максим Олегович	БРУ	6,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7	20
Маркова Юлия Сергеевна	УВАУГА	4,0	0,5	0,0	0,0	2,0	0,5	0,0	0,0	7	20
Литвинцев Петр Петрович	ЯГУ	1,5	2,0	1,0	0,5	0,0	1,0	0,5	0,5	7	20
Медведев Тимофей Анатольевич	БрГТУ	0,0	2,0	2,0	0,5	1,0	0,5	0,0	0,5	7	20
Адамович Евгений Геннадьевич	БНТУ	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	0,5	0,0	0,0	7	20
Самойлов Сергей Павлович	ЮУрГУ	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	4,0	0,5	7	20
Селицкий Павел Юрьевич	БГУ	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	2,5	1,0	0,5	7	20
Шайхутдинов Рамиль Камилевич	КГТУ	0,0	2,0	1,0	0,5	2,0	0,0	0,0	0,5	6	21
Арцименя Виктория Викторовна	Барановичи	0,0	2,0	0,5	2,0	0,0	1,0	0,0	0,5	6	21
Белковец Анастасия Александровна	БелГУТ	1,0	1,0	1,5	0,0	0,5	1,5	0,0	0,0	6	21
Кравченко Михаил Анатольевич	БРУ	0,0	1,5	1,5	1,0	0,0	1,0	0,0	0,5	6	21
Демидович Александр Николаевич	БГСХА	3,5	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6	21
Сасимович Андрей Леонидович	БНТУ	1,0	0,5	0,0	0,0	2,0	1,5	0,0	0,5	6	21
Лоборев Иван Михайлович	БРУ	0,0	1,5	1,5	0,0	1,0	1,0	0,0	0,5	6	21
Стариков Сергей Александрович	ЮУрГУ	0,5	1,5	2,0	0,5	1,0	0,0	0,0	0,0	6	21
Насань Олег Александрович	БГУ	0,0	1,0	0,0	0,5	0,0	2,0	1,5	0,0	5	22
Вахлова Мария Евгеньевна	УГТУ-УПИ	0,0	3,0	0,5	0,0	0,5	0,5	0,0	0,5	5	22
Соловьев Дмитрий Андреевич	ГГУ	1,5	3,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5	22

Джунковский Артем Александрович	Военмех	0,0	1,5	1,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,5	5	22
Плюснин Александр Геннадьевич	МГПУ	1,0	2,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5	22
Войтович Виталий Витальевич	Военмех	2,0	0,5	0,5	0,0	0,5	1,0	0,0	0,5	5	22
Волочаев Михаил Николаевич	СибГАУ	0,0	1,0	2,5	1,0	0,0	0,0	0,5	0,0	5	22
Герасимов Тит Николаевич	ЯГУ	1,0	1,0	0,0	0,5	0,0	1,5	0,0	0,5	5	22
Драч Константин Дмитриевич	ХНУ	0,0	0,5	3,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	5	22
Семенюк Ольга Сергеевна	БрГТУ	2,5	0,5	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	5	22
Муллагалиев Эрик Андреевич	КГУ	2,0	0,5	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	5	22
Рюмцев Александр Александрович	ГГТУ	0,0	2,5	0,0	0,0	0,5	1,0	0,0	0,0	4	23
Антонович Павел Николаевич	БрГТУ	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4	23
Герасимов Никита Сергеевич	УВАУГА	0,5	0,5	2,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5	4	23
Глушко Константин Константинович	БрГТУ	0,0	2,0	0,0	0,5	0,5	1,0	0,0	0,0	4	23
Майсюк Александр Сергеевич	БГСХА	1,0	1,0	0,5	0,0	1,0	0,5	0,0	0,0	4	23
Макарова Елена Владимировна	ТГУ	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5	0,5	4	23
Bartłomiej Dziezyk	Польша	1,5	0,5	0,5	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	4	23
Максименко Александр Владимирович	ХНУ	0,0	0,5	2,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	4	23
Первенаев Первена Джавиддин оглы	ГГТУ	0,0	1,5	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,5	4	23
Казыкалевич Василий Викторович	МГПУ	0,0	1,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,5	4	23
Каминский Дмитрий Вячеславович	КИИ	0,5	0,5	1,0	0,5	0,0	0,0	0,5	0,5	4	23
Викторович Андрей Иванович	ГГУ	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	1,5	0,5	0,0	4	23
Горелов Александр Сергеевич	КИИ	0,0	0,5	0,0	1,0	0,0	0,5	0,5	0,5	3	24
Выва Евгений Анатольевич	МГПУ	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3	24
Клопов Николай Владимирович	МогГУП	0,0	1,5	0,0	0,5	0,0	1,0	0,0	0,0	3	24
Охотников Дмитрий Иванович	КГУ	2,0	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	3	24
Тихон Сергей Николаевич	Барановичи	1,0	0,5	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,5	3	24

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		
Коновод Надежда Викторовна	МГПУ	0,0	0,5	0,5	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	3	24
Саванович Сергей Владимирович	КИИ	0,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,5	1,0	0,0	3	24
Королик Сергей Влодимирович	ЛНТУ	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3	24
Бухал Светлана Валерьевна	КИИ	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5	3	24
Пятаков Юрий Александрович	КИИ	0,0	0,5	0,5	0,5	0,0	1,0	0,0	0,5	3	24
Колечиц Павел Александрович	Барановичи	0,0	0,0	1,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	3	24
Зелковский Евгений Анатольевич	БГАТУ	0,5	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3	24
Горшкова Марина Александровна	УВАУГА	0,5	1,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	3	24
Иванов Роман Дмитриевич	СибГАУ	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	1,0	3	24
Лещенко Дмитрий Валерьевич	ГГТУ	0,0	1,5	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3	24
Криваль Дмитрий Иванович	БГАТУ	0,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2	25
Демидюк Наталья Ивановна	ЛНТУ	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	2	25
Русаченко Алексей Дмитриевич	БГСХА	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,5	2	25
Карнаушенко Александр Сергеевич	УВАУГА	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2	25
Тараскевич Евгений Дмитриевич	БГСХА	0,0	0,5	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2	25
Климович Александр Григорьевич	БГАТУ	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5	2	25
Оборов Михаил Валентинович	ГГТУ	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2	25
Козак Тарас Павлович	ЛНТУ	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2	25
Карнаушенко Александр Сергеевич	УВАУГА	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2	25
Дубина Максим Викторович	МГПУ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,5	2	25
Драбинович Евгений Михайлович	ГГУ	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	2	25
Патрикеева Анастасия Андреевна	ТГУ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,5	2	25

Jaroslav Pieczara	Польша	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2	25
Штык Виталий Васильевич	ВАРБ	0,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2	25
Гоманов Дмитрий Игоревич	БРУ	0,0	0,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2	25
Шпилов Николай Николаевич	БГСХА	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	26
Пейгонович Вадим Анатольевич	Барановичи	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1	26
Денисов Денис Анатольевич	УВАУГА	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1	26
Цуркина Екатерина Михайловна	ТГУ	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1	26
Микульский Вадим Вячеславович	БГАТУ	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1	26
Еремченко Иван Анатольевич	ИГЭУ	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	1	26
Комиссарчук Евгений Игоревич	БГАТУ	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	26
Данченко Валерий Викторович	МГВАК	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1	26
Тунцев Виктор Евгеньевич	ИГЭУ	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	26
Ярмонтович Виктор Викторович	ВАРБ	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	26
Тамазян Армен Суренович	МГВАК	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	26
Сокол Анна Николаевна	КИИ	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	26
Бычковский Николай Владимирович	МГПУ	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	26
Сидорок Егор Викторович	ВАРБ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	1	26
Рубацкий Алексей Витальевич	БГАТУ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1	26
Журко Петр Николаевич	ВАРБ	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	26
Янкин Дмитрий Сергеевич	ВАРБ	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	26
Вензелев Павел Олегович	МГВАК	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	26
Нечаев Никита Алексеевич	ИГЭУ	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	26
Горбачевский Максим Анатольевич	ВАРБ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	1	26

6 РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КОНКУРСА (КОМАНДНЫЙ ЗАЧЕТ)

Команда	Сумма баллов	Место	Команда	Сумма баллов	Место
МФТИ	114	1	БрГТУ	24	10
Военмех	68	2	БГСХА	18	11
КГТУ	68	2	ЧВВАКИУ	17	12
БелГУТ	53	3	Польша	17	12
ЮУрГУ	47	4	КГУ	16	13
УГНТУ	42	5	УВАУГА	14	14
БГУ	42	5	МГВАК	12	15
БНТУ	37	6	Барановичи	12	15
ГГТУ	31	7	МГПУ	10	16
УГТУ-УПИ	27	8	ГГУ	10	16
УрГУ	26	9	КИИ	10	16
СибГАУ	26	9	ЛНТУ	7	17
БРУ	26	9	ТГУ	7	17
ХНУ	24	10	БГАТУ	7	17
ЯГУ	24	10			

7 РУКОВОДИТЕЛИ КОМАНД-УЧАСТНИЦ ОЛИМПИАДЫ

Khoshaba Samir – Linnaeus University.

Алешкевич Сергей Владимирович – Белорусский государственный аграрный технический университет.

Архангельская Екатерина Афанасьевна – Якутский государственный университет.

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

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

Гавриленя Андрей Константинович – Барановичский государственный университет (БарГУ).

Гей Снежана Лаврентьевна – Гродненский государственный университет имени Янки Купалы (ГрГУ).

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

Ермолаев Юрий Сергеевич – Минский государственный высший авиационный колледж.

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

Костеневич Юрий Олегович – Военная академия Республики Беларусь.

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

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

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

Муштари Айрат Ильдарович – Казанский государственный технологический университет.

Навныко Валерий Николаевич – Мозырский государственный педагогический университет им. И. П. Шамякина (МГПУ).

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

Рощева Татьяна Анатольевна – Уральский государственный технический университет–УПИ (УГТУ-УПИ), 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.

Скороход Сергей Анатольевич – Московский физико-технический институт.

Смиловенко Ольга Олеговна – Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь (КИИ МЧС), г. Минск.

Тарасов Виктор Куприянович – Тульский государственный университет (ТГУ).

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

Трейман Евгений Алексеевич – Луцкий национальный технический университет.

Халецкий Марек – Варшавский университет естественных наук (SGGW).

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:

Уральский государственный университет (УрГУ),

Казанский государственный университет (КГУ),

Могилевский государственный университет продовольствия (МГУП),

Челябинское высшее военное автомобильное командно-инженерное училище (ЧВВАКИУ),

Сумский государственный университет (СГУ),

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко (ХНТУСХ).

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	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	24	1
Военмех	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	24	1
МФТИ-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	23	2
КГТУ	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	21	3
БГУ-1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	17	4
УГНТУ	0	1	1	0	1		0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	17	4
ЮУрГУ, ЧВВАКИУ	0	1	1		1	1	0	0		1	0	1		1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1		1	1	1			17	4	
БГУ-2	0	1	1	0	1	0			1	1	1	1	0	0		0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1			1		17	4	
КГТУ, УГТУ, Военм	1	1			0			0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0		0		1	1	17	4
ЮУрГУ	0	1	1		0	1	1		1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1		1	0	1	1	0	1	1	15	5	
БелГУТ-2	0	1	1	0	1	1			1		0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	15	5
ХНУ	0	1	1	1	0		0	0	1	0	1	1	0	1		1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	15	5
УГТУ-УПИ, УрГУ	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1		0	0	1	0	0			0	0	0	15	5	
СибГАУ	0	0	0	0	1			1		0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	15	5
ГГТУ-2	0	0	1			0		0	1	1			1	1	0	1	1	1	0		1	1	1	0		0	0	1	0	1	13	6	
УГТУ-УПИ	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1		0	1	0	0	1	1			0	0			1	1	13	6
БНТУ	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0					1	13	6	
Польша	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	13	6
БрГТУ-2	0	0	1		1	0		1		1	0	0	0	1	0		0	1	1		0	0	1	0		0			1	1	10	7	
МГВАК	0	0	1	0		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		1	1	1	1	0	1				1	10	7	
ЯГУ	0	1	0	0		1		0	0	1	0		0	1	0	1	1		1		1		1		0	0	0		0	0	9	8	
БелГУТ		1	0	1	0	0		1	0		0	0	0	0	0	0	1	1	1		0	1	1	0					0	1	9	8	

БРУ-2		1	0	0		1	0	1	0	1	0			0			1	1	1		0	0	1	0					1		9	8
БНТУ, МГУП	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	8	9
КИИ	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	7	10		
ВАРБ	0	0	0	0					1				1	0	0	0	0	1	0	0	1	1						1	1	7	10	
БГСХА		1	1		1	0		0	1	0			1		0	1			0	0	0	0	0					0	6	11		
ГрГУ	0	0	0	0	0			1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0		1	0		0	0	6	11	
БрГТУ	0	0	0	0	0					0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1		1	0	0				6	11		
ИГЭУ	0	1	1	0	0	0		0	0	0	0		0	0		1	0		0	0	0			0		1	1	1	6	11		
УВАУГА		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0		0		1	1	0			1	0	6	11		
БарГУ	0	0	0	0	0		0	0	1	0		0	0	0	1	0	1	0		0	0	0	0			1	1	1	6	11		
МГПУ-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0		0	0	1	0	0	1	1		0	0	6	11	
БелГУТ, ХНУ		1		0	0			0	0			1	0	0	1	0		1	0	0	0	1		0			0	5	12			
ГТТУ		0	0	0	0				1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0			0	0	0	5	12		
ВАРБ	0	1	0	0						1	0	0	0	0		1	1	0		0	0	0	1		0	0	0	0	5	12		
МГПУ	0	1	0	1					0	0	0	0			0	0	0	0		1		1			1	0		5	12			
ТулГУ		0	0		0	0	0	0			0			1		0	0		0		1		0		1	1	1	5	12			
БГСХА-2	0	0	0	1	1	0		0	1					0	0		0	0	1	0	0					1	5	12				
БРУ	0	1	1	0	0			0	0	0			0	0		1	0	0	0	0	1		0				4	13				
КИИ-2		1	0				0	1	0	0				0	0			0	0	1	0	0	0		0		1	4	13			
УВАУГА, СибГАУ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3	14	
КГУ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		0	0	0	0	0	0		1	0	3	14			
БГАТУ	0	1	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0		0			0	0	0	0		0	0	0	0	1	15			
ЛНТУ		0			0	0		0	0					0					0	0	0					1	0	1	15			
БГАТУ-2	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0						0	0	0	0	0		0	1	0	1	15			

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

- 1 МФТИ-1 – Сандуляну Ш. В., Власюк А. А.
- 1 Военмех – Бокучава П. Н., Войтович В. В., Мостовых П. С.
- 2 МФТИ-2 – Землянов В. В., Ефимов С. С., Белан С. А.
- 3 КГТУ – Христоролюбов Н. Р., Терещенко К. А., Насибуллин И. И.
- 4 БГУ-1 – Головчик А. Г., Насань О. А., Шейко А. Н.
- 4 УГНТУ – Шаяхметов А. И., Багаутдинов Р. Р., Латипов И. И.
- 4 ЮУрГУ, ЧВВАКИУ – Сулова А. А., Хабибуллин А. А., Позднышев Е. О.
- 4 БГУ-2 – Прибыток Д. Г., Жук Р. С., Селицкий П. Ю.
- 4 КГТУ, УГТУ, Военмех – Шайхутдинов Р. К., Мирошников К. В., Джунковский А. А.
- 5 ЮУрГУ – Сурков М. Р., Самойлов С. П., Стариков С. А.
- 5 БелГУТ-2 – Марушкевич В. Н., Мингинович А. В., Курильчик Е. Ю.
- 5 ХНУ – Голицына М. А., Драч К. Д., Пармакли И. И.
- 5 УГТУ-УПИ, УрГУ – Вахлова М. Е., Проничева К. М., Шушпанов М. П.
- 5 СибГАУ – Баляков Д. Ф., Волочаев М. Н., Делков А. В.
- 6 ГГТУ-2 – Старков Н. В., Бурьяк М. Н., Кобзарь Н. Ю.
- 6 УГТУ-УПИ – Бычков А. Е., Киселева О. С., Капленков Е. И.
- 6 БНТУ – Нгуен Ван Тай, Во Чук Фьонг, Сидоревич А. А.
- 6 Польша – Vazgen Bagdasaryan, Jarosław Pieczara, Bartłomiej Dziezyk
- 7 БрГТУ-2 – Семенюк О. С., Антонович П. Н., Иванюк Н. А.
- 7 МГВАК – Гутников Ю. М., Данченко В. В., Тамазян А. С.
- 8 ЯГУ – Литвинцев П. П., Самсонов А. Д., Никифоров А. Я.
- 8 БелГУТ – Кумашов Р. В., Потылкин Е. Н., Белковец А. А.
- 8 БРУ-2 – Лежава А.А., Лосев М.О., Коротеев А.О.
- 9 БНТУ, МГУП – Адамович Е. Г., Сасимович А. Л., Хлопов Н. В.
- 10 КИИ – Горелов А. С., Каминский Д. В., Саванович С. В.
- 10 ВАРБ – Штык В. В., Ярмонтович В. В., Сидорок Е. В.
- 11 БГСХА – Чубаков А. Г., Демидович А. Н., Русаченко А. Д.
- 11 ГрГУ – Драбинович Е. М., Викторovich А. И., Соловьев Д. А.
- 11 БрГТУ – Медведев Т. А., Велесевич А. И., Глушко К. К.
- 11 ИГЭУ – Еремченко И. А., Тунцев В. Е., Нечаев Н. А.
- 11 УВАУГА – Маркова Ю.С., Герасимов Н.С., Горшкова М.А.
- 11 БарГУ – Арцименя В. В., Колечиц П. А., Тихон С. Н.
- 11 МГПУ-2 – Казыкалевич В. В., Плюснин А. Г., Дубина М. В.
- 12 БелГУТ, ХНУ – Волосович С. В., Железко Е. О., Максименко А. В.

- 12 ГГТУ – Оборов М. В., Первенаев П. Д., Рюмцев А. А.
12 ВАРБ – Журко П. Н., Янкин Д. С., Горбачевский М. А.
12 МГПУ – Коновод Н. В., Вырва Е. А., Бычковский Н. В.
12 ТулГУ – Макарова Е. В., Патрикеева А. А., Цуркина Е. М.
12 БГСХА-2 – Майсюк А. С., Шипилов Н. Н., Тараскевич Е.Д.
13 БРУ – Гоманов Д. И., Лоборев И. М., Кравченко М. А.
13 КИИ-2 – Бухал С. В., Сокол А. Н., Пятаков Ю. А.
14 УВАУГА, СибГАУ – Карнаушенко А. С., Денисов Д. А., Иванов Р. Д.
14 КГУ – Муллағалиев Э. А., Охотников Д. И., Камалутдинов А. М.
15 БГАТУ – Комиссарчук Е. И., Рубацкий А. В., Микульский В. В.
15 ЛНТУ – Козак Т. П., Королик С. В., Демидюк Н. И.
15 БГАТУ-2 – Зелковский Е. А., Климович А. Г., Криваль Д. И.