НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ В ПРОСТЫХ ЗАДАЧАХ МЕХАНИКИ

А.И. Трубилко, кандидат физико-математических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

На простых примерах задач механического движения рассмотрены некоторые вопросы безопасности жизнедеятельности. Задачи динамики для целей безопасности при проведении спасательных работ представлены на примере демонстрации эффектов заклинивания и мертвой зоны. Вопросы безопасной работы на высоте анализируются посредством методов статики.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, задачи механики

SOME SAFETY ISSUES IN SIMPLE MECHANICS PROBLEMS

A.I. Trubilko. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Some life safety issues are considered using simple examples of mechanical motion problems. The goals of dynamics for the safety during rescue operations are shown by demonstrating effects of jamming and dead zone. Safe work on heights issues are analyzed by using methods of statics.

Keywords: life safety, mechanics problems

Достижения естественных наук, и в частности физики, приносят людям не только новые возможности их использования в повседневной жизни, качественно изменяя ее, но и предъявляют новые требования к безопасности использования этих достижений. Так, например, открытие электричества не только дало людям свет, но и стало дополнительной причиной пожаров. Развитие ядерной энергетики дало не только новый источник энергии, но и источник повышенной опасности для человека, свидетельством чему являются катастрофы в г. Чернобыле и г. Фукусиме. Развитие информационных технологий также коренным образом изменило наш мир, ввиду чего уже появились термины «информационная безопасность» и «информационные войны». Рост производства приводит к отрицательному влиянию на состояние окружающей среды, в частности, именно поэтому развитые страны стремятся перенести значительную часть своего производства непосредственно за пределы своей страны. По-видимому, человечество только начинает осознавать тот факт, что естественные науки, войдя в повседневный быт, уже касаются практически каждого. Полное осознание этого факта со временем придет, и отношение к естественным наукам будет достаточно прагматичным, поскольку с этой точки зрения основа безопасности жизнедеятельности есть соблюдение объективных законов природы.

Большое число техногенных катастроф происходит по вине человека, а ликвидация их последствий стоит очень дорого. Порой утраты, если речь идет о человеческой жизни, вообще невосполнимы. Гораздо экономичнее осуществлять профилактику и своевременный контроль за соблюдением требований безопасности и правил контроля. Именно на это в основном и направлена стратегия национальной безопасности [1] не только в инженерно-технических областях, например в пожарной безопасности [2], но и в различных других областях жизнедеятельности. Для решения таких задач требуются специалисты высокой квалификации, знающие не только содержание инструкций, но и понимающие их научное обоснование. Прогнозирование, предотвращение и устранение последствий аварий и катастроф в своей основе имеют естественнонаучное обоснование. Отсюда вытекает важность всей естественнонаучной подготовки для инженеров любого профиля, в том числе и сотрудников МЧС России.

Целью этой работы является демонстрация возможности рассмотрения некоторых вопросов безопасности на простых физических примерах раздела механики. Это представляется оправданным, поскольку физические задачи, и именно задачи раздела механики, являются наиболее адекватными с точки зрения наглядности их представления и адаптации для их восприятия. Более того с помощью задач подобного типа можно наиболее просто провести моделирование порой даже и сложной ситуации, абстрагируясь от несущественных факторов и начальных условий при описании эволюции интересующей системы.

В этой работе автор рассматривает вопросы, относящиеся к рассмотрению безопасности жизнедеятельности для разных ситуаций. На примере последовательного рассмотрения задач о движении тела с учетом сил сухого трения описано возникновение явлений «заклинивания» и определение «мертвой» зоны. Эти явления в некоторых случаях при проведении комплекса аварийно-спасательных работ играют важную роль. Например, они оказываются определяющими для демонстрации действия страховочного каната, который является одним из основных элементов при проведении аварийно-спасательных и горно-спасательных работ. Наконец, также последовательно рассматривая разные начальные и граничные условия в широко известной задаче статики, описывающей поведение лестницы, прислоненной к стене, автор определяет условия безопасного режима работы на ней, исходя только из простой физической интерпретации результатов расчета. Такое рассмотрение задачи является чрезвычайно важным и полезным для усвоения азов и элементов безопасности и безопасной работы с применением страховки.

Некоторые задачи динамики для целей безопасности при проведении спасательных работ

Как хорошо известно, при проведении аварийно-спасательных и горно-спасательных работ спасательные работы в полуразрушенных, задымленных помещениях, в завалах проводятся группами (не менее двух человек) при обязательной взаимной страховке [3]. При этом необходимо обязательно применять страховочные средства – спасательные веревки, карабины, которые являются основным элементом при проведении данного вида работ. Физические принципы, на которых основана их работа, связаны с существованием и возникновением сил трения. Рассмотрим динамику движения тел при наличии трения и некоторые явления, обусловленные наличием их действия в системе. Такое рассмотрение позволяет понять возникновение явлений «заклинивание» и определения «мертвой» зоны застоя в простейших ситуациях. Они оказываются важными для понимания особенности движения при наличии таких сил и описания действия страховки с помощью спасательной веревки.

Пусть телу массой m сообщают скорость V_0, после чего оно скользит по горизонтальной поверхности. Коэффициент трения между телом и поверхностью равен μ. Через какое время тело остановится (рис. 1)?

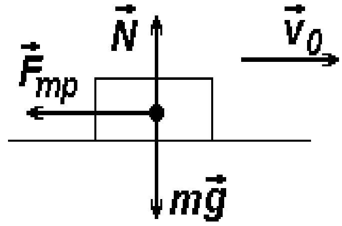

Рис. 1. **Скольжение тела по горизонтальной поверхности**

Уравнение движения тела в данном случае представляет собой второй закон Ньютона и имеет следующий вид:

$$m\frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{N} + \vec{F}_{тр} + m\vec{g}. \qquad (1)$$

В проекциях на оси имеем: $0 = N - mg$, и значит $N = mg$ и

$$m\frac{dV}{dt} = -F_{тр} = -\mu mg, \qquad (2)$$

поскольку сила трения скольжения по величине равна $F_{тр} = \mu N.$ Решение уравнения (2) имеет простой вид: $V = V_0 - \mu gt.$ Следовательно, время движения до остановки равно:

$$t = \frac{V_0}{\mu g}. \qquad (3)$$

Величина (3) не зависит от массы тела, а зависит лишь от начальной скорости, коэффициента трения и ускорения свободного падения. Обратим внимание, что знаменатель этого выражения определяется, в частности, значением коэффициента трения. Если имеется идеально гладкая поверхность, то коэффициент трения равен нулю. В этом случае тело, двигаясь по идеально гладкой поверхности, никогда не остановится, и $t \to \infty$.

Пусть теперь с той же начальной скоростью V_0 тело начинает подниматься по наклонной плоскости. Коэффициент трения между плоскостью и телом по-прежнему считаем равным μ. Через какое время оно остановится (рис. 2)?

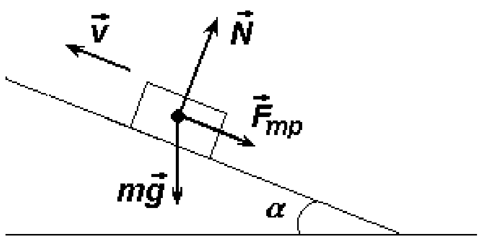

Рис. 2. **Скольжение тела на наклонной плоскости**

Уравнение движения в данном случае также представляет собой второй закон Ньютона и имеет вид (1). В проекциях на ось перпендикулярную наклонной плоскости и ось, направленную вдоль движения тела, имеем:

$$0 = N - mg\cos\alpha,$$

$$m\frac{dV}{dt} = -mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha.$$

где мы использовали тот факт, что $F_{mp} = \mu N = \mu mg\cos\alpha$. Окончательно получаем время подъема тела:

$$t = \frac{V_0}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}.$$

Обратим внимание, что сила трения уменьшилась за счет изменения силы нормального давления, связанного с изменением геометрии эксперимента. Возможна ли ситуация, когда сила нормального давления может быть изменена и другими способами.

Пусть на горизонтальной поверхности находится тело массой *m*. Коэффициент трения равен μ. Какую минимальную силу необходимо приложить к телу, чтобы оно двигалось равномерно (рис. 3)?

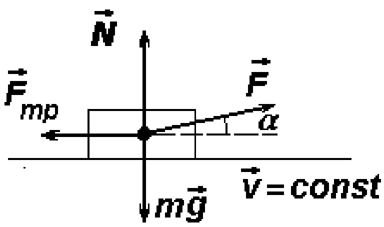

Рис. 3. **Нахождение минимального значения внешней силы для равномерного движения по горизонтальной плоскости**

В общем случае сила $\vec{F}$ может быть приложена под некоторым углом α. Так как тело движется равномерно, то векторная сумма всех сил равна нулю. В проекциях имеем:

$$F\cos\alpha - F_{mp} = 0,$$
$$N + F\sin\alpha - mg = 0,$$
$$F_{mp} = \mu N.$$

Видно, что, прикладывая силу под некоторым углом к горизонту, мы его несколько приподнимаем и тем самым уменьшаем силу реакции опоры и, следовательно, уменьшаем силу трения. Поэтому окончательно имеем:

$$F = \frac{\mu mg}{\cos\alpha + \mu\sin\alpha}. \tag{4}$$

Минимальное значение силы:

$$F_{\min} = \frac{\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}},$$

будет достигнуто в том случае, если знаменатель (4) будет иметь максимальное значение и приложить эту силу следует под углом $\alpha^* = arctg\,\mu.$

Если мы толкаем тело, прикладывая силу под некоторым углом α, то увеличивается сила реакции опоры и тем самым увеличивается сила трения. Значение силы F в этом случае равно:

$$F = \frac{\mu mg}{\cos\alpha - \mu\sin\alpha}.$$

Минимальное значение силы будет в том случае, если $\alpha = 0$. Если сила прикладывается под некоторым углом, то ее величина возрастает, и при $\alpha_0 = arcctg(\mu)$ произойдет «заклинивание», то есть тело при сколь угодно большой силе сдвинуть с места не удается. Это явление играет важную роль, например, при транспортировке пострадавших с помощью специальных салазок, которые крепятся спасательными канатами, и в других случаях.

Явление заклинивания рассмотрено как случай движения тел под влиянием силы трения скольжения, вместе с тем существенную роль при описании движения играют и другие виды сил трения, например силы трения покоя. Совместно с силами трения скольжения они имеют принципиальное значение при описании передачи движения от одного тела к другому. Для понимания их роли рассмотрим несколько ситуаций.

Пусть тело находится на горизонтальной поверхности. Коэффициент трения равен μ. Тело с помощью пружины прикреплено к вертикальной стенке (рис. 4). Выясним условия равновесия тела.

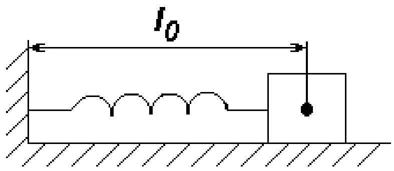

Рис. 4. **К определению условий равновесия представленной системы**

На первый взгляд, кажется, что тело будет находиться в равновесии только в том случае, когда пружина недеформирована, то есть на расстоянии l_0 от стенки. Сместим тело на небольшое расстояние, например, ближе к стенке. Мы увидим, что тело осталось в покое. Все более увеличивая смещение, мы заметим, что, в конце концов, тело придет в движение. При смещении вправо от начального положения результат будет тот же. Объяснить это явление легко, если учесть действие силы трения покоя. Тело будет находиться в покое в некоторой зоне. Ее размеры можно определить, исходя из условия покоя для системы $\vec{F}_{упр} + \vec{F}_{тр} = 0$. При отклонении влево от точки равновесия это равенство выполнено, когда $k(l_0 - x) \le F_{тр\,\max}$, а при отклонении вправо – когда $k(l_0 - x) \ge F_{тр\,\max}$. Здесь $F_{тр\,\max} = \mu mg$ – максимальное значение силы трения покоя. В итоге приходим к неравенству:

$$l_0 - \frac{\mu mg}{k} \le x \le l_0 + \frac{\mu mg}{k},$$

где k – коэффициент жесткости пружины, m – масса тела, l_0 – расстояние от центра тяжести тела до стенки при отсутствии деформации пружины.

Пусть $\mu = 0{,}1$, $m = 0{,}1$ кг, $k = 10^3$Н/м. Тогда область «мертвой» зоны составляет примерно 0,2 мм. На первый взгляд это небольшая величина. Однако в определенных случаях она играет определяющую роль. Возьмем теперь тело и подвесим его двумя способами, показанными на рис. 5, и будем измерять растяжение пружины. Опыт покажет, что в случае (*б*) растяжение пружины будет меньше, чем для случая (*а*).

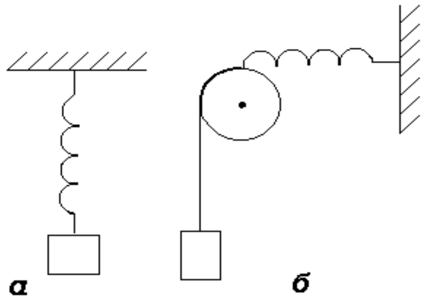

Рис. 5. **Отличие в растяжениях пружины для представленных систем**

Для объяснения такого расхождения в показаниях динамометров рассмотрим рис. 6. Выделим малый участок нити, прилегающий к блоку, и укажем силы, действующие на него.

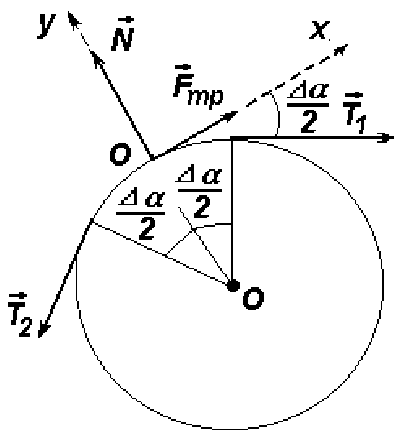

Рис. 6. **Силы натяжения на блоке**

В проекциях на оси, указанные на рис. 6, имеем:

$$T_2 \cos\frac{\Delta\alpha}{2} - T_1 \cos\frac{\Delta\alpha}{2} - F_{тр} = 0,$$

$$N - T_1 \sin\frac{\Delta\alpha}{2} - T_2 \sin\frac{\Delta\alpha}{2} = 0.$$

Преобразуя систему, получим:

$$F_{тр} = (T_2 - T_1)\cos\frac{\Delta\alpha}{2}, \qquad N = (T_1 + T_2)\sin\frac{\Delta\alpha}{2}.$$

По определению $F_{тр\,\max} = \mu N = \mu(T_1 + T_2)\sin\dfrac{\Delta\alpha}{2}$.

Так как выделенный участок является малым, то можно считать $T_1 \approx T_2 = T$ и $-\Delta T \cos\frac{\Delta\alpha}{2} \approx 2\mu T \sin\frac{\Delta\alpha}{2}.$. Переходя к бесконечно малым величинам, имеем:

$$dT = -\mu T d\alpha.$$

Интегрируя это уравнение, получаем следующий результат:

$$T = T_0 \exp(-\mu\alpha).$$

где T_0 – сила натяжения горизонтального участка для случая (б).

Таким образом, за счет силы трения покоя показания динамометра уменьшаются. Для оценки величины этого уменьшения выберем $\mu=0{,}3$. Тогда для случая, показанного на рис. 6, $\alpha=\pi/2$ и имеем:

$$\frac{T}{T_0} = \exp(-0{,}45) \approx 0{,}64.$$

Из этого примера вытекает очень важное практическое следствие. Сделаем один полный оборот вокруг диска. Тогда $\alpha=2\pi$ и сила натяжения горизонтальной части нити $T=0{,}15T_0$, то есть уменьшится примерно в семь раз. Если мы сделаем два оборота, то уменьшение составит 40 раз. В общем случае число оборотов *n* и натяжение горизонтальной части будет равно:

$$T_n = T_0 \exp(-2\pi n\mu).$$

Важность этого результата трудно переоценить. Именно найденная зависимость определяет динамику поведения страховочного каната при действии его на карабин, что является важным при проведении аварийных работ.

Безопасность при работе на лестницах на основе простых задач статики

Статистика несчастных случаев при проведении работ на высоте однозначно свидетельствует, что указанные эпизоды однозначно связаны с пренебрежением основами безопасности при проведении работ на лестницах [4]. Так из общего числа несчастных случаев около 60 % происходит в результате соскальзывания лестницы с места опоры. Рассмотрим известную задачу статики о лестнице, прислоненной к вертикальной стене [5, 6]. С точки зрения автора, поэтапное рассмотрение этой задачи для условий пустой стоячей лестницы и лестницы с поднимающимся по ней человеком должно дать сведения об основах безопасной работы, исходя из объективных физических законов статики. Напомним, что твердое тело находится в состоянии равновесия, если сумма всех сил, действующих на него, и сумма моментов всех сил относительно любой оси равны нулю. Рассмотрим обозначенную проблему равновесия лестницы.

На рис. 7 представлена пустая лестница AB длиной *L* и массой *M*, которая приставлена к стене под углом α к горизонтальной поверхности. Коэффициент трения между лестницей и полом равен μ_1, а между лестницей и стеной μ_2. Центр масс лестницы расположен на расстоянии *a* от нижнего конца. Определим наименьший угол, при котором лестница еще находится в равновесии, а также силы реакции пола и стены.

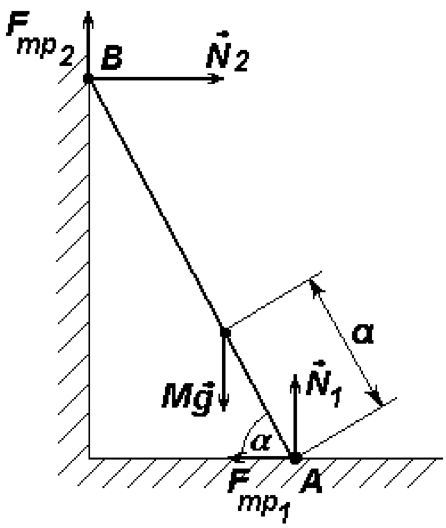

Рис. 7. **Определение равновесного состояния лестницы**

Если лестница находится в покое, то сумма сил, действующих на нее, равна нулю:

$$M\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 + \vec{F}_{mp1} + \vec{F}_{mp2} = 0. \tag{5}$$

В проекциях имеем:

$$\begin{gathered} Mg - N_1 - F_{mp2} = 0, \\ F_{mp1} - N_2 = 0. \end{gathered} \tag{6}$$

Очевидно, что этих уравнений недостаточно для нахождения сил и значения угла. Поэтому воспользуемся вторым условием равновесия. Выберем ось вращения, например, проходящую через точку А. Тогда моменты сил $\vec{N}_1$ и $\vec{F}_{mp1}$ относительно этой оси равны нулю. Поэтому имеем:

$$N_2 L \sin\alpha - Mga\cos\alpha + F_{mp2} L \cos\alpha = 0. \tag{7}$$

Поскольку нас интересуют условия начала скольжения лестницы, то силы трения, являющиеся в данном случае силами трения скольжения, равны:

$$F_{mp1} = \mu_1 N_1, \quad F_{mp2} = \mu_2 N_2. \tag{8}$$

Используя уравнения (6), (8), получим:

$$N_1 = \frac{Mg}{1 + \mu_1\mu_2}, \quad N_2 = \frac{\mu_1 Mg}{1 + \mu_1\mu_2}. \tag{9}$$

Подставляя эти значения с учетом (8) в уравнение для моментов сил (7), получим значение для тангенса искомого минимального угла:

$$tg\alpha_{\min} = \frac{a}{L}\frac{(1+\mu_1\mu_2)}{\mu_1} - \mu_2 \qquad (10)$$

Для случая однородной лестницы, где центр масс расположен на расстоянии $a = \dfrac{L}{2}$, из (10) имеем:

$$\alpha_{\min} = arctg\frac{1-\mu_1\mu_2}{2\mu_1}. \qquad (11)$$

Из (11) следует, что значение $\alpha_{\min}$ тем меньше, чем ниже расположен центр масс лестницы. В частности, если $a = 0$, то угол наклона лестницы α может быть любым. Отметим, что зависимость тангенса минимального угла наклона от коэффициента трения μ_2 слабее, чем от μ_1. Поэтому довольно часто полагают $\mu_2 = 0$. Теперь усложним задачу.

Пусть лестница установлена под углом $\alpha_{\min}$ к горизонтальной поверхности. По ней поднимается человек массой m. На какое расстояние может пройти человек до момента начала ее скольжения (рис. 8).

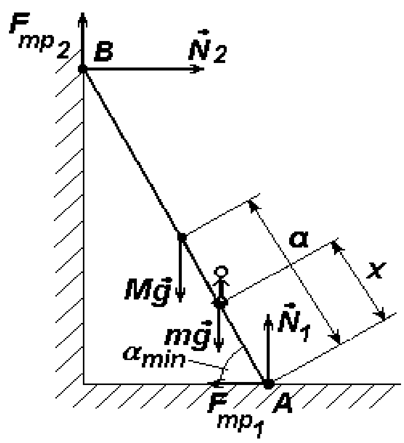

Рис. 8. **Определение расстояния, которое может пройти человек по лестнице, установленной под критическим углом, до начала ее скольжения**

Условие равенства нулю всех сил, действующих на лестницу, в проекции на оси системы координат, показанной на рис. 8, имеет вид:

$$F_{mp2} - Mg - mg + N_1 = 0,$$
$$N_2 - F_{mp1} = 0. \qquad (12)$$

Используя выражения для значений сил трения скольжения (8), определим в этом случае величины сил реакции опор:

$$N_1 = \frac{(M+m)g}{1+\mu_1\mu_2}, \quad N_2 = \frac{\mu_1(M+m)g}{1+\mu_1\mu_2}. \tag{13}$$

Появление человека на лестнице не сводится к простой алгебраической замене в выражениях (9) $M \to (M+m)$, а приводит к появлению дополнительного момента силы тяжести человека. В частности, относительно оси, проходящей через точку A, сумма моментов определяется теперь уравнением:

$$N_2 L\sin\alpha - Mga\cos\alpha - mgx\cos\alpha + F_{mp2}L\cos\alpha = 0. \tag{14}$$

Из (14) с учетом (12) и (13) найдем значение искомого расстояния:

$$x = L\left(\frac{M+m}{m}\right)\left(\frac{\mu_1}{1+\mu_1\mu_2}\right)(tg\alpha + \mu_2) - \frac{M}{m}a. \tag{15}$$

Подставляя в выражение (15) значение $tg\alpha_{\min}$ из (10), получим:

$$x_{\max} = a.$$

Следовательно, если лестница установлена под критическим углом, то пройти по ней можно лишь на расстояние от нижнего конца до центра ее масс. Именно поэтому, в целях безопасности, обычно лестницу устанавливают под углом $\alpha > \alpha_{\min}$. Теперь еще более усложним задачу.

Пусть теперь лестница установлена к горизонту под углом $\alpha > \alpha_{\min}$. По этой лестнице поднимается человек. Найдем силы реакции опоры, силы трения и расстояние, которое может пройти человек по лестнице до начала ее скольжения (рис. 9).

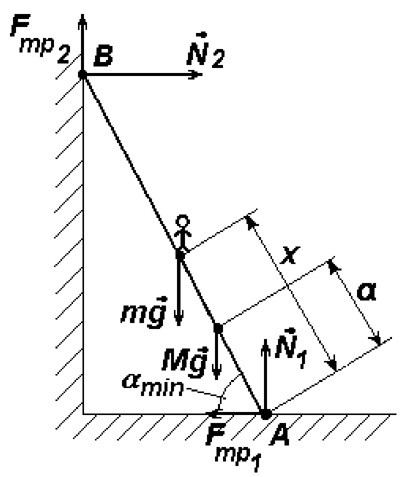

Рис. 9. **Определение расстояния, которое может пройти человек по лестнице, установленной под углом больше критического**

В этом случае силы трения являются силами трения покоя, поэтому их значения не определяются выражениями (9). Тогда, в общем случае мы имеем пять неизвестных N_1, N_2, F_{mp_1}, F_{mp_2} и x. Значит, для решения задачи необходимо составить систему из пяти уравнений. В данном случае мы можем написать лишь систему из четырех уравнений. Но одно из уравнений оказывается линейно зависимым. Такая ситуация называется статически неопределенной задачей. Для ее решения необходимо считать заданными две из приведенных величин.

Поскольку выражение, определяющее значение минимального угла наклона (11), слабо зависит от коэффициента трения μ_2, положим его равным нулю $\mu_2 = 0$. Тогда сила трения между лестницей и стенкой равной нулю $F_{mp2} = 0$.

Другой заданной величиной будем считать силу трения покоя F_{mp1}, изменяющуюся от нуля до максимального значения, равного силе трения скольжения (8) $F_{mp1} = \mu N_1$, где $\mu = \mu_1$.

Теперь из условий равновесия выпишем уравнения для проекций сил:

$$\begin{aligned} N_2 - F_{mp1} &= 0, \\ N_1 - Mg - mg &= 0 \end{aligned} \tag{16}$$

и уравнение для моментов этих сил относительно точки *A*:

$$Mga\cos\alpha + mgx\cos\alpha - N_2 L\sin\alpha = 0. \tag{17}$$

Отметим, что уравнение для моментов сил относительно оси, проходящей через точку *B*, линейно зависимо от (17). Силы реакций опор легко найти из системы (16):

$$\begin{aligned} N_2 &= F_{mp1}, \\ N_1 &= (M + m)g. \end{aligned}$$

Разрешая (16) и (17), найдем расстояние *x*, которое человек может пройти по лестнице:

$$x = \frac{F_{mp1}}{mg} L tg\alpha - \frac{M}{m} a. \tag{18}$$

С практической точки зрения важно, чтобы человек мог подняться по лестнице как можно выше. Это означает, что максимальное значение величины *x* должно стремиться к значению длины лестницы *L*.

В выражении (18) значение F_{mp_1} считается заданным. Поскольку *x* пропорционально F_{mp_1}, а максимальное значение последней определяется значением силы трения скольжения:

$$F_{mp_1\,\max} = \mu N_1 = \mu(M + m)g,$$

то

$$x_{\max} = \frac{\mu(m+M)g}{mg} L\,tg\alpha - \frac{M}{m} a. \qquad (19)$$

В выражении (19) значение $tg\alpha$ может изменяться. Естественно, что должно выполняться условие $\alpha > \alpha_{\min}$. В противном случае лестница либо упадет, либо подняться выше центра ее масс не удается.

Выясним, под каким углом α^* мы можем поставить лестницу, чтобы $x_{\max} = L$, тогда:

$$tg\alpha^* = \frac{1}{\mu}\left(1 + \frac{M}{m}\frac{a}{L}\right)\frac{m}{m+M}.$$

Если масса человека много больше массы лестницы $m >> M$, то $tg\alpha^* \approx \frac{1}{\mu}$. Когда имеем дело с массивной лестницей $m << M$, значение:

$$tg\alpha^* = \frac{1}{\mu}\left(1 + \frac{M}{m}\frac{a}{L}\right)\frac{m}{M}. \qquad (20)$$

Раскрывая скобки в (20), имеем:

$$\frac{1}{\mu}\frac{m}{M} + tg\alpha_{\min} = tg\alpha^*. \qquad (21)$$

Здесь мы воспользовались значением для тангенса минимального угла (10) для пустой лестницы в условиях, когда $\mu_1 = \mu$ и $\mu_2 = 0$, $tg\alpha_{\min} = \frac{a}{L}\frac{1}{\mu}$. Анализ выражения (21) показывает, что в условиях, когда $\frac{1}{\mu}\frac{m}{M} << tg\alpha_{\min}$, что автоматически выполняется для массивной лестницы $mL << Ma$, ее можно устанавливать под углом $tg\alpha_{\min} \approx tg\alpha^*$.

Выводы

В этой работе рассмотрены некоторые вопросы безопасности с помощью простых примеров механики, обсуждены режимы заклинивания и застоя при описании динамики системы, возникающие из-за наличия сил трения. Эти явления описывают известное поведение простой, но широко применяемой системы «спасательная веревка-карабин», используемой при проведении аварийно-спасательных работ в разрушенных зданиях и сооружениях, горных завалах и на высоте. Известная задача статики о поведении лестницы, имеющей две точки опоры, представлена как анализ возможной безопасной работы человека на ней. Таким образом, показана возможность рассмотрения вопросов безопасности в рамках простых задач, в частности механического движения. При этом основой безопасности являются соблюдение объективных законов физической природы.

Эта статья использует материалы авторских оригинальных задач из учебного пособия курс общей физики [7], разработанного и написанного автором совместно с профессором, доктором физико-математических наук Валерием Николаевичем Скребовым. К большому сожалению, этого замечательного человека уже нет с нами. Эту работу автор хочет посвятить его светлой памяти и еще раз с теплотой вспомнить те счастливые, плодотворные годы, когда авторы работали вместе, в том числе и над этими задачами.

Литература

1. О стратегии национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента Рос. Федерации от 31 дек. 2015 г. № 683. Доступ из информ.-правового обеспечения «Гарант».

2. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ (в ред. от 30 дек. 2015 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Методические рекомендации по действиям подразделений федеральной противопожарной службы при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ: Письмо МЧС России от 26 мая 2010 г. № 43-2007-18. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. Инструкция по охране труда при выполнении работ на лестницах и стремянках // Охрана труда в России. URL: Ohranatruda.ru/ot_biblio/ instructions/166/146186 (дата обращения: 01.02.2016).

5. Бутиков Е.И., Быков А.А., Кондратьев А.С. Физика в примерах и задачах. М.: Наука, 1989. 466 с.

6. Трифонов Е.Д., Ляпцев А.В., Глазков В.В. Использование компьютера при решении творческих задач по физике // Информатизация образования. 2006. № 3. С. 10–15.

7. Скребов В.Н., Трубилко А.И. Курс общей физики. Механика. СПб.: СПбУ ГПС МЧС России, 2011. Т. 1. 351 с.