

В. Ф. Очков,

Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва,

В. Л. Чудов, А. В. Соколов,

лицей № 1502, Москва

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОРУМА PTC COMMUNITY/MATHCAD НА ШКОЛЬНЫХ ЗАНЯТИЯХ ПО ИНФОРМАТИКЕ

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы поддержки учебного процесса в школе с использованием профессиональной социальной сети — «фирменного» форума пользователей пакета Mathcad. Рассмотрено решение и анимирование задачи о движении двери автобуса и «чистого» складывания самоката.

Ключевые слова: интернет-сайт, специализированный форум, профессиональные социальные сети, система уравнений, математическая модель кинематического устройства, Mathcad, построение графика, анимация.

Контактная информация

Очков Валерий Федорович, доктор тех. наук, профессор, Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва; адрес: 111250, г. Москва, Красноказарменная ул., д. 14; телефон: (495) 362-71-71; e-mail: ochkov@twi.mpei.ac.ru

V. F. Ochkov,
National Research University MPEI,
Moscow,

V. L. Chudov, A. V. Sokolov,
Lyceum 1502, Moscow

THE USE OF PTC COMMUNITY/MATHCAD FORUM AT THE INFORMATICS LESSONS

Abstract

The article discusses the support of the educational process at school based on the forum PTC Community/Mathcad. The solution and animation of the problem of the door of the bus and "pure" folding scooter are described.

Keywords: Internet site, dedicated forum, professional social networks, system of equations, mathematical model of kinematic unit, Mathcad, graphing, animation.

Организация учебного процесса в школах в настоящее время, как правило, поддерживается сайтами Интернета с оперативной информацией: это списки учащихся, планы занятий, контрольные вопросы, домашние задания, электронные учебники и задачки, а также другие дополнительные полезные материалы.

Но, кроме того, в последнее время на школьных занятиях по информатике, математике, физике стали интенсивно использовать математические программы, в частности пакет Mathcad. Так, в списке литературных источников приведены данные о статьях в журналах издательства «Образование и Информатика» [1, 2, 5, 8–11], где в названии присутствует слово Mathcad. Самих же статей, где речь идет об использовании этого пакета в учебном процессе, но где нет слова Mathcad в названии, можно насчитать десятками.

Пакет Mathcad привлекателен тем, что порог вхождения в него очень низок: школьник после двух-трех занятий начинает самостоятельно строить графики, решать численно и/или аналитически (символьно) уравнения и системы уравнений, создавать анимации и т. д. Кроме того, для школ (бюджетных организаций) немаловажен тот факт, что есть бесплатная версия Mathcad — Mathcad Express. Она функционально укорочена по сравнению с полной версией пакета, но тем не менее позволяет решать многие школьные задачи по информатике, физике, химии, математике... Этот пакет на компьютер установить несложно. Достаточно зайти на сайт владельца пакета: <http://www.ptc.com>, пройти по ссылкам Products/Mathcad и установить на своем компьютере полную версию Mathcad, которая после месяца пробной работы превращается в вышеупомянутую укороченную. Но многие школы изыскивают возможность покупки пакета (например, через фирму Softline: <http://www.softline.ru>) и восстанавливают на компьютерах полную версию Mathcad, используя скидки, которые предусмотрены для учебных заведений.

Фирма PTC предоставляет всем желающим еще одну бесплатную и полезную ИТ-услугу — возможность создания сайтов на форуме PTC Community. Стартовая страница этого форума, вернее, подфорума, касающегося Mathcad, показана на рисунке 1. На него несложно выйти с сайта PTC: <https://www.ptcusercommunity.com/community/mathcad>

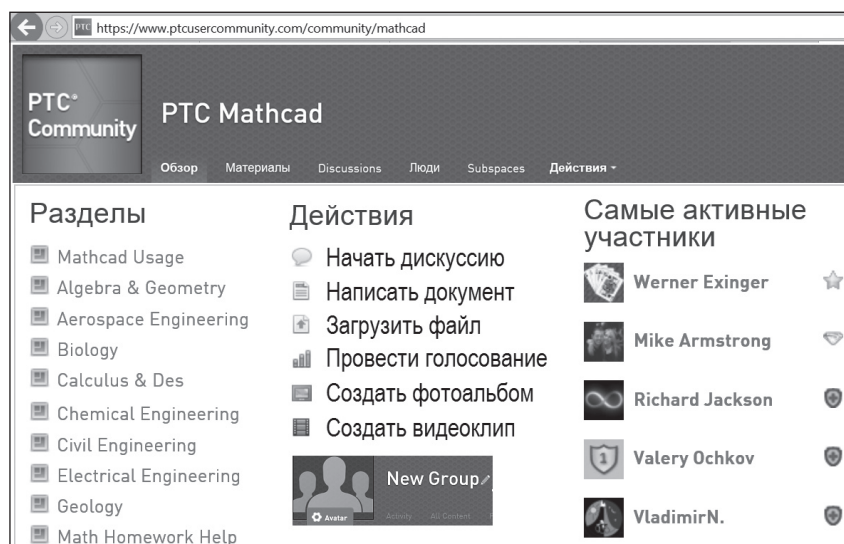


Рис. 1. Стартовая страница форума PTC Community/Mathcad

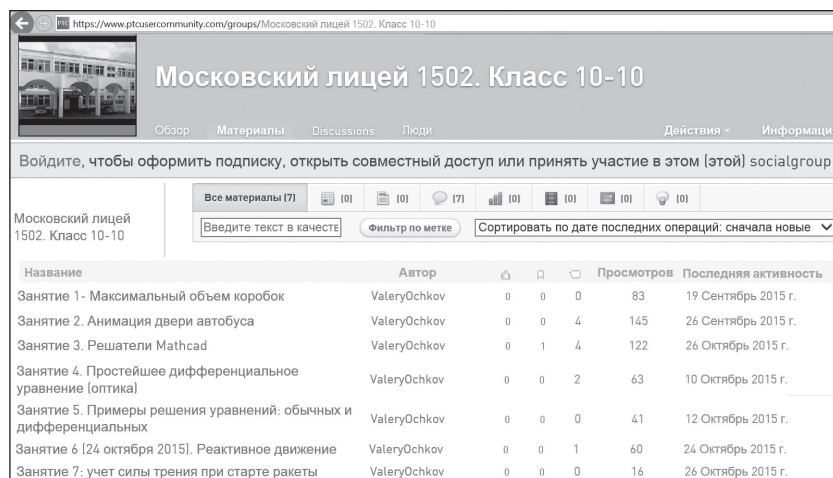


Рис. 2. Сайт факультативных занятий в лицее при МЭИ

Если посетитель сайта регистрируется, то он получит возможность выполнять определенные действия, выбрав соответствующий раздел своих Mathcad-интересов (рис. 1). Обычно на этот форум заходят люди, решающие свои задачи в среде Mathcad и нуждающиеся в совете или подсказке от опытных участников этой профессиональной социальной сети. Самые активные «советчики» и «подсказчики» этого форума отмечены на сайте. В топ-пятерке таких активистов два человека из России: один — автор этой статьи Valery Ochkov и второй VladimirN — работник одной московской фирмы, поддерживающей Mathcad.

Много подобных сайтов-подсказчиков есть и в России. Например, сайт по адресу: <http://www.exponenta.ru> вышеупомянутой фирмы Softline поддерживает пользователей «великолепной четверки» математических программ — Maple, Mathematica, Matlab и, конечно, Mathcad. Сайт: <http://www.smash.info> поддерживает русскую реплику пакета Mathcad — пакет Smath Studio, который также широко используется в нашей школе — средней и высшей.

Но сайт PTC Community имеет на порядок больше возможностей, чем другие подобные сайты. Во-первых, он автоматически меняет язык общения в зависимости от того, из какой страны к сайту обратились. Во-вторых (и это главное), этот сайт позволяет создавать так называемые группы (Group — см. центр рисунка 1), в которых их участники могут обсуждать свои специфические проблемы. При этом группы могут быть открытыми для всех посетителей сайта PTC Community — зарегистрированных и незарегистрированных (незарегистрированные посетители сайта могут читать сообщения, но не могут вклиниваться в дискуссии). Группы могут быть полуоткрытыми, когда все видят, что происходит в группе, но менять содержимое группы могут только ее участники, которых особо пригласил сам хозяин группы, ее создавший. Группы также могут быть полностью закрытыми от посторонних взглядов, а в них могут работать только приглашенные.

Вот одна практическая реализация такого сайта.

Один из авторов этой статьи, когда ему предложили вести занятия со школьниками в лицее № 1502 при Московском энергетическом институте, начал факультатив по применению математических пакетов, в частности Mathcad, при решении школьных задач по математике и физике с... создания соответствующей группы на форуме PTC Community (рис. 2, 3).

Два первых занятия факультатива (рис. 2) касались вопросов создания анимации в среде Mathcad: первое —

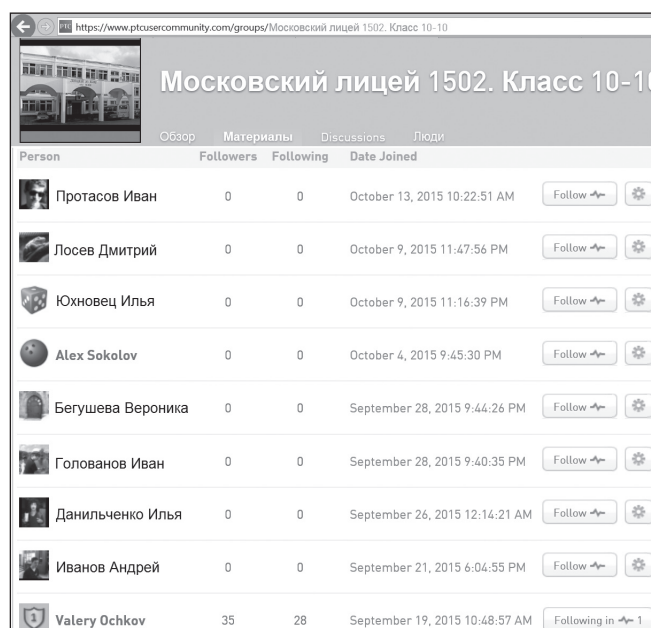


Рис. 3. Состав лицейского факультатива на сайте PTC Community

косвенно (создавалась анимация складывания коробки из квадратной заготовки, поясняющая суть одной задачи оптимизации*), а второе — непосредственно: создавалась анимация движения автобусной двери при ее открытии и закрытии.

Коробки мы складываем нечасто, а вот в общественном транспорте ездим почти каждый день и видим, как поворачивающийся стержень разворачивает рычаг, который открывает или закрывает дверь автобуса (трамвая, троллейбуса). При этом один край двери скользит в прямолинейном пазе — см. два фото на рисунке 4 и точку 1 на рисунке 5. В старых автобусах две половинки двери состояли из своих собственных двух половинок, которые складывались гармошкой и открывали дверь. Конструкция была ненадежной** и часто ломалась. В современных же автобусах все сделано иначе.

* Читатель может зайти на сайт и узнать о сути этой задачи.

** Даже знаменитый сатирик Михаил Жванецкий отметил ненадежность старых автобусных дверей: «...Не дослушав полностью ответ девочек и получив портфелем с коньками по голове, мужчина сошел через закрытую дверь [автобуса]».

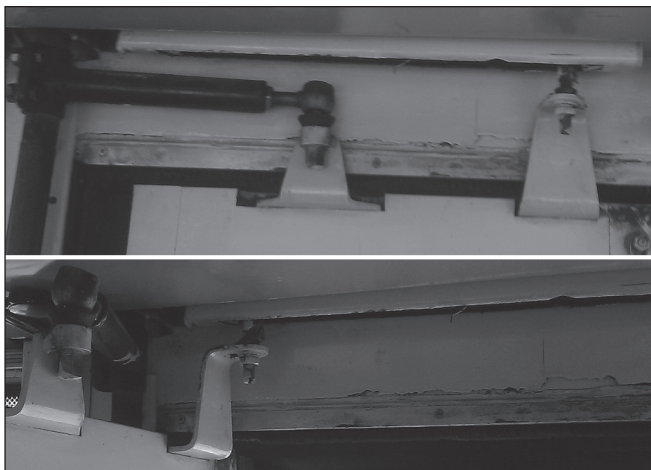


Рис. 4. Фото автобусной двери — закрытой и открытой

Начинают создание подобных анимаций с эскиза (рис. 5): рисования рычага (0–2), стержня (0), верхнего края двери (1–3 — вид сверху) и ввода обозначений.

Вид сверху на автобусную дверь сначала рисовался от руки на бумаге (вернее, на экране планшета), но, когда анимация была готова, один ее кадр был доработан, дополнен линиями с обозначениями и вставлен в расчет, показанный на рисунке 5. «Математика» задачи здесь сводится к решению системы четырех алгебраических уравнений, основанных на простой «геометрии» задачи:

треугольник, образуемый частью двери автобуса (прямая линия 1–2), открывающим рычагом (0–2) и пазом для двери (0–1), разбивается на два прямоугольных треугольника, к которым прикладывают теорему Пифагора и то положение, что синус угла — это отношение длины противолежащего катета (h) к гипотенузе (L_{02} — длина рычага).

Систему уравнений мы решили аналитически (рис. 5), но пакет Mathcad ответ не выдал по причине его очень большого размера. Но мы смогли-таки выудить решение системы, выдав «на печать» отдельные элементы матрицы *ans*^{**}. Эти выражения через копирование и вставку будут использованы при формировании функции пользователя с именами x_1 (она полностью видна) и l_2 (показана только ее часть). Аргументы у этих двух функций — независимая переменная α (угол поворота рычага автобусной двери — см. рисунок 6). До формирования этих функций в расчет вводятся исходные данные — размеры двери и рычага, ее поворачивающего.

Расчеты на рисунках 5 и 6 помещены в области, которые можно свернуть при отладке документа и создании анимации. На рисунке 7 показаны установки X-Y-графика, по которому строится анимация открывающейся двери автобуса при изменении значений системной переменной *FRAME* от 0 до 300, которые меняют значения угла поворота двери с 0° до минус 90° с шагом -1° , которые в свою очередь меняют значения координат узловых точек двери автобуса и вид самой двери сверху [3].

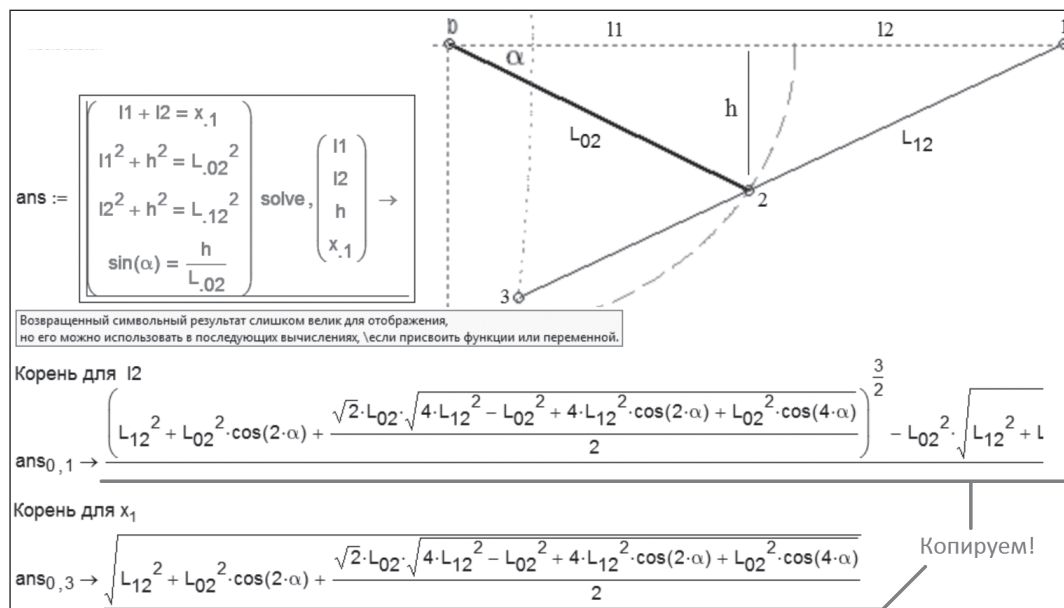


Рис. 5. Символьное решение системы уравнений для автобусной двери

* Конечно, число уравнений можно уменьшить, применив к треугольнику с вершинами 0, 1 и 2, показанному на рисунке 5, теорему синусов, сведя тем самым задачу к одному уравнению: $L_{12}/\sin(\alpha) = L_{02}/\sin(\beta)$ и решив его относительно неизвестного β . Но в информационных технологиях доминирует так называемый KISS-принцип. С поцелуями он ничего общего не имеет, хотя хорошее отношение к людям, решающим задачи на компьютере, в нем прослеживается. Аббревиатура KISS расшифровывается как Keer It Simple, Stupid — делай это проще, дурачок [4]. Руководствуясь именно этим принципом, мы и не стали уменьшать число уравнений в системе: упрощая задачу для компьютера, мы усложняем ее для человека.

Можно, конечно, не возиться (копировать и вставлять) с выражениями для переменных l_2 и x_1 (см. рис. 5 и 6), а решить систему четырех уравнений не аналитически^{***}, а численно, задав разумное первое приближение переменным l_1 , l_2 , h и x_1 [7], но тогда бы не было функ-

** У этой матрицы два столбца (нулевой и первый — два решения системы) и четыре строки (с нулевой до третьей — корни по четырем неизвестным системы).

*** Тут, кстати, выдаются **четыре** корня, и нужно еще сообразить, какой корень пускать в дело.

Решение задачи

$$\alpha := \frac{\alpha_{\text{end}}}{n} \quad \text{FRAME} = -30^\circ \quad \alpha_{01} := 0, \frac{\alpha_{\text{end}}}{300} \cdot \alpha_{\text{end}} \quad \text{Вставляем!}$$

$$x_2 := L_{02} \cos(\alpha) = 21.651 \text{ cm} \quad y_2 := L_{02} \sin(\alpha) = -12.5 \text{ cm} \quad y_1 := 0 \text{ m}$$

$$xx_1(\alpha) := \sqrt{L_{12}^2 + L_{02}^2 \cos(2\alpha) + \frac{\sqrt{2} L_{02} \sqrt{4L_{12}^2 - L_{02}^2 + 4L_{12}^2 \cos(2\alpha) + L_{02}^2 \cos(4\alpha)}}{2}}$$

$$x_1 := xx_1(\alpha) = 44.449 \text{ cm}$$

$$ll2(\alpha) := \left(L_{12}^2 + L_{02}^2 \cos(2\alpha) + \frac{\sqrt{2} L_{02} \sqrt{4L_{12}^2 - L_{02}^2 + 4L_{12}^2 \cos(2\alpha) + L_{02}^2 \cos(4\alpha)}}{2} \right)^{\frac{3}{2}} - L_{02}^2 \sqrt{\dots}$$

$$l2 := ll2(\alpha) = 22.798 \text{ cm} \quad yy_3(\alpha) := L_{02} \sin(\alpha) \frac{L_{13}}{L_{12}} \quad xx_3(\alpha) := xx_1(\alpha) - ll2(\alpha) \frac{L_{13}}{L_{12}}$$

$$y_3 := yy_3(\alpha) = -21.635 \text{ cm} \quad x_3 := xx_3(\alpha) = 4.991 \text{ cm}$$

Решение задачи

Рис. 6. Формирование координат автобусной двери

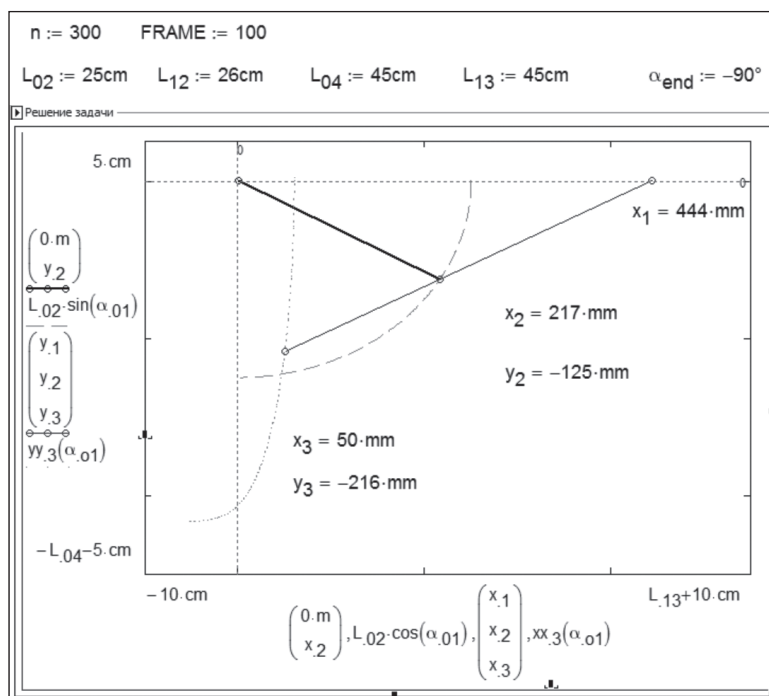


Рис. 7. Формирование графика движения автобусной двери

ции $xx_1(\alpha)$ и мы бы не смогли построить траекторию движения свободного края двери (рис. 7).

Так или иначе, анимация открывания двери автобуса была создана и размещена на сайте факультатива для всеобщего обозрения и комментирования (рис. 8). Там же был размещен и сам Mathcad-файл. Форум РТС Community — это, кстати говоря, надежное и удобное облачное хранилище файлов, рисунков, анимаций и прочего, связанного с пакетом Mathcad и не только с ним.

При создании анимации можно менять геометрию двери — значения пользовательских переменных L_{02} , L_{12} , L_{04} , L_{13} (длины элементов двери), α_{end} (угол поворота открывающего/закрывающего рычага) и системной переменной $FRAME$ (номер кадра анимации — см. рисунок 7) — и видеть промежуточное положение двери. Если начальные установки будут несовместимы с геометрией двери, то численного решения системы уравнений

не будет (функция Find будет краснеть), а выражения символьного решения будут возвращать комплексные числа с мнимой единицей. При этом график не будет строиться, а анимация будет иметь пробелы.

Пакетом Mathcad владеет корпорация РТС. У этой фирмы главным продуктом является программа Сгео (старое название Pro/Engineer*). Это программа САПР — система автоматизированного проектирования. Так вот, результаты расчета, сделанного в среде Mathcad, можно передать в среду Сгео, где будет спроектирована реальная автобусная дверь. При этом можно оптимизировать ее размеры — сделать, например, движение двери более

* С этого программного продукта началась история фирмы РТС, которую, кстати говоря, основал выходец из Советского Союза. Мало кто знает, что два остальных «кита» автоматизированного проектирования — пакеты AutoCAD и SolidWorks — были созданы также нашими соотечественниками.

Рис. 8. Кадр анимации движения автобусной двери

плавным, учесть не только кинематику, но и динамику такого движения с учетом действующих на дверь сил, уменьшить усилия на привод двери и т. д.

На факультативных занятиях в лицее были также рассмотрены отдельные вопросы по физике (см. рис. 2).

Для начала обсуждался вопрос движения тела переменной массы. Вопрос этот довольно сложен для учащихся и недостаточно рассматривается в школьном курсе. Были аналитически и численно решены модели движения одноступенчатой и многоступенчатых ракет. Это решение показало необходимость применения многоступенчатых ракет для достижения космических скоростей. Законы движения тел переменной массы позволили описать движение тел в атмосфере Земли (метеороидов) с учетом изменения массы тел в результате сгорания в атмосфере.

Следующий класс задач касался оптических тем, в частности применения законов геометрической оптики. Проведенные расчеты позволили без ограничений малых углов и постоянства показателя преломления решить и анимировать задачи на расчет поверхности собирающей линзы и искривления лучей в неоднородной среде (возникновение миражей).

Еще одним классом задач, решаемых численными методами, были задачи на устойчивость плавающих тел (судов). Тема устойчивости, вообще, неоправданно потерялась в школьных учебниках физики, математические же инструменты пакета Mathcad открывают широкие возможности для моделирования устойчивости судов произвольной формы. Эта тема исключительно

интересна при углубленном изучении разделов гидростатики и аэростатики.

Все перечисленные задачи оказываются по силам учащимся лицея, несмотря на то что подробное аналитическое решение вряд ли будет по силам и учащимся высших учебных заведений! Эти задачи были опубликованы на сайте PTC Community на английском языке, но не в описываемой группе, а в основном потоке форума. Это позволило привлечь к решению и обсуждению задач людей со всего света.

А вот еще одна поучительная анимация.

К лицее, где проводится факультатив, многие лицеисты добираются со всех концов Москвы так: сначала едут на метро до станции «Новогиреево», а потом на автобусе или троллейбусе несколько остановок. Но некоторые лицеисты катятся от метро до лицея на... самокате, который везут с собой в метро. Самокат в вагоне метро складывается, но его колеса могут запачкать пассажиров. Так вот, на факультативе в лицее обсуждался «непачкающий» самокат, который при складывании закрывает выдвижными крыльями свои грязные колеса. И не только обсуждался — была создана анимация такого самоката: см. рисунок 9 и сайт с анимацией по адресу: <https://www.ptcusercommunity.com/thread/127948>.

Хорошая идея — дополнять заявки на изобретения не только схемами и рисунками, но и анимациями.

И последнее. В среде Mathcad Prime 3 (а с этой версией авторы и лицеисты работали в момент написания статьи) пока, увы, нет инструментов создания анимации. Они есть только в «старом добром» пакете Mathcad 15. Но

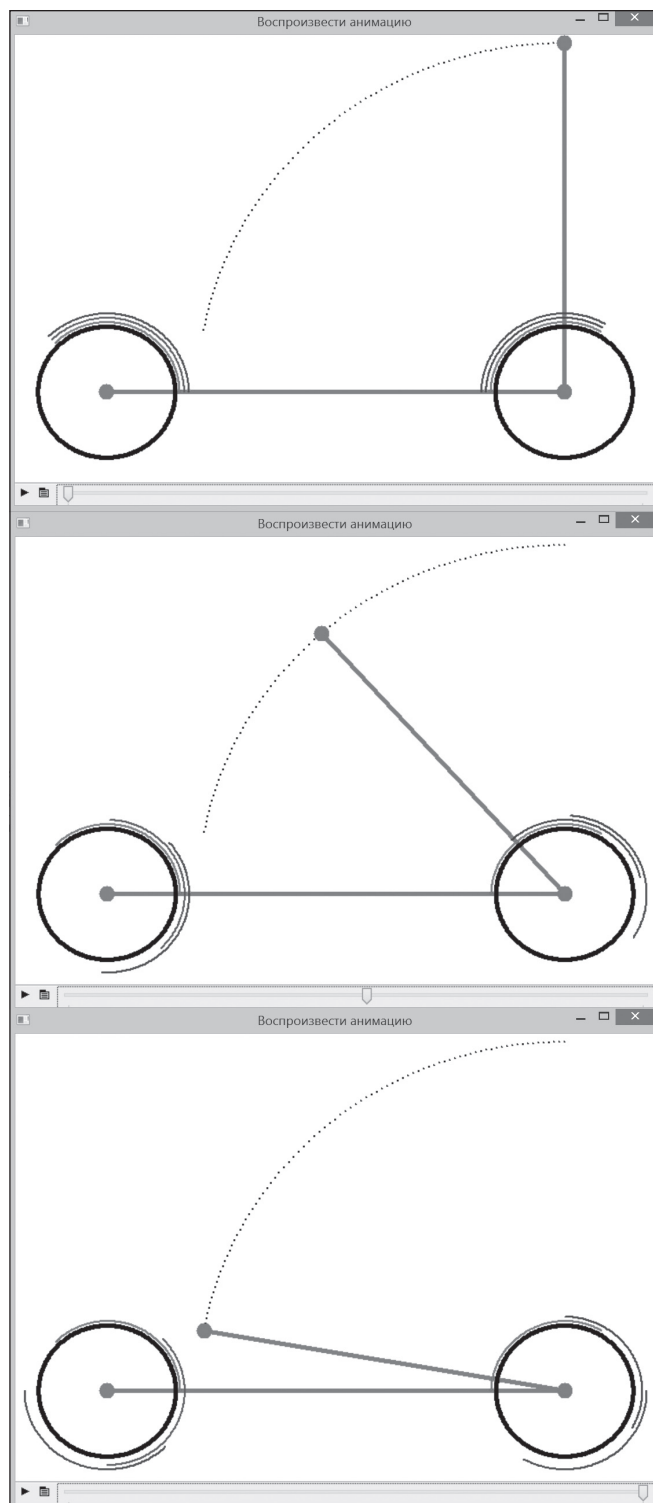


Рис. 9. Кадры анимации самоката с самозакрывающимися колесами

эту проблему можно решить так — создать в среде Mathcad Prime несколько кадров-рисунков и по ним затем создать анимацию инструментами, которые есть в Интернете. Так, например, была создана авторская анимация провисания цепи, состоящей из двух участков с разной удельной (линейной) массой и которую подтягивают за один конец: <https://www.ptcusercommunity.com/message/418803> Обсуждение этой технологии можно увидеть здесь: <https://www.ptcusercommunity.com/thread/128651>

Выводы.

Форум PTC Community — доступное и удобное средство для создания сайтов поддержки учебного процесса в школе, основанного на вычислительных возможностях пакета Mathcad.

Вокруг нас много различных механических устройств, анимацию движения которых можно создать в среде Mathcad. В группе по адресу: <https://www.ptcusercommunity.com/groups/kinematic-models-in-mathcad> собраны некоторые такие авторские модели. В движущихся объектах можно учитывать и силы, действующие на узлы и детали (<https://www.ptcusercommunity.com/groups/dynamic-models-in-mathcad>), — решать не только алгебраические, но и дифференциальные уравнения [6].

Литературные и интернет-источники

1. Андрафанова Н. В., Попова Г. И. Использование возможностей пакета Mathcad для генерации и проверки индивидуальных заданий // Информатика и образование. 2014. № 10.
2. Бгатов О. В. Применение Mathcad при обучении математике в колледже // Информатика и образование. 2007. № 11.
3. Очков В. Ф. Живые кинематические схемы в Mathcad // Открытое образование. 2013. № 3. <http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Mathcad-15/kinematic.html>
4. Очков В. Ф. Преподавание математики и математические пакеты // Открытое образование. 2013. № 2. <http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Mathcad-15/OchkovMath.pdf>
5. Очков В. Ф. Mathcad и криптография // Информатика в школе. 2013. № 10. <http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Mathcad-15/MATHCAD-CRYPTOGRAPHY.pdf>
6. Очков В. Ф., Богомолова Е. П. Это страшное слово «диффуры»... // Информатика в школе. 2015. № 1. <http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/ODE.pdf>
7. Очков В. Ф., Богомолова Е. П., Хейнлоо М. Решатели, или Великолепная семерка Mathcad // Открытое образование. 2015. № 3. <http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Solvers-OE.pdf>
8. Суханов М. Б. Применение пакета Mathcad в обучении программированию на языках высокого уровня // Информатика и образование. 2011. № 10.
9. Черняк А. А., Черняк Ж. А., Якимович А. А. Mathcad и Excel для школьников: решение уравнений и неравенств // Информатика и образование. 2009. № 3–7.
10. Шамсутдинова Т. М. Программируем в системе Mathcad // Информатика и образование. 2006. № 5.
11. Шушкевич С. В. Обучение построению графических объектов в Mathcad // Информатика и образование. 2009. № 5, 6.