



2. Режим доступу: <http://rptica.ru/Stati/Chto-takoe-STEAM-obrazovanie/> – Назва з екрана.
3. Режим доступу: <http://www.nitpa.org/rol-stem-obrazovaniya-v-novoj-ekonomike-ssha-3/> – Назва з екрана.
4. Режим доступу: <https://ru.linkedin.com/pulse/образование-нового-поколения-10-преимуществ-stem-rufat-azizov> – Назва з екрана.
5. Майбутнє української економіки напругу залежить від розвитку математичної та природничої освіти – Режим доступу: <http://mon.gov.ua/usi-novivni/novini/2016/07/07/liliya-grinevich-majbutne-ukrayinskoyi-ekonomiki-naprya/> – Назва з екрана.
6. Бондаренко В.І. Основні напрямки кадрового забезпечення вугільної промисловості / В.І. Бондаренко // Наук.–практ. конф. «Освіта і система праці». – Дніпропетровськ, 2002, 14 лютого 2002.
7. Півняк Г. Особливості Національної гірничої освіти / Г. Півняк // Вища школа. – 2010. – №9. – С. 5–14.
8. Горпинич О.В. Гірнична освіта в розвинутих країнах світу: вищі навчальні заклади та парадигма підготовки фахівців / О.В. Горпинич // 36. мат. міжнар. конф. «Форум гірників-2017», 4–7 жовтня 2017., м. Дніпро. – Д.: Національний гірничий університет, 2017. – С. 389–393.
9. Дребенштедт К. Специализация «Открытые горные работы» в старейшем горном вузе / К. Дребенштедт // Изв. ВУЗов. Горный журнал. – 2005. – №3. – С. 128–134.
10. Бондаренко В. Еволюція структури вищої гірничої освіти / В. Бондаренко, В. Бузило, В. Салов // Вища школа. – 2009. – №2. – С. 65-71.
11. International Engineering Alliance. URL – Режим доступу: <http://www.ieagreements.org> – Назва з екрана.
12. IEA Graduate Attributes and Professional Competences URL – Режим доступу: <http://www.ieagreements.org/GradProfiles.cfm> – Назва з екрана.

УДК 624.042

## О ПОЛИТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ УЧЕБНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ, ИССЛЕДУЮЩИХ ДИНАМИКУ КОНСТРУКЦИЙ, МАШИН, СООРУЖЕНИЙ И ДВИЖЕНИЕ ГРУНТОВЫХ МАССИВОВ

**В.В. Кулябко**

Доктор технических наук, профессор кафедры металлических, деревянных и пластмассовых конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», г. Днепр, Украина, e-mail: [vvkulyabko@gmail.com](mailto:vvkulyabko@gmail.com)

**Аннотация.** В работе рассматриваются направления обучающих подразделений, связанных с математическим и физическим моделированием конструкций, транспортных средств и сооружений, взаимодействующих между собой, с сыпучими средами, основаниями и т.п. В докладе приводятся примеры и рекомендации по созданию лабораторий динамики и по проектам стендов, нацеленных на изучение и применение в



учебных и инженерных курсах и задачах динамических (в том числе нелинейных) характеристик объектов при их проектировании, диагностике и стабилизации состояния.

*Ключевые слова: динамика конструкций, моделирование математическое, физические модели, гашение колебаний, динамические характеристики, испытания, поиск повреждений.*

## ABOUT POLITECHNICAL TASKS OF EDUCATIONAL SUBDIVISIONS, RESEARCHING DYNAMICS OF CONSTRUCTIONS, MACHINES, STRUCTURES AND MOVEMENT OF GROUND MASSIVES

Vladimir Kulyabko

Ph.D., Professor of Department of Metal, Wood and Plactical Constructions, State Higher Educational Institution "Prydneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", Dnepr, Ukraine, e-mail: [yvkulyabko@gmail.com](mailto:yvkulyabko@gmail.com)

**Abstract.** The work deals with the directions of training units related to mathematical and physical modeling of structures, vehicles and structures, that interacting with each other, with soil media, bases, etc. The report gives examples and recommendations for the creation of laboratories of dynamics and projects of stands, which will be aimed at studying and applying dynamic (including non-linear) characteristics of objects in courses of engineers and tasks for their design, diagnostics and stabilization.

*Keywords: dynamics of structures, mathematical modeling, physical models, vibration damping, dynamic characteristics, testing, search of damage.*

**Введение.** Одним из наиболее сложных вопросов механики, которые изучают студенты вузов и техникумов различных отраслей промышленности, а также учащиеся профессионально-технического образования в училищах и школах, является динамика конструкций каких-либо объектов. Например, зданий и сооружений (мостов, эстакад, башен, мачт, плотин и т.д.). Транспортной техники и автомобилей; железнодорожных локомотивов, вагонов, поездов и конструкции пути. Кранов, экскаваторов и иных строительно-дорожных машин и подъёмно-транспортного оборудования. А также – сложнейшая динамика кораблей, самолётов, ракет и многих других крупных и малых технических объектов промышленности.

Все эти объекты объединяют теория колебаний, а также такие разделы общей и строительной механики, как статика и динамика сложных систем, составленных из подсистем, выполненных из разнородных материалов и имеющих различные функции. Для того, чтобы проверять теоретические предпосылки, определять необходимые для расчетов упругие и диссипативные свойства материалов и конструктивных элементов, в инженерных дисциплинах развивается экспериментальная механика, натурные и лабораторные статические и динамические испытания.



**Цель работы.** В данной работе поставлена цель рассмотреть некоторые вопросы, связанные с необходимостью дальнейшего развития глубоких инженерных знаний. Причём, одновременно не только **теории** механических колебаний и строительной механики, но также и **практики** применения (и использования в образовательном учебном процессе) динамики разнообразных конструкций и процессов при создании, безопасной эксплуатации и эффективной диагностике объектов, встречающихся в строительстве, на транспорте, в горно-добывающих комплексах и т.п.

В работе делается попытка поднять престиж и продемонстрировать особую не только научную, но и образовательную полезность и важность лабораторных и натурных экспериментальных исследований конструктивных элементов и целиком моделей или макетов объектов. Описываются (и пропагандируются) новые возможности современных практических приёмов использования динамических характеристик и расчётов подсистем и объектов. Наконец, возможности учёта многих разнотипных нелинейных свойств и взаимодействий конструкций объектов с окружающей средой и различными потоками подвижных нагрузок (пешеходы, нелинейно подрессоренные транспортные средства, сыпучее, газы, жидкости и т.п.) существенно дополняют современные программные средства, чаще всего ограниченные линейными задачами динамики, линиями влияния и др.

**Какие исследователи решали подобные задачи?** После фундаментальных работ начала XX века по теории колебаний практических инженерных объектов великого украинского механика С.П.Тимошенко, работ А.Н.Крылова и других экспериментаторов в динамике, в Днепропетровских вузах и НИИ сформировалась на базе школ А.Н.Динника и А.М.Локшина мощная школа механики, моделирования и экспериментальной динамики академика В.А.Лазаряна. Наш город в 60-70-х годах учёные-транспортники Союза называли «Меккой динамики скоростного транспорта». Кстати, в 1968г. в ней, в ДО ИТМ НАНУ, начались исследования, до которых герой нашего времени Илон Маск (родившийся в 1971г.!) добрался только в последнее десятилетие. А у Лазаряна 50 лет назад уже были группы исследователей и изобретателей по трубопроводному транспорту, поездам на электро-динамических и магнитных подушках, линейным двигателям и др. Ясно, что и начавшаяся дружба великих академиков М.К.Янгеля и В.А.Лазаряна могла бы дать вскоре новые ракеты и летательные аппараты не хуже «Соколов» и «Драконов» Маска. Но ... система ... не потянула.

Работы последователей и учеников школы развивались, как и ранее, и в теории, и в опытной проверке результатов: в ИТМ НАНУ, ДИИТе, ДГУ, Дмети, ДИСИ, КБЮ и в других организациях.

Автор данной статьи также 10 лет (1969-1978) «варился» в школе Всеволода Арутюновича и учился динамике! Участвовал в создании (конструирование, расчеты, ходовые испытания) новых длиннобазных железнодорожных спецвагонов, «летал» на вагоне с реактивной тягой, построенном в Твери, с рекордными (для Союза в 1972-3гг. и для СНГ - до сих пор?) скоростями 250 км/ч по «советскому», мало надёжному, рельсовому пути между Новомосковском и Плотиной [1,2].

Находясь под влиянием этой школы, собственных увлечений инженерной динамикой и сделанных в разные годы серьёзных обобщений [3-12], автор в 1978г. создал в ПГАСА студенческий кружок «Резонанс» [13], нацеленный на изучение динамики уже строительных объектов: зданий и сооружений (опять-таки в теоретическом и экспериментальном плане!).

Работы [14-23] некоторых «ребят» студенческого межвузовского кружка того времени («выросших» за 40 лет уже до доцентов, профессоров и даже одного ректора!) послужили основой для наблюдений и выводов данной статьи и приводятся в докладе в качестве иллюстраций. Например, в работах И.И.Давыдова [6,16] исследовались нелинейные колебания сооружений и оснований во временной области при движении подвижных нагрузок. В работах В.П.Чабана [17] и А.В.Масловского [20,23] моделировались колебания гибких нитей, учитывалось сухое трение в системах, давались конструктивные предложения по гашению колебаний. В.П.Редченко выпустил монографию (и докторскую диссертацию!) по динамическим испытаниям мостов [14], а В.А.Банах – разобрал (до той же степени!) динамику оснований городской среды и зданий в такой среде [15].

Весьма детально рассмотрел работу и моделирование нелинейных демпфирующих устройств на сооружениях рамного типа Д.С.Ярошенко [18,22,23]. А А.В.Макаров всё внимание своих исследований сосредоточил на «королях» горно-промышленной техники – на большепролётных кранах-перегрузателях длиной до 150м, на их натуральных вибродинамических обследованиях, моделировании, стабилизации и усилении [19,21,23].

**Какие новые результаты и направления исследований получены и что рекомендуется?** Например, при проектировании новых сооружений и машин (далее - объекты) неизбежно проводятся стадии предпроектной проработки и пробного конструирования новой техники. Здесь, для этой стадии, нами был предложен **метод динамического формообразования (МДФ)**, см. [11]. Он заключается в том, что по предварительным эскизам объекта с назначением новых размеров и приближенных инерционно-жесткостных параметров не проводятся сложные статико-динамические расчеты на все нормативные нагрузки и их сочетания с оценкой полных напряжений, с выполнением требований по расчетам на выносливость и



т.п. На этой стадии лишь исследуется как бы гармоничность и цельность нового объекта с позиции его функциональных качественных возможностей и нескольких основных частот и форм собственных колебаний объекта (эта количественная оценка сопоставляется с характеристиками некоторых наиболее близких аналогов объекта в частотных зонах низших форм и в предполагаемых рабочих зонах силового оборудования).

На следующем этапе уже выполняется полный (и весьма громоздкий по сравнению с предварительно проведенной оценкой собственных частот) расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) объекта на все возможные сочетания нагрузок и воздействий. Тут работают методы расчетов, применяемые для конкретного вида объектов: или по допускаемым напряжениям, или по предельным состояниям, или по надёжности.

Из психологии и педагогики известно, что наилучшее восприятие нового сложного явления или величины дают разные способы получения этой величины. И особенно удачно помогает восприятию опыт, наглядный эксперимент по определению той же величины, когда её «можно пощупать руками». Например, при определении в лабораторных работах частоты собственных колебаний системы, близкой по типу к осциллятору, мы рекомендуем студентам найти её оценки пятью возможными способами.

Поэтому, параллельно с теоретическими работами по описанной выше методике МДФ, весьма целесообразно и проведение как бы **МДФ на физическом макете** (а ещё лучше – на масштабной модели) объекта в лабораторных условиях.

Например, применяя таким образом методику МДФ, нам удалось в чрезвычайно короткие сроки (менее месяца) подготовить, запроектировать и создать Памятный Знак Космонавтике в Днепре на пересечении проспекта Гагарина и Запорожского шоссе. На объекте, работающем в условиях сложных ветровых потоков и транспортной сейсмике, были установлены запатентованные специально изготовленные **демпфирующие устройства** трёх типов.

Если же выясняется, что определяющей нагрузкой для конструкций какого-то объекта является одна из динамических, то необходимо рассмотреть **методом динамического конструирования (МДК)** возможность **снижения вибрации** одним из известных способов [11,18,22]. В этих расчетах часто целесообразно применять конструкции гасителей колебаний с характеристиками, имеющими из четырёх известных групп нелинейностей механических систем (геометрические, физические, конструкционные и генетические), так называемые **сильные нелинейности** в описании **упругих** и/или **диссипативных** свойств объекта, его материала, узла или элемента. Заметим, что из-за этого **МДК** не всегда может использовать широко известные

отечественные вычислительные программные комплексы (ПК), основанные на линиях влияния, на сугубо **линейной динамике** метода конечных элементов (МКЭ): ЛИРА, SCAD и др.

Задача о взаимодействии, например, эстакады с подвижными транспортными средствами может иметь массу разных нелинейностей: в основании под фундаментами колонн, в изношенных ригелях, в подрессоривании транспортных средств и т.д., см. [24]. Конечно, надо срочно создавать соответствующие инженерные пособия по выбору и обоснованию как уточнённых (например, в смысле учета нелинейностей), так и упрощённых (при контроле важной формы колебаний пространственной системы и её демпфирования) статико-динамических моделей объекта. Отдельные расчеты на статику и динамику с последующим сложением результатов - в нелинейных системах недопустимы (принцип суперпозиции не работает).

Для решения задач обучения инженерно-технических работников проектированию, обслуживанию и модернизации машин, а также для развития технологий, связанных с крупными массивами породы и их взаимодействию со сложными комплексами, нами были созданы ещё в «прошлом веке» **модели нелинейно-упругого и нелинейно-диссипативного грунтового основания и сыпучего**. С возможностями учёта любых неоднородных слоёв, включений и пустот, свай, плит и т.п. С получением решений типа аварийных оползней течения и провалов, характерных для техногенных ситуаций нашей области. Очевидно, что разработку способов снижения вибрации машины, сооружения или их элементов целесообразно проводить на базе комплекса исследований задачи о динамике твёрдых и виброразжиженных (по теории вибрационного сглаживания нелинейных характеристик фрикционных связей) сыпучих тел.

Изучение особенностей динамических характеристик и свойств различных транспортных средств и технологий позволит использовать эти характеристики в соответствии с методом динамической **диагностики (МДД)** [11,19,21,23] для оценки технического состояния конструкций и машин, мониторинга их поведения, паспортизации и оценки работоспособности, срока службы. Наконец, использование динамических характеристик может явиться количественным показателем состояния и средством сравнения на этапах срока службы, поможет выявлять и искать места повреждённости отдельных элементов конструкций и массивов. Расчетно-компьютерно-экспериментальные тренажеры можно создать для технологов, служб аварий, чрезвычайных ситуаций, обеспечения эвакуации и т.п.

**Выводы.**



1) Необходимо **всячески развивать параллельно и лабораторную, и компьютерно-расчётную базы**. На первых этапах возможно создание совместных отраслевых и образовательных, региональных, частных и общегосударственных лабораторий (в т.ч. и виртуальных!), технопарков с аэродинамическими трубами, мощными вибродинамическими стендами и другой современной силовой и измерительной техникой.

2) Разработаны направления совершенствования расчётов, конструирования, создания, эксплуатации и диагностики конструкций динамических машин, сооружений и технологий: **МДФ, МДК и МДД**. Они позволяют повысить качество инженерного образования, перейти к современным **документам BIM-технологий** строительной и машиностроительной отраслей, сосредоточив силы и технику на безаварийной безопасной эксплуатации и диагностике текущего состояния конструкций.

3) Целесообразна (или даже необходима) разработка форм документов нового типа – **динамических паспортов**, по аналогии с применяемыми уже для некоторых зданий и сооружений. Например, для периодической диагностики отдельных мощных виброактивных машин, центрифуг, грохотов, смесителей, а также элементов сооружений, на которых это оборудование установлено, полезная теоретическая и экспериментальная информация может содержаться в паспортах **виброэкологических** (по комфорту персонала, снижению производительности его труда, болевым ощущениям – см. санитарные нормы) и **вибротехнологических** (прочность, жесткость, превышение допустимых нормативных амплитуд, указания по рациональным режимам работы, учёт и причины частых поломок).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лазарян В.А., Ушкалов В.Ф., Кулябко В.В., Шерстюк А.К. Теоретическое прогнозирование напряжений в конструкциях проектируемых экипажей // В кн.: Некоторые задачи механики скоростного наземного транспорта. – К.: Наук. думка, 1974, с.101-110.
2. Кулябко В.В. Моделирование колебаний длиннобазной платформы при детерминированных и случайных возмущениях // В кн.: Нагруженность, колебания и прочность сложных механических систем. К.: Наук. думка, 1977. – с. 120-127.
3. Кулябко В.В. Динамика конструкций, зданий и сооружений. Часть 1. Статико-динамические модели для анализа свободных колебаний и взаимодействия сооружений с основаниями и подвижными нагрузками. – Запорожье, ЗГИА, 2005. – 232 с.
4. Кулябко В.В. Динамика сооружений – прошлое, настоящее и будущее (часть 1): Моногр. Изд-во «LAP: LAMBERT Academic Publishing», Германия. – 2014. –172с.
5. Казакевич М.И., Кулябко В. В. Введение в виброэкологию зданий и сооружений. – ПГАСА, Днепрпетровск. – 1996. – 200 с.
6. Kulyabko V., Davydov I. Laboratory of Dynamics and Diagnostics of Constructions / "Archive of Civil Engineering" - Polish Academy of Sciences, Institute of Fundamental Technological Research. Vol.49, №3/2003, Warsaw, - p. 245-320.



7. Vladimir Kulyabko, Andrey Macarow, Oleksandr Nechitailo, Denis Yaroshenko. Structure dynamics: calculations, designing, diagnostic tests and nonlinear damping // Harvard Journal of Fundamental and Applied Studies. – Harvard University Press, 2015. - №1(7). – P. 520-530.
8. K.Eremin, V.Raizer, V.Telichenko, V.Kulyabko and other. Safety assessment of existing buildings and structures. Monogr.: Stockholm, Sweden: FSV Construction, 2016. – 268 p.
9. Казакевич М.И. Ветровая безопасность конструкций. Теория и практика: Моногр. – М.: типография «Август Борг», 2016. – 288 с.
10. Кулябко В.В. Трактат о развитии научно-лабораторной базы и разработке спецкурсов по динамике конструкций и сооружений / В.В.Кулябко // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика: Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 3. - Д.: Вид-во ФОРУМ Удовиченко О.М., 2012. – С. 80-88.
11. Кулябко В.В. Методы динамического формообразования (МДФ) мостов, конструирования (МДК) их нелинейных демпфирующих элементов и диагностики (МДД) технического состояния // В кн.: “Автомобільні дороги і дорожнє будівництво”, 2006, вип. 73 – “Сучасні проблеми проектування будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення”. Київ: НТУ. – С. 195-199.
12. Кулябко В.В. О циклах алгоритмов разработки сейсмозащиты сооружений: нелинейные расчеты, конструирование, лабораторные и натурные испытания, паспортизация // Міжвідомчий зб. Будів. конструкції / Будівництво в сейсмічних районах України. – 2010. – вип.. 73. Київ, НДІБК, 2010. – с.783-790.
13. Кулябко В.В. О спецкурсах по динамике сооружений и явления «Резонанс» / В.В.Кулябко // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д.: ПДАБА, 1997. – с. 17-23.
14. Редченко В.П. Динамічні випробування мостів, ч.1: загальні положення, спектральний аналіз, динамічні характеристики, 2016. – 216 с.; ч.2: вільні коливання, модальний контроль : моногр. – Дніпро, «Пороги», 2017. – 216 с.
15. Банах В.А. Статико-динамические расчётные модели зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях: моногр. – Запорожье, ЗГИА. – 2012–322 с.
16. Давыдов И.И. Моделирование нелинейных колебаний составных сооружений каркасного типа: автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» – Днепро-вск, 2000. – 21 с.
17. Чабан В. П. Нелинейные колебания и стабилизация сооружений с металлическими гибкими нитями: автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.23.01 «Строит-е конструкции, здания и сооружения» – Днепро-вск, 2004. – 21 с.
18. Ярошенко Д.С. Розробка схем та способів розрахунку нелінійної динамічної взаємодії споруд рамного типу з демпфіруючими пристроями: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец.05.23.01 «Будів. конструкції, будівлі та споруди» – Дніпро-ськ, 2014. – 22 с.
19. Макаров А.В. Динамічні розрахунки, випробування та діагностика сталевих конструкцій великопрогонових мостових перевантажувачів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» – Дніпро-ськ, 2015. – 23 с.
20. Масловский А.В. Варианты решения систем нелинейных уравнений при исследовании колебаний динамических моделей сооружений / А. В. Масловский // Вісник





Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ : ПДАБА, 2008.– №10. – С. 48-52.

21. Кулябко В.В., Макаров А.В. О расчете мостов и дорог на любые подвижные нагрузки с учетом инерционности, подрессоривания, торможения, разрыва связей, переменных скоростей и интервалов движения // Зб. «Дороги і мости», вип. 9. – К.: ДерждорНДі, 2008, С. 129-140.

22. V.V.Kulyabko, D.S. Yaroshenko. Interaction of frame type constructions with Tuned Mass Dampers and the damping devices having nonlinear elastic and dissipative characteristics // Proceedings of the 4th International Conference «Nonlinear Dynamics – 2013», June 19-22, 2013, Sevastopol. ХПИ, ИМ НАНУ (Ukraine), McGill University (Montreal, Canada): Вид-во «Точка», 2013. – pp. 99 - 104.

23. В.В.Кулябко, А.В. Макаров, А.В. Масловский, Д.С. Ярошенко. Использование информационных технологий при решении проблем динамики конструкций и сооружений //«Проблемы использования информац-х технолоий в сфере образования, науки и промыш-ти». Сб. науч. Тр. Нац. Горн. Ун-та /ред. кол.: Г.Г.Пивняк и др. – Д.: НГУ, 2013. - №1. – С. 10-19.

24. Кулябко В.В. Нелинейное взаимодействие конструкций мостов, пути, инфраструктуры – с основанием и инерционной дискретной подвижной нагрузкой общего вида: расчеты, испытания, гашение колебаний / Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна. – Вип. 33. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В.Лазаряна, 2010. – С.146-149.

УДК 372.851

## ТВОРЧЕСКИЙ ПОДХОД В ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ

О.В. Назарова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>студент, группа М-41, Стерлитамакский филиал Башкирского Государственного университета, г. Стерлитамак, Россия, e-mail: [almira.nazarova.62@mail.ru](mailto:almira.nazarova.62@mail.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена педагогической проблеме творческого подхода в обучении. В ней рассмотрены различные методы, благодаря которым, такой сложный предмет, как математика может стать намного интереснее, а его восприятие проще.

*Ключевые слова:* образование, воспитание, математика, методика обучения, творчество в обучении.

## CREATIVE APPROACH IN TEACHING OF MATHEMATICS

Oksana Nazarova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>student, Sterlitamak branch of Bashkir State University, Sterlitamak, Russia, e-mail: [almira.nazarova.62@mail.ru](mailto:almira.nazarova.62@mail.ru)

**Abstract.** The article is devoted to the problem of the creative pedagogical approach to teaching. The article discusses various methods by which such a complex subject like mathematics can become more interesting and its perception easier.

