

Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spb.ru



Макаронный строитель: инновации в инженерно-техническом образовании

А.А. Азнабаев¹, С.М. Бондаренко², К.Н. Гуреев³, Д.А. Лихая⁴,
И.И. Логинова⁵, Н.А. Лопатин⁶, Н.А. Чернуха⁷

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет», 195251, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, 29.

Информация о статье	История	Ключевые слова
УДК 69.001.5 Методическая статья	Подана в редакцию 13 июня 2014 Принята 23 июня 2014	макаронный строитель, SCAD; инженерно-строительный конкурс; конечно-элементный анализ; эффективная схема конструкции; международные отношения; современное инженерно- строительное образование; CDIO-подход

АННОТАЦИЯ

С 29 по 30 мая 2014 года в столице Венгрии г. Будапешт проводился 4-ый Чемпионат Мира по Строительству Мостов из Макарон RECCS 2014. Целью чемпионата является применение на практике профессиональных навыков будущих инженеров, обмен опытом, идеями и знаниями в области строительства и архитектуры, сотрудничество и дружба студентов со всего мира. 26 команд из 8 стран мира отстаивали свое право стать лучшими в двух номинациях: Мост и Опора. На конкурс приехали представители лучших технических университетов России (Санкт-Петербургский государственный политехнический университет), Бразилии (Universidade Federal de Minas Gerais), Венгрии (Óbuda University, University of Debrecen, College of Dunaújváros), Германии (Hochschule Ruhr West, Cologne University of Applied Sciences), Латвии (Riga Technical University), Португалии (University of Beira Interior), Румынии (Technical University of Cluj-Napoca, Sapientia Hungarian University of Transylvania) и Сербии (Politechnical Engineering College Subotica). Команда Инженерно-строительного института, представляющая Россию, с достоинством выступила на чемпионате. Наши студенты признались, что соревнования не только позволили развить инженерные навыки, но и вдохновили ребят на организацию международного технического конкурса и международного научно-образовательного центра на базе Политехнического университета.

Содержание

1.	Введение	8
2.	Инженерный конкурс «Макаронный строитель в СПбГАСУ»	8
3.	Участие в выставке «ИнтерСтройЭкспо» и в Чемпионате мира RECCS-2014, the 4 th World Championship in Spaghetti Bridge Building	10
4.	Заключение	13

1

Контактный автор:

- 2 + 7 (911) 284 0752, askar.aznabaev@yandex.ru (Азнабаев Аскар Азаматович, студент)
- 3 + 7 (931) 293 3008, bondarenkosemen77@gmail.com (Бондаренко Семен Максимович, студент)
- 4 + 7 (921) 350 2177, kupujji.94@mail.ru (Гуреев Кирилл Николаевич, студент)
- 5 + 7 (931) 338 1081, lihaya.darya@yandex.ru (Лихая Дарья Андреевна, студент)
- 6 + 7 (911) 834 4136, iraloginova8@gmail.com (Логинова Ирина Игоревна, студент)
- 7 + 7 (931) 336 1183, nikitarolex@rambler.ru (Лопатин Никита Алексеевич, студент)
- + 7 (906) 225 2579, chernukha.n@mail.ru (Чернуха Никита Антонович, аспирант, ассистент)

1. Введение

Макаронны - это изделия, сделанные из засушенного пшеничного теста, замешанного на воде. У большинства людей они ассоциируются только как продукт потребления в пищу, однако на протяжении многих лет по всему миру проводятся разнообразные конкурсы и соревнования с использованием макаронных изделий [10, 24]. Мосты, выдерживающие сотни килограмм, башни, стремящиеся вверх - всё это не вымысел, а реальность [14]. И наша команда Инженерно-строительного института Санкт-Петербургского государственного политехнического университета приняла участие в таких соревнованиях. Изготовление конструкций и их испытание было первоочередной задачей, как и налаживание международных связей и партнерских отношений с ведущими ВУЗами за рубежом [2, 3].

2. Инженерный конкурс «Макаронный строитель в СПбГАСУ»

В Санкт-Петербурге ежегодно проходит Всероссийский конкурс "Макаронный строитель" [5], который проводит ФГБОУ ВПО "СПбГАСУ". Конкурс подразделяется на две номинации:

- Самое высокое сооружение
- Сооружение с наибольшим пролётом

Он состоит в том, чтобы за четыре часа построить конструкцию из макарон, скреплённых пластилином, которая простоит до десяти утра следующего дня. В прошлом году команда Инженерно-строительного института принимала участие и заняла первое место, построив арочный мост с наибольшим пролётом 2,6 м.

В этом году с 2 по 4 апреля наша команда построила самую высокую башню высотой 4,5 м и заняла первое место.

В рамках этого всероссийского конкурса принимали участие не только студенты Российских ВУЗов, но и зарубежные гости, заинтересованные концепцией соревнований. Большую огласку дала пресса, освещающая это событие [5].



Рисунки 1, 2. Команда ИСИ СПбГПУ с башней высотой 4,5 м на конкурсе "Макаронный строитель-2014"

Для того, чтобы определить наиболее эффективный тип конструкции, нами были проведены многократные эксперименты в лаборатории кафедры «Сопротивление материалов». Для этого были испытаны макароны на растяжение, сжатие и изгиб на установке INSTRON [12, 22, 38, 43].

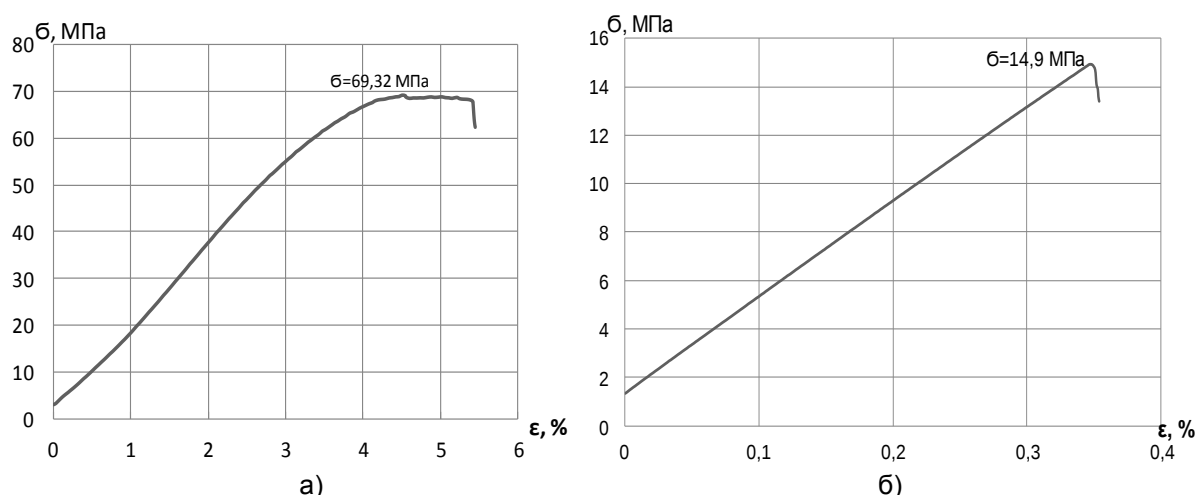


Рисунок 3. Диаграммы напряжений, возникающих при испытании макарон на: а) сжатие; б) растяжение и изгиб на установке INSTRON

Полученные в результате испытаний макарон характеристики приводятся в табл.1.

Таблица 1. Основные механические характеристики макарон

№	Характеристика	Обозначение	Единицы измерения	Величина
1	Предел прочности на растяжение	$R_{пр}$	МПа	14,90
2	Предел прочности на сжатие	$R_{пр}$	МПа	69,32
3	Предел прочности на изгиб	$R_{пр}$	МПа	14,90
4	Модуль нормальной упругости Юнга	E	МПа	$4,3 \times 10^3$
5	Коэффициент Пуассона	μ	—	0,2-0,3

Получив необходимые характеристики материала, мы создали расчетные модели сооружений и выполнили конечно-элементный анализ [6] в программном комплексе SCAD [13, 44]. Это позволило нам увидеть, в каких элементах возникают наибольшие усилия и напряжения, и принять меры для увеличения их несущей способности [16, 27, 29]. Стоит заметить, что реальная конструкция отличается от виртуальной модели. По сути, полнота и точность расчетной схемы устанавливаются инженером-расчетчиком на этапе моделирования и определяется располагаемыми вычислительными возможностями [6, 17, 28, 37].

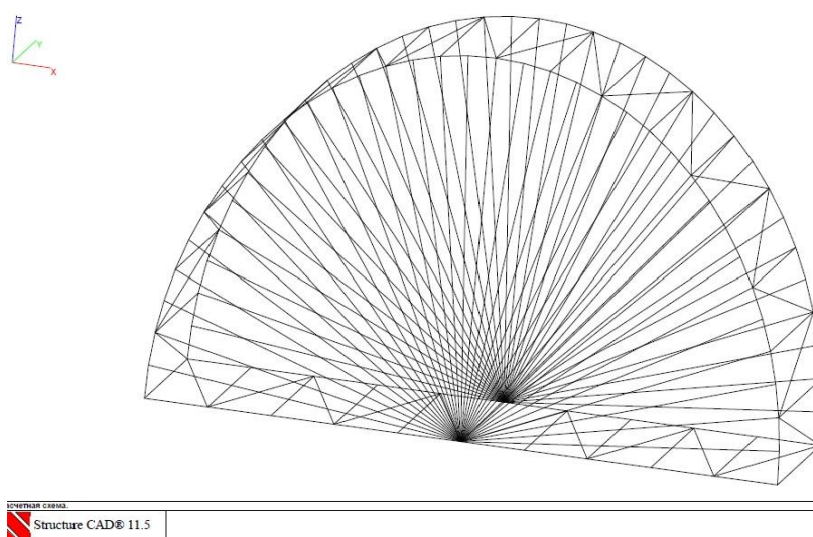


Рисунок 4. 3D модель сооружения в расчётном комплексе SCAD

Все эти подготовительные мероприятия позволили с уверенностью одержать победу в этом конкурсе и отстоять честь и достоинство нашего университета.

3. Участие в выставке «ИнтерСтройЭкспо» и в Чемпионате мира RECCS-2014, the 4th World Championship in Spaghetti Bridge Building

Вслед за этим конкурсом, команде инженерно-строительного института выпала честь снова продемонстрировать своё мастерство. С 9 по 12 апреля 2014 года в Санкт-Петербурге в выставочном комплексе «Ленэкспо» состоялась юбилейная XX Международная строительная выставка «ИнтерСтройЭкспо» [8]. «ИнтерСтройЭкспо» включена в Перечень приоритетных выставок, поддерживаемых Правительством Санкт-Петербурга и проходит в соответствии с Постановлением Правительства Санкт-Петербурга №84 от 02.02.2009, при поддержке Российского союза строителей, Национального объединения строителей и Национального объединения проектировщиков.

В павильоне СПбГПУ была построена башня высотой 5,5 метров, на шпилье которой был размещён флаг Санкт-Петербургского Государственного Политехнического Университета.

После уверенной победы на ежегодном всероссийском конкурсе «Макаронный строитель» и демонстрации мастерства на XX Международной строительной выставке «ИнтерСтройЭкспо» команда Инженерно-строительного института Санкт-Петербургского государственного политехнического университета получила письмо из Университета Обуда (Obuda University) с приглашением принять участие в мероприятии RECCS 2014, the 4th World Championship in Spaghetti Bridge Building [10, 24].



Рисунок 5. Логотип RECCS 2014, the 4th World Championship in Spaghetti Bridge Building и Obuda University

Цель чемпионата заключается не только в противостоянии команд за звание лучшей в строительстве мостов из макарон, но и в попытке стать площадкой для установления международной дружбы и сотрудничества среди студентов и сотрудников университетов всего мира.

Заинтересованность спонсоров и крупных инвесторов в этом конкурсе, не могла не удивить. Мировые лидеры производства как «Barilla», «Loctite», «Dremel» и многие другие именитые производители спонсируют команды участников. В процессе проведения конкурса были налажены контакты и связи с Венгерскими и другими восточно-европейскими университетами. Было выдвинуто предложение о проведении подобных соревнований в России, а именно Чемпионата России в Политехническом университете.

RECCS был впервые проведен в 2005 году как региональное соревнование участников из трех стран. Увеличение с каждым годом количества участвующих команд и стран и высокие результаты приглашающей стороны подтолкнули Университет Обуда организовать в 2011 первый чемпионат мира по строительству мостов из макарон. Количество участвующих университетов поражает: Южная Америка, Африка, Азия, со всего мира съехались команды, чтобы побороться за первенство в этом престижном конкурсе.

Регламент RECCS таков. Представляющие свой университет команды могут участвовать в соревновании в двух номинациях: «Мост» (Bridge) и «Опора» (Support). Каждая команда может представить к участию не более трех конструкций в каждой номинации. Габаритные размеры, материал и вес конструкций строго определены. Так длина конструкции должна позволять перекрыть пролет величиной 1м, высота и ширина не должны превышать 600мм и 130мм соответственно. Вес конструкции ограничивается 1кг. В качестве строительных материалов допускается использовать только макароны и клей любого состава. Количество команд от одного университета и количество участников в каждой команде не ограничивается. Победа в конкурсе присуждается той команде, конструкция которой выдержит наибольшую нагрузку в виде сосредоточенной силы в середине пролета. По результатам трех прошедших чемпионатов мира установлены следующие мировые рекорды:

- в номинации «Мост» – 576кг;
- в номинации «Опора» – 611кг.



Рисунок 6. Победители RECCS 2013, the 3th World Championship in Spaghetti Bridge Building

Столь ошеломительные на первый взгляд результаты команд-соперников подтолкнули нашу команду к серьезным подготовительным и организационным работам. Перед командой стояли следующие проблемы, которые необходимо было быстро решить:

- выбор макарон, обладающих наилучшими механическими свойствами;
- выбор клея, обладающего достаточной прочностью и временем схватывания;
- выбор наиболее эффективной конструкции с точки зрения усилий и напряжений в элементах [1, 17];

сборка тестовых моделей и их испытания с целью определения максимальной (разрушающей) нагрузки.

Подбор основного строительного материала – макарон – представлялся весьма трудоемкой задачей ввиду большого ассортимента на рынке России. На этапе визуального исследования рынка макаронных изделий были выбраны наиболее прочные типовые образцы, имеющие геометрию, отвечающую поставленной задаче [22]. На этапе инструментального исследования образцов были проведены измерения геометрических параметров при помощи электронного микроскопа, а также определены прочностные и деформативные характеристики образцов посредством разрушающих испытаний [5].



Рисунки 7, 8. Макароны под микроскопом

В подборе связующего вещества – клея – для организации прочных и надежных узлов конструкции команда остановилась на применении эпоксидной композиции ХТ-118 А с динамической вязкостью 0,7-2,5 Па*с при 25 С°и отвердителя для эпоксидных смол ХТ-489 с динамической вязкостью 0,25 Па*с при 25 С°. Предел прочности двухкомпонентной смолы через 4 часа составляет 200 МПа [27, 31, 33].

На этапе выбора эффективной схемы конструкции [21] проводилось широкомасштабное конечно-элементное моделирование процесса в программных комплексах SCAD и ANSYS [8, 13]. Вычислительный эксперимент позволил адекватно оценить возможности предполагаемой конструкции моста с учетом применяемых материалов [3], а также скорректировать геометрию решетки конструкции [17].

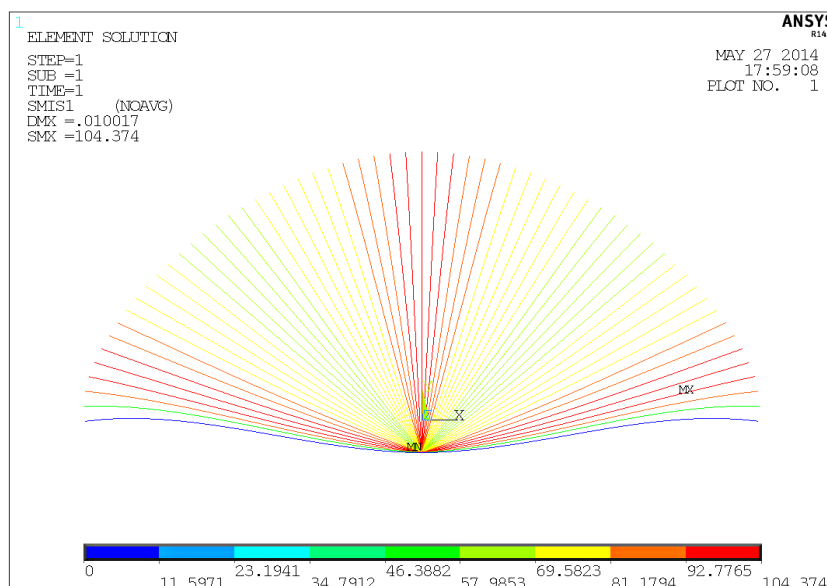


Рисунок 9. Конечно-элементная модель решетки моста в ANSYS. Индикация продольных усилий(Н) в стержнях при моделировании нагружения 300 кг.

Сборка тестовых конструкций производилась в лаборатории кафедры «Сопротивление материалов» Инженерно-строительного института, что позволило критически оценить все ее этапы до окончательной сборки на RECCS 2014. Испытание тестовых конструкций выполнялись на установке INSTRON лаборатории в присутствии ученых и опытных специалистов кафедр «Сопротивление материалов» и «Строительная механика и строительные конструкции» [9, 16, 19]. Результаты испытаний дали возможность оценить перспективы участия в RECCS 2014, а также сделать выводы об окончательной геометрии конструкций [39, 46, 47].

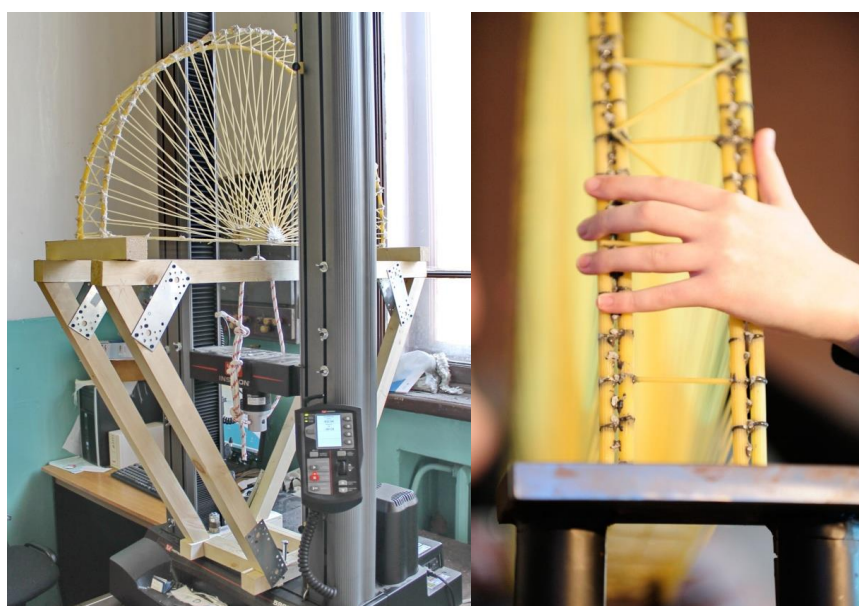


Рисунок 10. Испытание тестовых конструкций на установке INSTRON

RECCS 2014 проводился 30 мая 2014 на базе Университета Обуда в г. Будапешт, Венгрия. В этом году в нем участвовало 26 команд из 8 стран. На первом этапе организаторами производилась критическая оценка конструкций в части их соответствия конкурсным требованиям [32]. Обе наши команды успешно прошли эту проверку и были допущены к участию в конкурсе. После приветственной речи директора Университета Sándor Hórvath начались конкурсные испытания конструкций в номинации Мост, а затем в номинации Опора.



Рисунок 11. Приветственное слово директора Университета Обуда Sándor Hórvath.

4. Заключение

По результатам конкурсных испытаний команда ИСИ в лице студентов Азнабаева Аскара, Бондаренко Семена, Лопатина Никиты, Лихой Дарьи и Логиновой Ирины под руководством ассистента Чернухи Никиты Антоновича достойно представили Санкт-Петербургский государственный политехнический университет на международном конкурсе столь высокого уровня и планирует вернуться за призовыми местами в следующем году. Проведенная работа, испытания и конкурс, вызвали неподдельный интерес у студентов и преподавателей. В ближайшем будущем планируется создание специального курса с использованием интерактивной среды MOODLE [9]. Кроме того, работа студентов в таком ключе, где тесно сплетаются теоретические и практические навыки, соответствует общемировому тренду CDIO-подхода («Задумай – Спроектируй – Реализуй – Управляй»). Более 25 лучших университетов мира активно внедряют CDIO-подход для наиболее эффективной подготовки будущих специалистов. Сочетание фундаментального Политехнического образования [7] и нового практико-теоретического подхода позволят Политехническому выпускать инженерные кадры мирового уровня [10, 11]. Также рассматривается идея о включении макаронного строительства в рамки международной летней политехнической школы “Civil engineering and design” [1]. Данное событие дало толчок к налаживанию контактов за рубежом с университетами-партнерами и другими. Прделанная работа показала, что студенты нашего университета могут достойно представлять Россию, Санкт-Петербург и СПбГПУ на международной арене и в дальнейшем развивать сотрудничество с ведущими мировыми университетами в рамках совместных программ [2, 3].

Команда ИСИ выражает глубокую благодарность директору ИСИ, д.т.н., проф. Ватину Н.И. за полезные наставления и поддержку, заведующему кафедрой «Сопротивление материалов», д.т.н, проф. Мельникову Б.Е., за предоставление пространства лаборатории и оборудования для работы, а также коллективам кафедр «Строительная механика и строительные конструкции» и «Сопротивление материалов»: Чернухе Н.А., Столярову О.Н., Яковлевой Е.Л. и Семенову С.Г. за ценные советы и постоянное внимание к работе.

Литература

1. Арсеньев Д.Г., Ватин Н.И., Высоцкий А.Е. Международная политехническая летняя школа // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2012. - 5, С. 1-5.
2. Арсеньев Д.Г., Ватин Н.И. Международное сотрудничество в строительном образовании и науке [Article] // интернет-журнал "Строительство уникальных зданий и сооружений". Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2012. С. 1-5.
3. Критерии QS как база для оценки работы Инженерно-строительного института СПбГПУ / Арсеньев Д.Г., Речинский А.В., Ватин Н.И., Гамаюнова О.С. // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. №2(17). С. 6-24.
4. Ватин Н.И., Гордеева А.О. Расчетная конечно-элементная модель холодногнутого перфорированного тонкостенного стержня в программно-вычислительном комплексе SCAD OFFICE // Инженерно-строительный журнал. 2011. №3. С. 36-46.
5. Лапина И.Ю. VIII ежегодный конкурс "Макаронный строитель" в СПбГАСУ. Официальный сайт Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. - WebTRIX, Апрель 2, 2014. - Май 24, 2014. URL: <http://www.spbgasu.ru/Novosti/763/> (дата обращения: 06.05.2014)
6. Мельников Б.Е., Семёнов А.С., Семенов С.Г. Многомодельный анализ упругопластического деформирования материалов и конструкций. Современное состояние // Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. - Санкт-Петербург : Крыловский государственный научный центр, 2010. №53. С. 47-52.
7. Никифоров В.И., Речинский А.В. Политехническое образование в содержании подготовки студентов технических ВУЗов // Alma Mater. Москва: Вестник Высшей Школы, 2011. №8. С. 41-45.
8. Пресс-центр "ИнтерСтройЭкспо". XX международная строительная выставка "ИнтерСтройЭкспо" PrimEXPO. - Компания PrimEXPO, Апрель 12, 2014. - Май 23, 2014. - URL: <http://interstroyexpo.primexpo.ru/ru/archive/2014/press>. (дата обращения: 06.05.2014)
9. Фундаментальность и политехничность строительного образования при использовании MOODLE / Речинский А.В., Ватин Н.И., Гамаюнова О.С., Усанова К.Ю. // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. №2. С. 6-17.
10. Речинский А.В., Стрелец К.И. Повышение квалификации по проектированию и строительству особо опасных, технически сложных и уникальных объектов // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. №1. С. 74-76.
11. Речинский А.В., Стрелец К.И. Профессиональная переподготовка специалистов в строительстве в свете концепции "Образование через всю жизнь" // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. №1. С. 70-73.
12. Столяров О.Н. Разработка технологии изготовления и исследование свойств термопластичных композиционных материалов на основе гибридных стеклопропиленовых нитей // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2010. №1. Т. 7., С.53-55.
13. Чернуха Н.А. Особенности расчета сооружений на взрывные воздействия в среде SCAD // Инженерно-строительный журнал. 2014. №1. №45. С. 12-22.
14. Nazmy A.S. (1997) Stability and load-carrying capacity of three-dimensional long-span steel arch bridges. Computers & Structures. - Massachusetts, USA : Elsevier, 1997. Issue 6. Pp. 857-868.
15. Ashwell D.J., Sabir A.B., Roberts T.M. (1971) Further studies in the application of curved finite elements to circular arches. International Journal of Mechanical Science. USA : Elsevier, 1971. Issue 6. Vol. 13. Pp. 507-517.
16. Attila S., Adam B., Robert K. (2013) Surface models view designs with 3DS MAX software. Surface models view designs with 3DS MAX software. - Tihany : IEEE, 2013. Pp. 41-44.
17. Audenaert A., Peremans H., Reniers G. (2007) An analitical model to determine the ultimate load on masonry arch bridges. Germany : Springer Science+ Business Media B.V., 2007. Issue 12. Pp. 323-336.
18. Bauerle A., Gallagher M. (2003) Toying With Technology: Bridging the Gap Between Education and Engineering Society for Information Technology & Teacher Education International Conference. - Albuquerque, New Mexico : Iowa State Univ., USA, 2003. Vol. I. Pp. 3538-3541.
19. Bereczki P., Szombathelyi V., Krállics G. (2014) Determination of flow curve at large cyclic plastic strain by multiaxial forging on MaxStrain System. International Journal of Mechanical Sciences. Elsevier, 2014. Issue 84. Pp. 182-188.

20. Bradford M., Uy B., Pi Y. (2012) Plane Elastic Stability of Arches under a Central Concentrated Load. *Journal of Engineering Mechanics*. - Minnesota : American Society of Civil Engineering, 2012. Issue 7. Pp. 710-719.
21. Cartie D.D.R., Cox B.N., Fleck N.A. (2004) Mechanism of crack bridging by composite and metallic rods. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. Elsevier, 2004. Issue 11. Vol. 35. Pp. 1325–1336.
22. Choi J.-H. (2002) Shape design sensitivity analysis and optimization of general plane arch structures. *Finite elements in Analysis and Design*. USA : Elsevier, 2002. Issue 2. Vol. 39. Pp. 119-136.
23. Dawe D.J. (1974) Numerical studies using circular arch finite elements. *Computers & Structures*. - Massachusetts Elsevier, 1974. Issue 4. Vol. 4. Pp. 729-740.
24. Gati J., Kartyas G. (2013) Theory and practice in multi-discipline representations for engineering education. *Theory and practice in multi-discipline representations for engineering education*. - Timisoara : IEEE, 2013. Pp.109-113.
25. Simplified Method of Determination of Natural-Vibration Frequencies of Prestressed Suspension Bridge. / Goremikins V., Rocens K., Serdjusks D., Sliseris J. (2013) *Procedia Engineering*. Elsevier, 2013. Issue 57. Modern Building Materials, Structures and Techniques, Pp. 343-352.
26. Gonca V., Polukoshko S., Boyko A. (2014) Analytical and Experimental Research of Compressive Stiffness for Laminated Elastomeric Structures. *Procedia Engineering*. Elsevier, 2014. Issue 69. Pp. 1388-1396.
27. Heyman J. (1969) The safety of masonry arches. *International Journal of Mechanical Sciences*. Elsevier, 1969. Issue 4. Vol. I., Pp. 363-385.
28. Horvath L., Rudas I.J. (2011) A New Adaptive Process for Product Model Object Definition. *A New Adaptive Process for Product Model Object Definition*. - Port Louis : IEEE, 2011, Pp. 55-60.
29. Horvath L., Rudas I.J. (2013) Complex adaptive models for the integration of product centered engineering. *Complex adaptive models for the integration of product centered engineering*. Tihany: IEEE, 2013, Pp. 107-112.
30. Isogeometric shape optimisation of shells using semi-analytical sensitivity analysis and sensitivity weighing / Kiendl J., Schmidt R., Bletzinger K.-U., Wüchner R. (2014) *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. 2014. Issue 6. Vol. 274. Pp. 148-167.
31. Mahendran M. (1995) Project-Based Civil Engineering Courses. *Journal of Engineering Education*. - Illinois, Chicago : American Society of Civil Engineering, 1995. Jan. Issue 84. Vol. 1. Pp. 75-79.
32. Media centre Obuda University (Obuda Egyetem) World Championship in Spaghetti Bridge Building [Online] // Spaghetti Bridge Competition. Obuda univ., (2014) URL: <http://reccs.uni-obuda.hu/en>. (date of reference: 05.05.2014)
33. Meier C., Popp A., Wall W.A. (2014) An objective 3D large deformation finite element formulation for geometrically exact curved Kirchhoff rods. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. 2014. Issue 6. Vol. I.
34. Nedelcu M. (2014) Buckling mode identification of perforated thin-walled members by using GBT and shell FEA *Thin-Walled Structures*, 2014. Issue 9. Vol. 82, Pp. 67-81.
35. Nedelcu M. (2012) GBT-based buckling mode decomposition from finite element analysis of thin-walled members. *Thin-Walled Structures*. 2012. Issue 5. Vol. 54. Pp. 156-163.
36. Onat E.T., Prager W. (1953). Limit analysis of arches [Article] // *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. USA, 1953. Issue 2. Vol. 1. Pp. 77-89.
37. Paeglite I., Paeglitis A. (2013) The Dynamic Amplification Factor of the Bridges in Latvia. *Procedia Engineering*. 2013. Issue 57. Pp. 851-858.
38. Rackwitz R., Lentz A., Faber M. (2005) Socio-economically sustainable civil engineering infrastructures by optimization *Structural Safety*. 2005. Issue 3. Vol. 27. Pp. 187-229.
39. Shell Finite Cell Method: A high order fictitious domain approach for thin-walled structures. / Rank E., Kollmannsberger S., Sorger Ch., Duster A. (2011). *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. – Issue 45. Vol. I., Pp. 3200-3209.
40. Rikards R. (1993) Finite element analysis of vibration and damping of laminated composites. *Composite Structures*. 1993. Special Issue Advances in Polymer Composites. Issue 24. Pp.193-204.
41. Rikards R., Chate A., Ozolinsh O. (2001). Analysis for buckling and vibrations of composite stiffened shells and plates *Composite Structures*. 2001. Issue 4. Vol. 51, Pp. 361-370.
42. Sliseris J., Rocens K. (2013) Optimal design of composite plates with discrete variable stiffness. *Composite Structures*. 2013. Issue 98, Pp.15-23.

43. Straupe V., Paeglitis A. (2013) Analysis of Geometrical and Mechanical Properties of Cable-Stayed Bridge *Procedia Engineering*. 2013. Issue 57. Pp. 1086-1093.
44. Vogler M., Rolfes R., Camanho P.P. (2013) Modeling the inelastic deformation and fracture of polymer composites – Part I: Plasticity model. *Mechanics of Materials*. 2013. Issue 4. Vol. 59. Pp. 50-64.
45. Roth W.M. (1996) Art and Artifact of Children's Designing: A Situated Cognition Perspective [Journal]. - Burnaby, British Columbia, Canada : Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1996. Issue 2. Vol. 5. Pp.129-166.
46. Wood R.D., Zienkiewicz O.C. (1977) Geometrically nonlinear finite element analysis of beams, frames, arches and axisymmetric shells. *Computers & Structures*. Massachusetts. Issue 6. Vol. 7. Pp. 725-735.
47. Ding Y. (1986) Shape optimization of structures: a literature survey. *Computers & Structures*. 1986. Issue 6. Vol. 24. Pp. 985-1004.

Spaghetti builder: innovation in Civil Engineering education

A.A. Aznabae¹, S.M. Bondarenko², K.N. Gureev³, D.A. Likhaia⁴,
I.I. Loginova⁵, N.A. Lopatin⁶, N.A. Chernukha⁷

Saint-Petersburg Polytechnical University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia.

ARTICLE INFO

Methodical article

Article history

Received 13 June 2014
Accepted 23 June 2014

Keywords

spaghetti builder;
SCAD;
civil-engineering competition;
finite element analysis;
effective scheme of construction;
international relations;
modern civil-engineering education;
CDIO

ABSTRACT

RECCS 2014, the 4th World Championship in Spaghetti Bridge Building took place on 30 May 2014, in the central building of Óbuda University, Budapest, Hungary. The goal of the event is to let students prove their qualities in building as an example of design implementation skills, to exchange experience, ideas and knowledge in architecture and construction industry, to promote building of friendships and future professional contacts as well. 26 teams from 8 countries tried to win in two announced categories: Bridge and Support. There were teams from the best technical universities of Russia (Saint-Petersburg State Polytechnical University), Brazil (Universidade Federal de Minas Gerais), Hungary (Óbuda University, University of Debrecen, College of Dunaújváros), Germany (Hochschule Ruhr West, Cologne University of Applied Sciences), Latvia (Riga Technical University), Portugal (University of Beira Interior), Romania (Technical University of Cluj-Napoca, Sapientia Hungarian University of Transylvania) and Serbia (Politechnical Engineering College Subotica). The team from the Institute of Civil Engineering presented our country successfully. Our students claimed that the Championship had helped to develop their engineering skills, moreover it had inspired to organize new international technical contest in our university

¹ Corresponding author:

+ 7 (911) 284 0752, askar.aznabaev@yandex.ru (Askar Azamatovich Aznabaev, Student)

² + 7 (931) 293 3008, bondarenkosemen77@gmail.com (Semen Maksimovich Bondarenko, Student)

³ + 7 (921) 350 2177, kupujji.94@mail.ru (Kirill Nikolayevich Gureev, Student)

⁴ + 7 (931) 338 1081, lihaya.darya@yandex.ru (Darya Andreevna Likhaia, Student)

⁵ + 7 (911) 834 4136, iraloginova8@gmail.com (Irina Igorevna Loginova, Student)

⁶ + 7 (931) 336 1183, nikitarolex@rambler.ru (Nikita Alekseevich Lopatin, Student)

⁷ + 7 (906) 225 2579, chernukha.n@mail.ru (Nikita Antonovich Chernukha, Post-Graduate Student, Assistant)

References

1. Arseniev D.G., Vatin N.I., Vysotskiy A.E. (2012) International Polytechnical Summer School "Civil Engineering and Design" in SPbSPU. Construction of Unique Buildings and Structures 2012. Issue 5. Pp. 1-5. (rus)
2. Arseniev D.G., Vatin N.I. (2012) International relations in construction education and science. Construction of Unique Buildings and Structures. Issue 2. Pp. 1-5. (rus)
3. QS criteria as a basis for evaluation of the Institute of Civil Engineering of the Saint-Petersburg State Polytechnical University / Arseniev D.G., Rechinskiy A.V., Vatin N. I., Gamayunova O.S. (2014). Construction of Unique Buildings and Structures. 2014. Issue 2. Vol. 17. Pp. 6-24. (rus)
4. Vatin N.I., Gordeeva A.O. (2011). Finite element calculation model of thin-walled cold-formed profile in software package SCAD OFFICE. Magazine of Civil Engineering. 2011. Issue 3. Pp. 36-46 (rus).
5. Lapina I.Y. (2014) The VIII-th annual competition "Spaghetti Builder" in Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Official site of Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. - WebTRIX, April 2, 2014. - May 24, 2014. URL: <http://www.spbgasu.ru/Novosti/763/> (rus).
6. Melnikov B.E., Semenov A.S., Semenov S.G. (2010) Multimodel Elasto-Plastic analysis of material and structures. Current State. Proceedings of CRI by acad .A.N. Krulov. – Saint-Petersburg : Krulov State Research Centre, 2010. Issue 53, Pp. 47-52. (rus)
7. Nikiforov V.I., Rechinskiy A.V. (2011) Polytechnic students education in the content of training technical institution of higher education. Alma Mater. - Москва : Bulletin of the Higher School, 2011. - 8. - 7, Pp. 41-45. (rus)
8. Press-Centre "InterStroyExpo". The XX-th International Building Exhibition "InterStroyExpo". PrimEXPO. - Company PrimEXPO, URL: <http://interstroyexpo.primexpo.ru/ru/archive/2014/press> (rus)
9. Fundamental and polytechnical experience of construction education with using Moodle / Rechinskiy A.V., Vatin N.I., Gamayunova O.S., Usanova K.Y. (2012) Construction of Unique Buildings and Structures. 2012. Issue 2. Pp. 6-17. (rus)
10. Rechinskiy A.V., Strelets K.I. (2012) Professional development for design and construction of especially dangerous, technically difficult and unique objects. Construction of Unique Buildings and Structures. 2012. Issue 1. Pp. 74-76. (rus)
11. Rechinskiy A.V., Strelets K.I. (2012) Professional retraining of specialists in the construction industry in the light of the concept of "Education through all life". Construction of Unique Buildings and Structures. 2012. Issue 1, Pp. 70-73. (rus)
12. Stolyarov O. (2010) Development of Manufacturing Technology and Investigation the Properties of Thermoplastic Composite Materials Based on Glass/Polypropylene Hybrid Yarns. Proceedings of institutes of higher education. Technology of Light Industry. – Saint-Petersburg : St. Petersburg State University of Technology and Design, 2010. Issue 1. Vol. 7. Pp.53-55.(rus)
13. Chernukha N.A. (2014) Structural analysis of buildings at explosive actions in SCAD. Magazine of Civil Engineering. 2014. Issue 1. Vol. 45. Pp. 12-22. (rus)
14. Nazmy A.S. (1997) Stability and load-carrying capacity of three-dimensional long-span steel arch bridges. Computers & Structures. - Massachusetts, USA : Elsevier, 1997. Issue 6. Pp. 857-868.
15. Ashwell D.J., Sabir A.B., Roberts T.M. (1971) Further studies in the application of curved finite elements to circular arches. International Journal of Mechanical Science. USA : Elsevier, 1971. Issue 6. Vol. 13. Pp. 507-517.
16. Attila S., Adam B., Robert K. (2013) Surface models view designs with 3DS MAX software. Surface models view designs with 3DS MAX software. - Tihany : IEEE, 2013. Pp. 41-44.
17. Audenaert A., Peremans H., Reniers G. (2007) An analitical model to determine the ultimate load on masonry arch bridges. Germany : Springer Science+ Business Media B.V., 2007. Issue 12. Pp. 323-336.
18. Bauerle A., Gallagher M. (2003) Toying With Technology: Bridging the Gap Between Education and Engineering Society for Information Technology & Teacher Education International Conference. - Albuquerque, New Mexico : Iowa State Univ., USA, 2003. Vol. I. Pp. 3538-3541.
19. Bereczki P., Szombathelyi V., Krállics G. (2014) Determination of flow curve at large cyclic plastic strain by multiaxial forging on MaxStrain System. International Journal of Mechanical Sciences. Elsevier, 2014. Issue 84. Pp. 182-188.
20. Bradford M., Uy B., Pi Y. (2012) Plane Elastic Stability of Arches under a Central Concentrated Load. Journal of Engineering Mechanics. - Minnesota : American Society of Civil Engineering, 2012. Issue 7. Pp. 710-719.

21. Cartie D.D.R., Cox B.N., Fleck N.A. (2004) Mechanism of crack bridging by composite and metallic rods. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. Elsevier, 2004. Issue 11. Vol. 35. Pp. 1325–1336.
22. Choi J.-H. (2002) Shape design sensitivity analysis and optimization of general plane arch structures. Finite elements in Analysis and Design. USA : Elsevier, 2002. Issue 2. Vol. 39. Pp. 119-136.
23. Dawe D.J. (1974) Numerical studies using circular arch finite elements. Computers & Structures. - Massachusetts Elsevier, 1974. Issue 4. Vol. 4. Pp. 729-740.
24. Gati J., Kartyas G. (2013) Theory and practice in multi-discipline representations for engineering education. Theory and practice in multi-discipline representations for engineering education. - Timisoara : IEEE, 2013. Pp.109-113.
25. Simplified Method of Determination of Natural-Vibration Frequencies of Prestressed Suspension Bridge. / Goremikins V., Rocens K., Serdjusks D., Sliseris J. (2013) Procedia Engineering. Elsevier, 2013. Issue 57. Modern Building Materials, Structures and Techniques, Pp. 343-352.
26. Gonca V., Polukoshko S., Boyko A. (2014) Analytical and Experimental Research of Compressive Stiffness for Laminated Elastomeric Structures. Procedia Engineering. Elsevier, 2014. Issue 69. Pp. 1388-1396.
27. Heyman J. (1969) The safety of masonry arches. International Journal of Mechanical Sciences. Elsevier, 1969. Issue 4. Vol. 1., Pp. 363-385.
28. Horvath L., Rudas I.J. (2011) A New Adaptive Process for Product Model Object Definition. A New Adaptive Process for Product Model Object Definition. - Port Louis : IEEE, 2011, Pp. 55-60.
29. Horvath L., Rudas I.J. (2013) Complex adaptive models for the integration of product centered engineering. Complex adaptive models for the integration of product centered engineering. Tihany: IEEE, 2013, Pp. 107-112.
30. Isogeometric shape optimisation of shells using semi-analytical sensitivity analysis and sensitivity weighing / Kiendl J., Schmidt R., Bletzinger K.-U., Wüchner R. (2014) Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 2014. Issue 6. Vol. 274. Pp. 148-167.
31. Mahendran M. (1995) Project-Based Civil Engineering Courses. Journal of Engineering Education. - Illinois, Chicago : American Society of Civil Engineering, 1995. Jan. Issue 84. Vol. 1. Pp. 75-79.
32. Media centre Obuda University (Obuda Egyetem) World Championship in Spaghetti Bridge Building [Online] // Spaghetti Bridge Competition. Obuda univ., (2014) URL: <http://reccs.uni-obuda.hu/en>. (date of reference: 05.05.2014)
33. Meier C., Popp A., Wall W.A. (2014) An objective 3D large deformation finite element formulation for geometrically exact curved Kirchhoff rods. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 2014. Issue 6. Vol. 1.
34. Nedelcu M. (2014) Buckling mode identification of perforated thin-walled members by using GBT and shell FEA Thin-Walled Structures, 2014. Issue 9. Vol. 82, Pp. 67-81.
35. Nedelcu M. (2012) GBT-based buckling mode decomposition from finite element analysis of thin-walled members. Thin-Walled Structures. 2012. Issue 5. Vol. 54. Pp. 156-163.
36. Onat E.T., Prager W. (1953). Limit analysis of arches [Article] // Journal of the Mechanics and Physics of Solids. USA, 1953. Issue 2. Vol. 1. Pp. 77-89.
37. Paeglite I., Paeglitis A. (2013) The Dynamic Amplification Factor of the Bridges in Latvia. Procedia Engineering. 2013. Issue 57. Pp. 851-858.
38. Rackwitz R., Lentz A., Faber M. (2005) Socio-economically sustainable civil engineering infrastructures by optimization Structural Safety. 2005. Issue 3. Vol. 27. Pp. 187-229.
39. Shell Finite Cell Method: A high order fictitious domain approach for thin-walled structures. / Rank E., Kollmannsberger S., Sorger Ch., Duster A. (2011). Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. – Issue 45. Vol. 1., Pp. 3200-3209.
40. Rikards R. (1993) Finite element analysis of vibration and damping of laminated composites. Composite Structures. 1993. Special Issue Advances in Polymer Composites. Issue 24. Pp.193-204.
41. Rikards R., Chate A., Ozolinsh O. (2001). Analysis for buckling and vibrations of composite stiffened shells and plates Composite Structures. 2001. Issue 4. Vol. 51, Pp. 361-370.
42. Sliseris J., Rocens K. (2013) Optimal design of composite plates with discrete variable stiffness. Composite Structures. 2013. Issue 98, Pp.15-23.
43. Straupe V., Paeglitis A. (2013) Analysis of Geometrical and Mechanical Properties of Cable-Stayed Bridge Procedia Engineering. 2013. Issue 57. Pp. 1086-1093.

44. Vogler M., Rolfes R., Camanho P.P. (2013) Modeling the inelastic deformation and fracture of polymer composites – Part I: Plasticity model. *Mechanics of Materials*. 2013. Issue 4. Vol. 59. Pp. 50-64.
45. Roth W.M. (1996) *Art and Artifact of Children's Designing: A Situated Cognition Perspective* [Journal]. - Burnaby, British Columbia, Canada : Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1996. Issue 2. Vol. 5. Pp.129-166.
46. Wood R.D., Zienkiewicz O.C. (1977) Geometrically nonlinear finite element analysis of beams, frames, arches and axisymmetric shells. *Computers & Structures*. Massachusetts. Issue 6. Vol. 7. Pp. 725-735.
47. Ding Y. (1986) Shape optimization of structures: a literature survey. *Computers & Structures*. 1986. Issue 6. Vol. 24., Pp. 985-1004.