

УДК 004.9

## ВАРИАНТЫ «DIGITAL-КОМПЬЮТЕРНЫХ» СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ В СТРОИТЕЛЬНОМ ВУЗЕ НА ПРИМЕРЕ НОВЫХ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ КОНСТРУКЦИЙ, СООРУЖЕНИЙ И МАШИН

КУЛЯБКО В.В.<sup>1\*</sup>, *д.т. н, проф.*

<sup>1\*</sup> Кафедра металлических, деревянных и пластмассовых конструкций, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38(0562) 46-93-42, e-mail: kulyabko-vv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0044-4704

**Аннотация.** *Цель.* Задачи общей механики и динамики непрерывно усложняются и выходят на первый план и строительного образования, и науки, и конкретно - IT-технологий. Появляются самые разнообразные динамические нагрузки и поля воздействий на сооружения, которые учёным-строителям надо вовремя анализировать, описывать, нормировать, проверять и сопровождать-корректировать. Бурно *растут высоты* и *пролёты* сооружений, а *методики их компьютерных расчетов и алгоритмов исследований* (с инженерными проверками и нормативными обоснованиями безопасности, комфорта и качества жизни) - также бурно ... *отстают!* Украине сегодня именно по таким специальностям и *не хватает* грамотных инженеров, ученых и приборно-аппаратно оснащённых компьютерщиков строительного профиля. Целью данной работы является поиск новых связей и изложение предлагаемых новаций в сфере подготовки инженерно-исследовательских кадров строительного вуза на базе двух специальностей – промышленное и гражданское строительство (ПГС) и компьютерные науки (КН). *Методика.* Проводится как бы *сканирование* вначале *существующих* состояний каждого звена, отдельно специальности ПГС и КН. Затем разрабатываются предлагаемые новации и приводятся *восемь* условных последовательных *этапов* обучения с выходом на *семь* новых *специализаций* КН. Такое сближение двух специальностей приведёт по законам *синергетики* к нелинейному качественному скачку в развитии строительной отрасли. *Результаты.* В работе предлагаются некоторые особые принципы и алгоритмы сближения профессиональной части дисциплин при обучении специалистов КН с основной тематикой строительного вуза. Например, разработаны специальные приемы в педагогике (по типу элитных групп и доступных кружков без возрастных границ), объединяются учебный и научно-исследовательский процессы при изложении основного сквозного спецкурса. Сквозной характер обучения подразумевает поисковое использование начальной любознательности и интересов школьников и абитуриентов, которое легко выявится при интересных вводно-инженерных занятиях и экскурсиях-презентациях достижений и проблем строительства, например, по статике или динамике. *Научная новизна.* По-видимому, впервые предложена система междисциплинарного взаимно обогащающего обучения с применением новых педагогических и инженерных приёмов на примере комплексного параллельного взаимодействия в строительном вузе студентов инженерной специальности ПГС и студентов, изучающих компьютерные науки. *Практическая значимость.* Практическая ценность видна на примерах конкретных задач современного строительства и эксплуатации сооружений, в которых остро необходимо участие специалистов IT-технологий.

**Ключевые слова:** динамика сооружений; строительное образование; IT-технологии; промышленное и гражданское строительство; компьютерные науки

## ВАРІАНТИ «DIGITAL-КОМП'ЮТЕРНИХ» СПЕЦІАЛІЗАЦІЙ В БУДІВЕЛЬНОМУ ВУЗІ НА ПРИКЛАДІ НОВИХ ЗАДАЧ ДИНАМІКИ КОНСТРУКЦІЙ, СПОРУД І МАШИН

КУЛЯБКО В.В.<sup>1\*</sup>, *д.т. н, проф.*

<sup>1\*</sup> Кафедра металевих, дерев'яних і пластмасових конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38(0562) 46-93-42, e-mail: kulyabko-vv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0044-4704

**Анотація.** *Мета.* Задачі загальної механіки і динаміки безперервно ускладнюються і виходять на перший план і будівельної освіти, і науки, і конкретно – IT-технологій. З'являються самі різноманітні динамічні навантаження і поля впливів на споруди, які вченим-будівельникам потрібно вчасно аналізувати, описувати, нормувати, перевіряти і супроводжувати-коректувати. Бурхливо ростуть висоти і прогони споруд, а методики їх комп'ютерних розрахунків і алгоритмів досліджень (з інженерними перевірками і нормативними обґрунтуваннями безпеки, комфорту і якості життя) – так само бурхливо ... відстають! Україні сьогодні саме за такими спеціальностям і не вистачає грамотних інженерів, вчених і приладо-апаратно забезпечених комп'ютерщиків будівельного профілю. Метою даної роботи є пошук нових зв'язків і виклад пропонованих новаций у сфері підготовки інженерно-дослідницьких кадрів будівельного вузу на базі двох спеціальностей – промислове і цивільне будівництво (ПЦБ) і комп'ютерні науки (КН). *Методика.* Здійснюється як би *сканування* по-перше існуючих станів кожної ланки, окремо спеціальності ПЦБ і КН. Потім розробляються пропоновані

новації і наводяться **вісім** умовних послідовних етапів навчання з виходом на **сім** нових *спеціалізацій* КН. Таке зближення двох спеціальностей призведе за законами *синергетики* до нелінійного якісного стрибка в розвитку будівельної галузі. **Результати.** В роботі пропонуються деякі особливі принципи і алгоритми зближення професійної частини дисциплін при навчанні спеціалістів КН з основною тематикою будівельного вузу. Наприклад, розроблені спеціальні прийоми в педагогіці (по типу елітних груп і доступних гуртків без вікових обмежень), об'єднуються навчальний і науково-дослідницький процеси при викладенні основного наскрізного спецкурсу. Наскрізний характер навчання припускає пошукове використання початкової допитливості та інтересів школярів та абітурієнтів, що легко виявиться при цікавих ввідно-інженерних заняттях і екскурсіях-презентаціях досягнень і проблем будівництва, наприклад, по статистиці чи динаміці. **Наукова новизна.** Певно, вперше запропонована система міждисциплінарного взаємно збагачуючого навчання із застосуванням нових педагогічних і інженерних прийомів на прикладі комплексної паралельної взаємодії в будівельному вузі студентів інженерної спеціальності ПЦБ і студентів, що вивчають комп'ютерні науки. **Практична значимість.** Практичну цінність видно на прикладах конкретних задач сучасного будівництва і експлуатації споруд, в яких гостро необхідна участь спеціалістів ІТ-технологій.

**Ключові слова:** динаміка споруд, будівельна освіта, ІТ-технології, промислове та цивільне будівництво, комп'ютерні науки

## **“DIGITAL-KOMPUTER” VARIANTS OF INSTITUTE OF HIGHER EDUCATION SPECIALIZATIONS ON THE EXAMPLE OF NEW TASKS DYNAMICS OF CONSTRUCTIONS, STRUCTURES AND MACHINES**

KULYABKO V.V.<sup>1\*</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

<sup>1</sup> Department of Stel, Wood and Plastic Constructions State Higher Education Establishment “Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38(0562) 46-93-42, e-mail: kulyabko-vv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0044-4704

**Abstract. Purpose.** Problems of the general mechanics and dynamics continuously become complicated and come to the forefront of both construction education, and science, and is concrete - IT technologies. There are most various dynamic loadings and fields of impacts on constructions which scientists-builders should analyze, describe, normalize, check and to accompany-correct in time. Roughly heights and flights of constructions grow, and techniques of their computer calculations and algorithms of researches (with engineering checks and standard justifications of safety, comfort and quality of life) - also roughly ... lag behind! Ukraine on such specialties also doesn't have today competent engineers, scientists and instrument hardware equipped programmers of a construction profile. The purpose of this work is search of new communications and a statement of the offered innovations in the sphere of preparation of engineering and research shots of construction higher education institution on the basis of two specialties – industrial and civil engineering (ICE) and the computer sciences (CS).

**Methodology.** Scanning of the existing conditions of each link, separately specialties ICE and CS is carried out. Then the offered innovations are developed and eight conditional consecutive grade levels with an exit to seven new specializations of CS are given. Such rapprochement of two specialties will lead under laws of synergetics to a nonlinear quantum leap in development of construction branch. Proposals in order explore several blocks literature. The first unit is - to raise interest in engineering by studying biographies and classical works of the great engineers. Example - the great scientist-engineer S.P. Tymoshenko. Another unit - shows roughly chronological development of numerical solutions of applied engineering problems using a variety of languages of programs. Describes handy for solving modern problems of nonlinear oscillations methods of Runge-Kutta families. Example – driving of car on rough road. And the complexity of the problem of nonlinear type of dry friction. The shows of reference literature on vibration technology and proposals on the development of new digital-majors and the relevant departments of universities and laboratories. Collected the bulk of the methods and concepts that are easy to operate with the modern researcher to solve most problems of the dynamics of complex systems and processes. This is the ability to compose and solve systems of linear and nonlinear algebraic and differential equations. Go to the Cauchy problem and spectral analysis. It is expected that this approach could serve as a bridge for rapprochement and interaction of new specialists CS students, engineers and scientists specializing ICE. The importance of clarity vibrogram of accelerations and nonlinear damping variable dynamic stresses. Particular attention is paid to vibroekologii. As well as protection against accidental impacts (vibration and shock) and human health, and vitality structures and vibrations stability of the equipment. In the description of practical examples are given scientific study of algorithms of static and dynamic analysis of structures. The predominance of the standard finite element method greatly reduces the possibility of user-designer in finding innovative solutions. Mention domestic computer program complexes LIRA and SCAD Office. Attention is drawn to the clear and logical goals of student learning - and the ICE, and CS ("IT-people") - the basis of structural mechanics, the newest of its tasks.

**Findings.** In work some special principles and algorithms of rapprochement of professional part of disciplines when training experts of CS with the main subject of construction higher education institution are offered. For example, special receptions in pedagogics are developed (as elite groups and available circles without age brackets), educational and research processes at a statement of the main through special course unite. Through nature of training means search use of initial inquisitiveness and interests of school students and entrants which will easily come to light at interesting introduction and engineering occupations and excursions presentations of achievements and problems of construction, for example, on a statics or dynamics. **Originality.** Apparently, the system of the interdisciplinary mutually enriching training with application of new pedagogical and engineering

receptions on the example of complex parallel interaction in construction higher education institution of students of engineering specialty ICE and the students studying computer sciences is for the first time offered. *Practical value*. Practical value is visible on examples of specific objectives of modern construction and operation of constructions in which participation of experts of IT technologies is sharply necessary.

**Keywords:** structural dynamics; building education; Information Technology; industrial and civil engineering; computer sciences.

**Введение или кого должен готовить по компьютерным наукам (КН) строительный вуз: слабых «программистов вообще» или сильных «IT-прикладников-строителей»?**

На первой конференции KSIT ESM в ПГАСА осенью 2014г., которую следует признать своевременной и успешно проведенной, доклад научно-молодежного коллектива «Резонанс» [12] на пленарном заседании был посвящен одному из самых важных вопросов строительства XXI века - динамике сооружений. Почему этот вопрос – один из *наиболее актуальных*? Да потому, что **УЖЕ В ЭТОМ ВЕКЕ ПРОИЗОШЛО**:

- по многим причинам, связанным с динамикой конструкций (сооружений и машин), **погибло** на Земле не менее половины миллиона человек! Сейсмологи верно говорят: «Людей убивают не землетрясения, а здания!».

- бурно *растут* высоты и пролёты сооружений, а методики их компьютерных расчетов и алгоритмов исследований (с инженерными проверками и нормативными обоснованиями безопасности, комфорта и качества жизни) - также бурно ... *отстают*!

- из-за **неустойчивого** развития мирового сообщества (в т.ч. молодой Украины и её соседей) появляются самые разнообразные динамические нагрузки и поля воздействий на сооружения, которые учёным-строителям надо во-время анализировать, описывать, нормировать, проверять и сопровождать-корректировать!

- таким образом, задачи **общей механики и динамики** из-за предыдущих трёх причин **непрерывно усложняются** и выходят просто **на первый план** и строительного образования, и науки, и конкретно - **IT-технологий**.

- следует также обратить внимание и на возможную, ещё не изученную полностью, **пользу** (для отрасли и общества) - от применения некоторых активно развивающихся **новых научных достижений динамики** конструкций. Например, нужна приборно-аппаратная помощь наукоёмких технологий для реализации и замены многих современных сложных операций и трудоёмких работ при строительстве, эксплуатации и обследовании – при динамической *паспортизации, диагностике и мониторинге* технического состояния сооружений, при *поиске повреждений* конструкций и т.д., и т.п.

В упомянутом докладе [12] были перечислены лишь некоторые задачи, которые решались на

практике на компьютерных **моделях**: зданий и сооружений рамного типа, на натуральных **испытаниях** реальных шахтных копров и огромных кранов-перегрузателей. Была описана также суть работы последних семи запатентованных «Резонансом» устройств, снижающих амплитуды колебаний строительных и энергетических объектов или их элементов.

Что же изменилось после выхода прекрасно изданного сборника 1-й конференции KSIT ESM, что произошло со строй-комп-специализацией за прошедший год после полезных разговоров за итоговым «круглым столом»?

Например, коллектив «Резонанс» (занятия которого 38-й год проходят **круглогодично** по пятницам в 13ч., ауд.425 и 5002) продолжал напряженно осваивать и решать новые задачи динамики «на высшем уровне научных мировых стандартов». В кавычках приведена цитата из выступления на **украинско-немецком** научном семинаре (14 мая 2015г. в ПГАСА) руководителей и ведущих сотрудников всемирно известной (по динамике и гашению колебаний сооружений) немецкой фирмы Maurer AG. Получено от фирмы и предложение о **совместных работах**.

Но на «украинском рынке» к нам практически не было обращений по каким-то новациям, применению методик. Если не считать двух предложений «по учебному процессу ПГАСА» - чтению спецкурсов. Первое – от **деканата ф-та ПГС**: автор теперь читает магистрантам семи выпускающих **инженерных кафедр ПГС** спецкурс «*Современные проблемы расчетов, конструирования и испытаний сооружений*» с уклоном в новые достижения науки и инженерные ошибки по динамике конструкций.

А второе предложение поступило от кафедры **прикладной математики** (которое и побудило написать данную статью о роли и задачах специальности **КН – компьютерные науки** – в строительном вузе). Было предложено подготовить для старших курсов так называемые «**профессиональные по тематике вуза спецкурсы**» для **бакалавров и магистрантов** новой для ПГАСА специальности. С ориентировочным названием «**Компьютерное моделирование практических задач статике и динамики зданий, сооружений и машин**». И с примерами - из личного опыта автора по проектированию, расчетам и испытаниям конструкций многочисленных строительных и машиностроительных объектов города, страны и СНГ, а также - из опыта научного руководства

соискателями (диссертаций к.т.н., д.т.н.) в реальных научных задачах.

### Цель

Целью данной работы является поиск новых связей и взаимно проникающих задач цепочки: **учебные дисциплины и специализации ИТ-образования и строительных ИТ-технологий с соответствующим приборно-аппаратным («digital-компьютерным») обеспечением и сопровождением** на примере новых задач **динамики конструкций, сооружений, машин.**

В частности, - строительным кафедрам и организациям, на наш взгляд, нужна срочно **digital-помощь:**

- по задачам прочности, комфорта и формообразования сооружений, в которых рекомендуется инженерам и архитекторам применять метод динамического *формообразования* (МДФ),

- по развитию новых принципов *конструирования* (МДК) элементов и узлов с нелинейными характеристиками и по внедрению соответствующих новых методов их *расчета* (например, МНСЭК – метод учета нелинейных свойств элементов конструкций),

- по приборному обеспечению *диагностики* (МДД) и *мониторинга* технического состояния основных несущих конструкций зданий и сооружений. И др.

Целесообразно обсудить и необходимость периодических пересмотров и **перечней фундаментальных и прикладных учебных специальностей и специализаций**, смежных с КН, и всех их учебных **планов**. Причем, в строительных вузах это касается как исторически основной специальности ПГС, так (тем более) и новых специальностей (но с учетом профиля вуза - **строительного!**). Например, уровень знаний и умений (багаж) большинства выпускников ПГС «в местном исполнении по факту» сегодня далек и от передовых инженерных, и, тем более, - от евро-магистерских требований и уровней. Он отстаёт от жизни, влияет на набор и престижность вуза, «штатается» без роста, не захватывает своими делами ведущее место в вузе (а вуз – в мировой отрасли!); для доказательства – см. сайты строительных вузов даже не европейских, а ... «соседей». Там уже лет 5 назад был сделан, например, резкий уклон на прием абитуриентов по новым **специальностям** с углублёнными знаниями (и новыми названиями!) **динамики** сооружений, **сейсмостойкости**, безопасности при **аварийных динамических** воздействиях и т.п. Причем, параллельной базой для этих особых **фундаментальных** специальностей явились ещё 5-7 специальностей (а не предметов!): теория сооружений, САПР, реконструкция сооружений, основания и фундаменты, подземные сооружения и др.

Совершенно очевидно, что полуразрушенной и ослабленной войной Украине сегодня именно по

таким специальностям и **не хватает** грамотных инженеров, ученых и приборно-аппаратно оснащённых компьютерщиков строительного профиля! (Заметим, что вопросы политики, коррупции, качества обучения, требований и оценок студента, преподавателя, инженера, а также их совместной ответственности перед обществом, - не менее важны, но в тему и статьи, и сборника, к сожалению, не вписываются).

Иными словами, что же нам надо менять в исследуемой вузовской цепи? Кого, когда и чему учить? Чем и кому смогут помочь уже сегодня и завтра ребята из отряда «КН» - в вузе, в КБ (проектном или заводском), на стройке, в УКСе мэрии? Следует ли учить их широкому междисциплинарному подходу, профессиональной коммуникабельности, или все они будут только «клавишниками» двух-трёх простых программ, «помощниками пользователей», без ответственности за постановку задачи и за результат?

### Методика и пути использования специальной литературы для «перехода от КН к КН+ПГС»

Для наилучшего обзора ситуации и расширения «окон возможностей» повышения эффективности отдельных звеньев и всей исследуемой цепочки предлагается следующий **алгоритм**. Проводится как бы **сканирование** вначале *существующих* состояний каждого *звена*, отдельно специальности **ПГС и КН**. Затем разрабатываются предлагаемые новации и приводятся **восемь** условных последовательных **этапов** обучения с выходом на **семь** новых **специализаций** КН. Такое сближение двух специальностей приведёт по законам *синергетики* к нелинейному качественному скачку в развитии строительной отрасли.

Итак, к работе [12] на занятиях по КН+ПГС целесообразно обратиться дважды: в начале спецкурсов (обозначить объекты-задачи) и в конце (более подробно).

Интерес к инженерному делу вызывают яркие личности. Так, современная адаптация работы [15] не только иллюстрирует труды и жизнь (тут интересны отдельно изданные его «Воспоминаниям») великого украинского ученого-инженера С.П. Тимошенко, но и должна изучаться в строительных и машиностроительных вузах. Степан Прокофьевич – фундатор многих решений классических задач прочности, динамики и нелинейных колебаний в постановках, до которых за последние 100 лет ещё не добрались многие современные исследователи тех же задач (хотя они имеют пачки «гаджетов», «нет» и «ноут-буков»)! Именем Тимошенко названа «Лаборатория колебаний» в киевском политехе. Прикладные компьютерные программы составили два его соавтора и ученика, разрешив читателям свободно их использовать для «мирных применений».

Затем можно переходить к анализу нелинейных колебаний механических систем, среди которых

приятно выделяется книга [5], написанная для прикладных задач нашими киевскими коллегами-строителями.

Источники [6,14,16,17] показывают примерно в хронологическом порядке бурное развитие численных решений прикладных задач при помощи языков Фортран (первые два, причем авторы и здесь очень благожелательно предлагали высылать желающим все программы, хотя и некоторые – набиты на двух тысячах перфокарт!), Бейсик, Турбо Паскаль. Заметим, что в работе [16] хорошо даны очень удобные для решения и современных задач нелинейных колебаний методы семейства Рунге-Кутты, дан пример описания движения поддресоренного транспортного средства (автомобиля) по неровному пути. А в работе [17] Т. Шуп усложнил последнюю задачу фрикционным (нелинейность типа сухого трения) демпфером в подвеске, дал также идею моделирования грузоподъемного механизма и др. Можно рекомендовать справочник [6] для развития новых digital-специализаций и соответствующих кафедр и лабораторий вузов, в принципе, политехнического профиля. В нём собран основной объём методов и понятий, с которыми легко оперировать современному исследователю для решения большинства задач динамики сложных систем и процессов. Умение составлять и решать системы линейных и нелинейных алгебраических и дифференциальных уравнений (в развернутой и матричной форме), переход к задачам Коши и спектральному анализу МОГУТ ПОСЛУЖИТЬ МОСТИКОМ для сближения и взаимодействия новых специалистов КН со студентами, инженерами и учеными ПГС. Доказательство: продемонстрированные в докладе [12] наглядные вибропроцессы ускорений и нелинейного гашения переменных динамических напряжений, полученные при помощи среды Турбо-Паскаль [14].

Примеры задач САУ для движущейся машины со случайными воздействиями даны также в работе [7]. Этой синтетической задаче защиты от вибрации и ударов человека (в 1981г. автор ввёл в обиход яркий термин «виброэкология», подтолкнувший потом к изданию монографии [8]), живучести конструкций и виброустойчивости работы оборудования посвящен заключительный том 6-ти томного труда светил динамики советского космоса и машиностроения [3].

В работах [9-11] содержатся изданные в Запорожье, Германии и на 10-й юбилейной конференции по сейсмостойкости сооружений (Одесса-2015, автор входил в состав научного комитета) шаги, достижения, новые задачи и планы, призывы к сотрудничеству по динамике сооружений. Наконец, в пособиях по строительным IT-технологиям и САПР [1,2,4,13] даются практические примеры и научные обоснования разработанных в Киеве алгоритмов статических и динамических расчетов сооружений (к сожалению, только стандартным методом конечных элементов – что

сильно снижает возможности пользователя-конструктора в поиске передовых решений). Две работы посвящены исторически первой (стаж алгоритма – более полувека!) популярной отечественной вычислительной программе ЛИРА, а две – как бы её конкурентному расширению – в систему (программный комплекс - ПК) SCAD Office. В них рассматриваются и даются рекомендации по системе компьютерной графики AutoCAD 2002, по компьютерному моделированию для ПК ЛИРА и ПК SCAD. Например, в работе [4] описаны модели с применением МКЭ, попытки учета нелинейностей и односторонних связей в статике; особенности динамических моделей с трением. А в [1] – программные модули из SCAD Office: КРИСТАЛЛ, АРБАТ, КАМИН, МОНОЛИТ, КОМЕТА, а также вспомогательные программы КОНСТРУКТОР СЕЧЕНИЙ, КОНСУЛ, ТОНУС, СЕЗАМ, КРОСС, ВЕСТ. Кстати, в работе [2] обращают на себя внимание четко и логично поставленные цели обучения студентов – и ПГС, и КН («айтишников») – не только основам строительной механики, но и самым новым её задачам.

### Результаты

В работе предлагаются некоторые особые принципы и алгоритмы сближения *профессиональной* части дисциплин при обучении специалистов КН с основной тематикой строительного вуза. Например, автором разработаны и апробированы в течении более 30 лет специальные приемы в **педагогике** (по типу элитных групп и доступных кружков без возрастных границ и, увы, - на общественных началах), объединяются **учебный** и **научно-исследовательский** процессы при изложении **основного сквозного спецкурса**. Здесь важно проделать аккуратный заинтересованный ввод минимальных комплексных сведений, но связанных с проблемами дня и **инженерно-строительных**, и математико-цифровых, и IT-знаний.

Сквозной характер обучения подразумевает поисковое использование начальной любознательности и интересов школьников и абитуриентов, которое легко выявится при интересных вводно-инженерных занятиях и экскурсиях-презентациях достижений и проблем строительства, например, по статике или динамике. Далее эти направления, интересующие учащихся индивидуально, подхватываются и развиваются на средних курсах (желательно в комплексном контакте и совместных защитах IT-работ с «инженерными соавторами» из параллельных групп, кафедр и фирм). И уж после этого рассматриваются: постановка выпускных работ, публикации статей-докладов и научный IT-рост в соответствии с успехами и амбициями выпускника в строительных вузах, проектных и научных фирмах.

Можно выделить, например, такие 8 **этапов** (не курсов!) такого **«алгоритма взаимопомощи»** на примере **сближения** части студентов КН и ПГС:

I. Развитие творческой личности (алгоритм ТРТЛ), изобретательности (ТРИЗ). Обзор технологий **проектирования** (*архитектурные решения и МДФ, инженерное конструирование и МДК, расчеты на прочность, жесткость и колебания*). Этапы строительства и эксплуатации сооружений (в том числе сведения и иллюстрации о **суперсооружениях** типа небоскрёбов и мостов, видах *испытаний и диагностики*, - МДД). Изучение **IT-процессов** в строительной отрасли. Связи и посещения желательно **всех кафедр** вуза, смежных фирм и объектов с этими технологиями, начальные аналитические **оценки их уровня, моделирование**.

II. Обзорное изучение **вычислительных** сред, пакетов и программных комплексов (ПК) - их основного **назначения и возможностей** для решения *конкретных задач строительства*. Желательно при этом практическое освоение «входов и выходов», например, на отечественные **ПК ЛИРА и SCAD** – сначала только «рисование» геометрии сооружения, плоского и пространственного. Далее - освоение **MathCad, MathLab, Maple** – курсовые и лабораторные работы (например, с перепроверкой примеров методичек кафедр). На этом этапе один из удобных путей сближения с задачами **статики и динамики** – иллюстрировать на экране многие эффекты и задачи по **физике**: упругость конструкции; прогиб; вибрация; амплитуда **вынужденных** колебаний; частота *собственных* колебаний; логарифмический декремент **свободных** колебаний; случайные процессы; инфранизкие и иные частоты. Сравнивается **влияние статики и динамики** на конструкции (изгиб, срез, разрушающий резонанс, но - резонансные машины), на человека (основы виброэкологии), на прецизионное оборудование.

III. Освоение важности понятий **кинематического** анализа (СОС, СНС, ГНС, ГИС, МИС) и статических расчетов: алгоритм расчета СОС с определением нормальных (и других) **напряжений** и прогибов балок и рам с простыми сечениями. Отличия расчета **ферм, арок, башен, мостов**. Математическая и физическая **суть методов** сил, перемещений, конечных элементов. Моделирование канонических **уравнений** этих методов и **численное решение** простых примеров сооружений при сравнении с ПК. Элементы «исследования **влияния**» основных размеров и нагрузок на напряжения, перемещения (**графики, анализ**).

IV. Следует не только изучать опыт **лучших вузов мира**, но и работать вместе со студентами над **своими know-how**. Например, для наглядности сложных разделов курсов строительной **механики, теории колебаний, испытаний** сооружений, **метрологии** можно (и нужно!) строить со студентами небольшие **модели, макеты** сооружений и их элементов из дерева, дранки, макарон, спичек, игрушечных «конструкторов», а также вырезать-склеивать и параллельно рассчитывать конструкции

из пластмассы и т.п. При этом преподаватели-судьи проводят конкурс бригад на лучший результат по близости **аналитических** и **опытных** результатов с оценкой качества **компьютерного** моделирования, алгоритма расчетов и грамотно проведенных безопасных испытаний в хорошо оснащённой **лаборатории** (примеры см. на сайтах зарубежных **политехнических** и строительных вузов).

V. **Итоги изучения основ статики** для **бакалаврата** по КН. Уравнения **статического равновесия** всего сооружения и его части. Сведение задачи к решению системы **линейных алгебраических** уравнений (поиск неизвестных реакций и усилий). На примере **ферм с шарнирными узлами на ПК** и в разных вычислительных средах провести **сравнение** трёх расчетов балки, рамы и фермы: 1-вручную, 2-на ПК (с применением **МКЭ**), 3-по системе линейных уравнений (с применением **MathCad**, языков программирования).

VI. С VI этапа может начинаться **на более высоком (магистерском) уровне** существенный уклон в изучение и приборно-аппаратное освоение, например, **основ современной динамики сооружений**, машин и процессов (на базе теории колебаний, натуральных и лабораторных **испытаний**, виброизмерений, обработки виброграмм). Анализ видов и причин динамических **нагрузок**, их измерение и **ввод в компьютерные динамические модели**. **Взаимодействие** конструкций **сооружений** и **транспортных средств**, влияние неравножестких покрытий **дорог**, воздушных, пешеходных и других **потоков и волн**. Прямая и обратная форма записи **дифференциальных уравнений движения** механических систем. Одна (осциллятор) и несколько (**n**) динамических степеней свободы. ЧСС (**n**) и вид АЧХ. Программирование задач линейных и **нелинейных** колебаний осциллятора с применением **динамического гасителя, поглотителя и корректора колебаний** (системы дифференциальных уравнений 2-го порядка с постоянными и переменными коэффициентами). Виды трения и условия неколебательных процессов. Графические и аналитические представления всех сил в процессе колебаний. Моделирование колебаний «невесомой балки с сосредоточенной массой» во **временной** области. Исследование принципа создания, возможностей расширения и пределов применимости стандарта **ISO** по **высотным** зданиям с прямоугольным планом. Колебания **мостов** разных схем с **движением колонн** колесной техники. Колебания длиннобазных **платформ** с грузами. Учет **скорости** движения, неровностей пути. (Перечисленные здесь задачи этапа в упрощенном виде в дальнейшем могут совершенствоваться, их постановка – и диссертательна, и актуальна!).

VII. На VII этапе повышается уровень комплексных знаний, например, в **магистратуре** - с углублённым изучением **компьютерной динамики и виброизмерений**. Выполняются курсовые работы,

НИР, статьи и доклады на научных конференциях. Проводится **патентный** поиск и подаётся заявка на какой-либо комплекс измерений и обработки случайных процессов, мониторинга, на новую стабилизирующую конструкцию и её расчет. Делается аналитический обзор конструкций, моделей, методик расчетов и проверочных испытаний (части курсовой работы, опубликованные в статьях и докладах, в дальнейшем включаются в магистерскую работу). **Комплексное** исследование НДС объекта (статика и динамика) при помощи различных вычислительных средств. Конструирование узлов и вычерчивание в **AutoCad** схем сооружений, плакатов, эпюр. Например, - развитие новаций по схемам **многоэтажных** сейсмостойких зданий с целью снижения уровней статических и динамических напряжений и перемещений, ускорений объекта.

**VIII. Программирование** (этап для аспирантов и соискателей степеней **кандидатов** и **докторов** наук), например, разработанного в ПГАСА нового **метода учета нелинейных свойств элементов и конструкций - МНСЭК**. Участие в **патентовании** и коммерческом продвижении метода и **пакета программ** (ПП МНСЭК) в передовые фирмы разработчиков. Анализ **ошибок** из-за применения линейной алгебры и МКЭ в алгоритмах **ПК**: ЛИРА и SCAD, а при лицензионной доступности алгоритма и демо-версий – SAP-2000, ANSYS, NASTRAN, COSMOS, ABAQUS и др. В частности, - при динамических расчетах разных сооружений с **непропорциональным трением, нелинейностями** (десятки их видов собраны в 4 основные группы: геометрические, физические, конструкционные, генетические), разрывами связей, при подвижных **потоках** и др. Примеры исследований типа «Стабилизация небоскрёбов при помощи активной **ветро- и сейсмо-защиты**» (обзор, патент), «Рациональные параметры **нелинейной подвески** легкового, грузового, рельсового экипажей (при их движении по гибкому мосту, ленте). Внедрение результатов в хоздоговора, **гранты**, патенты, модели, узлы и устройства и т.п. Решение проблем **полужестких** узлов, активных поглотителей, управляющих систем с применением теории автоматического управления (ТАУ) и т.п. Создание **индивидуальных программ** статико-динамического расчета нелинейных каркасных сооружений. Проблема использования **динамической паспортизации** для поиска дефектов и **повреждений** конструкций. Испытания в **лабораторных** условиях. Создание алгоритма, моделей и приборов для обследования, расчетов и обнаружения дефектов. Пути и алгоритмы развития **прямых динамических расчетов**. Создание **учебных алгоритмов и программ по демонстрации** с помощью компьютерных средств сложных НДС в статике и динамике сооружений (вплоть до участия в создании и внедрении **виртуальных Лабораторий Динамики**). Модели и **макеты** (компьютерные и

масштабные физические) средств снижения колебаний объекта. Решение задач **сейсмозащиты** сооружений. **Виброэкологическая** оценка зданий, смежных с дорогой, и **плавность хода** средств транспорта при его взаимодействии с сооружением.

#### Научная новизна и практическая значимость

По-видимому, впервые предложена система **междисциплинарного** взаимно обогащающего обучения с применением новых педагогических и инженерных приёмов - на примере **комплексного параллельного** взаимодействия в строительном вузе студентов (и преподавателей) инженерной специальности ПГС и изучающих компьютерные науки КН. Практическая ценность видна на примерах конкретных задач современного строительства и эксплуатации сооружений, в которых остро необходимо участие специалистов ИТ-технологий.

#### Выводы

1. В настоящее время намного быстрее развиваются прикладные задачи строительства (организация, механизация работ, материалы, отделка и т.п.), чем разработки с уточняющими новациями, основанные на фундаментальных достижениях строительной науки и ИТ-технологий. Особенно отстают многие задачи динамики и само приборное применение динамических характеристик к оценке качества жизни человека в зданиях, к определению технического состояния и диагностике остаточного ресурса конструкций и сооружений. В работе показана **острая необходимость сближения инженерно-строительных и ИТ-специалистов** (разработчиков и пользователей ПО, программистов и конструкторов приборов и «сигнальных маяков», математиков и испытателей, сейсмологов, связистов и служб МЧС) в строительном вузе и отрасли.

2. На конкретных примерах и алгоритмах даются рекомендации по усилению профессиональной строительной части дисциплин для КН. Такая постановка конкретных задач даст возможность *не плодить слабых программистов* в строительном вузе, а **создавать сильных специалистов** прикладных компьютерных наук (ПКН) для строительства.

3. Изложенное в статье позволяет в заключение дать для примера несколько предложений по конкретным задачам и ориентировочным названиям **«строительных специализаций КН» - специально обученных в строительном вузе «компьютерных помощников»:**

✓ у **ученых**, создающих новые варианты зданий, сооружений и машин с компьютерным моделированием сложных нелинейных научных задач механики, - *«Пользователь и разработчик индивидуальных программ и вычислительных строительных пакетов»;*

- ✓ у продвинутых **расчетчиков**, осваивающих в проектной практике новые алгоритмы современных лицензированных и демо-версий ПК, - «*Пользователь современными САПР, вычислительными комплексами и строительно-ориентированными средами*»;
- ✓ у **конструкторов**-проектировщиков новых схем защит сооружений от внешних воздействий – «*Разработчик схем безопасных конструкций зданий, сооружений и машин*»;
- ✓ у **конструкторов** КБ заводов-изготовителей (например, стальных или композитных конструкций) новых схем и комбинаций материалов – «*Разработчик схем изготовления и испытаний изделий и элементов*»;
- ✓ у **прорабов** на стройке и инженеров **строиндустрии** – «*Разработчик графиков работ строительных фирм*» (от ПОР подготовки и монтажа, до отделки и последующих реконструкций и ремонтов);
- ✓ у **испытателей** с приборами и анализаторами спектров и виброграмм (на объекте и в лабораториях), с динамическими паспортами; с передачей по мобильной связи сигналов от датчиков на обследуемых точках

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Информатика. Інформаційні технології в будівництві. Системи автоматизованого проектування: Підручник / В. А. Баженов, Е. З. Криксунов, А. В. Перельмутер, О. В. Шишов. – Київ : Каравела, 2008. – 360 с.  
Bazhenov V.A., Kriksunov E.Z., Perelmutter A.V., Shishov O.V. *Informatyka. Informatsiyni tekhnologii v budivnytstvi. Systemy avtomatizovanogo projektuvannia: Pidruchnyk* [Computer Science. Information technologies in construction. CAD: Textbook] – Kyiv: Karavela Publ., 2008. – 360 p.
2. Баженов, В. А. Будівельна механіка. Комп'ютерні технології: Підручник / В. А. Баженов, А. В. Перельмутер, О. В. Шишов - Київ: Каравела, 2009.–696 с.  
Bazhenov V.A., Perelmutter A.V., Shishov O.V. *Budivselna mekhanika. Komp'uterni tekhnologii: Pidruchnyk* [Structural Mechanics. Computer Technology: Manual] Kyiv: Karavela Publ., 2009. – 696 p.
3. Вибрации в технике: Справочник: В 6-ти т. Т. 6. 2-е изд. Защита от вибрации и ударов. – М.: Машиностроение, 1995. – 456 с.  
*Vibratii v tekhnike: Spravochnik: V 6-ti t. T. 6. 2-e izd. Zashchita ot vibratii i udarov* [Vibration technique: Manual: The 6 t. T. 6. 2nd ed. Protection from vibration and shocks] – Moscow, Mashinostroenie Publ., 1995. 456 p.
4. Городецкий, А. С. Компьютерные модели конструкций / А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров – К.: Факт, 2007. – 394 с.  
Gorodezkiy A.S., Evzerov I.D. *Compyuternye modeli konstruksiy* [Computer models of designs] – Kyiv: Fakt Publ., 2007. 394 p.
5. Гуляев, В. И. Прикладные задачи теории нелинейных колебаний механических систем / В. И. Гуляев, В. А. Баженов, С. Л. Попов – М.: Высш. шк., 1989. – 383 с.  
Gulyaev V.I., Bazhenov V.A., Popov S.L. *Prikladnye zadachi teorii nelineynykh kolebaniy mekhanicheskikh sistem*

сооружения - на контрольный сайт (при мониторинге НДС и анализе аварийности) – «*Разработчик программ проведения и обработки результатов динамических испытаний зданий, сооружений и машин, а также схем вибродинамического мониторинга и паспортизации*»;

✓ у **эксплуатационников**, работающих с базами данных строительного конструктива и операций с ними в регионе, - «*Оператор хранения, обновления и контроля баз данных строительных объектов*» (архив проекта с расчетными моделями и графиком обследований; вся исполнительная документация по реконструкциям, ремонтам, паспортам и мониторингу технического состояния).

4. По-видимому, многие рекомендации данной работы частично применимы и для **политехнических** вузов. Например, - при создании **кафедр** типа «Динамики, сейсмостойкости и защиты конструкций от вибрации», а также различных стационарных и передвижных «**Лабораторий** теории колебаний, испытаний, диагностики и предупреждения аварий сооружений и машин».

[Applications of the theory of nonlinear oscillations of mechanical systems]. – Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1989. 383 p.

6. Дьяконов, В. П. Справочник по алгоритмам и программам на языке бейсик для персональных ЭВМ / В. П. Дьяконов. - М.: Наука. 1987. – 240 с.

Diakonov V.P. *Spravochnik po algoritmam i programam na yazyke beisik dlya personalnykh EVM* [Handbook of algorithms and programs in the language BASIC for the personal computer]. Moscow, Nauka Publ., 1987. 240 p.

7. Ершова, Н. М. Прикладное динамическое программирование: Монография / Н. М. Ершова. – Д.: ПГАСА, 2013. -354 с.

Ershova, N.M. *Prikladnoe dinamicheskoe programmirovaniye: monografiya* [Applied dynamic programming: Monograph]. – Dnipropetrovsk, Pridneprovskaia derzhavnaia akademiia budivnitstva ta arkhitektury Publ., 2013. 354 p.

8. Казакевич, М. И. Введение в виброэкологию зданий и сооружений / М. И. Казакевич, В.В. Кулябко. – Д.: ПГАСА, 1996. - 200 с.

Kazakevitch M.I., Kulyabko V.V. *Vvedenie v vibroekologiyu zdaniy i sooruzheniy* [Introduction to the vibration environment of buildings and structures]. – Dnipropetrovsk: Pridneprovskaia derzhavnaia akademiia budivnitstva ta arkhitektury Publ., 1996. 200 p.

9. Кулябко, В. В. Динамика конструкций, зданий и сооружений / В.В. Кулябко. – Запорожье, ЗГИА, 2005. – 232 с.

Kulyabko V.V. *Dinamika konstruksiy, zdaniy i sooruzheniy* [Dynamics of structures, buildings and structures]. – Zaporozhye, Zaporozhskaya Gosudarstvennaya Inzhenernaya Akademiya Publ., 2005. 232 p.

10. Кулябко, В. В. Динамика сооружений – прошлое, настоящее и будущее (часть 1). / В.В. Кулябко. - Германия: LAP – Lambert Academic Publishing. 2014. – 163 с.

Kulyabko V.V. *Dinamika sooruzheniy – proshloe, nastoyashchee i budushchee (chast 1)* [The dynamics of



structures - past, present and future (part 1)]. - Germany, LAP – Lambert Academic Publishing. 2014. 163 p.

11. Кулябко, В. В. Проблемы защиты сооружений от динамических воздействий и о необходимости расширения сотрудничества в области динамики / В. В. Кулябко - Будів. К-ції: Будівництво в сейсмічних районах України. Київ. НДІБК. 2015. Вип. 82. – с.328-334.

Kulyabko V.V. *Problemy zashchity sooruzheniy ot dinamicheskikh vozdeistviy i o neobkhodimosti rasshireniya sotrudnichestva v oblasti dinamiki* [Problems of protection of structures against dynamic effects and the need for enhanced cooperation in the field of dynamics]. - Budiv. K-zii: Budivnytstvo v seismichnukh raionakh Ukrainy. Kyiv. Naukovo-doslidnyi Institut Budivelnykh Konstruktsiy. 2015. issue 82. p.328-334.

12. Развитие и внедрение альтернативных расчетных моделей и методов в задачах динамики сооружений / В. В. Кулябко, В. Н. Кущенко, А. Е. Нечитайло, Д. С. Ярошенко, А.В. Макаров, А. В. Масловский. - Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов. Вып. 78. – Д.: ГВУЗ ПГАСА, 2014. - С. 143-149.

Kulyabko V.V., Kushchenko V.N., Nechitailo A.E., Yaroshenko D.S., Makarov A.V., Maslovskiy A.V. *Razvitie i vnedrenie alternativnykh raschetnykh modeley i metodov v zadachakh dinamiki sooruzheniy* [Development and introduction of alternative settlement models and methods in problems of structural dynamics]. - *Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Building, Material Science, Mechanical Engineering], Dnipropetrovsk, Pridneprovskaia derzhavnaia akademiia budivnitstva ta arkhitektury Publ., issue 78, 2014. pp. 143-149.

13. Лантух-Лященко, А. И. ЛИРА. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций. – Уч. Пособие / А. И. Лантух-Лященко. - Киев - М.: 2001. – 312 с.

Lantukh-Liashchenko A.I. *LIRA. Programmnyy kompleks dlya rascheta i proektirovaniya konstruktsiy.* – *Uch. posobie.* [LIRA. The program complex for calculation and design of structures. - Manual] – Kyiv – Moscow, 2001. 312 p.

14. Поляков, Д. Б. Программирование в среде Турбо Паскаль (версия 5.5)/ Д. Б. Поляков, И. Ю. Круглов. – М.: Изд-во МАИ, 1992. – 576 с.

Polyakov D.B., Kruglov I.J. *Programmirovaniye v srede Turbo Pascal (versiya 5.5): sprav.-metod. posob.* [Programming in Turbo Pascal (version 5.5)] – Moscow, Moskovskiy Aviatsionnyy Institut Publ., 1992. 576 p.

15. Тимошенко, С. П. Колебания в инженерном деле / С. П. Тимошенко, Д. Х. Янг, У. Уивер. – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.

Timoshenko S., Young D.H., Weaver W. *Kolebaniya v inzhenernom dele* [Vibration problems in engineering]. – Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985. 472 p.

16. Форсайт, Дж. Машинные методы математических вычислений / Дж. Форсайт, М. Малькольм, К. Моулер. – М.: Мир, 1980. – 380 с.

Forsythe G.E., Malcolm M.A., Moler C.B. *Mashinnye metody matematicheskikh vychisleniy* [Computer methods for mathematical computations]. Moscow, Mir Publ., 1980. 380 p.

17. Шуп, Т. Решение инженерных задач на ЭВМ: Практическое руководство / Т. Шуп. – М.: – Мир, 1982. – 238 с.

Shoup T. *Reshenie inzhenernykh zadach na EVM* [A practical guide to computer methods for engineers]. Moscow, Mir Publ., 1982. 238 p.