

В. В. КУЛЯБКО (Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, Днепрпетровск)

## ТРАКТАТ О РАЗВИТИИ НАУЧНО-ЛАБОРАТОРНОЙ БАЗЫ И РАЗРАБОТКЕ СПЕЦКУРСОВ ПО ДИНАМИКЕ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В статье предлагаются к обсуждению два направления совершенствования способов обучения и исследований динамики сооружений (и, в частности, – мостов). Первое – развитие экспериментально-лабораторных методов испытаний конструкций. Второе – создание спецкурсов – как современной формы изучения динамики мостов, зданий, машин и процессов.

*Ключевые слова:* динамика сооружений; колебания и испытания конструкций, зданий, мостов; образование

«Как хочется, пока живешь на свете,  
Наслушаться прибоя и скворцов,  
**Настроить фантастических дворцов  
И ... не бояться быть за них в ответе!»**

*Из песни Александра Дольского*

### Введение

На прошлой конференции по мостам (в частности, в работе [1]) рассматривались теоретически-расчетные проблемы механики и некоторые их решения, связанные с нелинейным статико-динамическим взаимодействием трех инерционных сред: I – конструкций моста и прилегающих сооружений; II – грунтового основания; III – подвижной нагрузки. В докладе было показано как бы развитие и продолжение некоторых идей 30–40-летней давности [2–6] лучших научных школ ДИИТа применительно к разнообразным видам сооружений и к сложным задачам динамики конструкций. Было начато обсуждение и новых, уже XXI века [7–14], процессов проектирования и эксплуатации сооружений (обращалось внимание на возможные ошибки программных комплексов, использующих в динамических расчетах сложно-составных нелинейных систем метод конечных элементов, на вопросы натуральных испытаний, динамической диагностики и повышения эффективности эксплуатации мостов за счет снижения уровня колебаний всех подсистем и сред).

Настоящая статья, названная «трактатом» из-за характера её «полюемически заостренного» и дискуссионного содержания (<http://ru.wikipedia.org>), посвящена поиску новых технических возможностей в комплексе современной теоретической и эксперименталь-

«...Пусть падение других послужит для вас предупреждением и примером. А главное – не полагайтесь на самих себя; **самоуверенность** – вернейший признак тяжелой **болезни**».

*Вальтер Скотт*

ной динамики сооружений и обсуждению, в связи с этим, целесообразных способов и направлений в улучшении содержания и организации базового и непрерывного образования инженеров, связанных с решением текущих и перспективных проблем проектирования и безаварийной эксплуатации мостов и других сооружений при динамических нагрузках.

Авторы различных художественных произведений различных эпох, например, инженер-изыскатель и строитель железных дорог Н. Г. Гарин-Михайловский в конце XIX века (испытывал восторг от инженерного творчества, ответственности перед обществом!) и, спустя 100 лет, М. М. Жванецкий (писал: «Ну, образования у меня – никакого. Т. е. – высшее техническое»), совершенно по-разному описывали проблемы и успехи высшего технического образования. И сегодня, через два десятка лет, к сожалению, в Украине можно наблюдать элементы потери «устойчивости развития» образования, строительства, общества.

Чем же можно помочь студентам, бакалаврам, магистрам, аспирантам, а также и инженерам, архитекторам, строителям и эксплуатационникам мостов и сооружений инфраструктуры? Рассмотрим последовательно упомянутые два аспекта – целевое улучшение научно-лабораторной экспериментальной базы и развитие соответствующей образовательной системы спецкурсов.

### **Эксперимент в динамике помогает узнать точнее все нагрузки, понять и проверить результаты расчетов (он «решает все»)**

О пользе и наглядности экспериментального изучения сложных явлений динамики сооружений говорили многие ученые и педагоги. Например, профессор Лондонского университета Р. Бишоп, читая рождественские лекции по колебаниям в Королевском институте за цикл курса 7,5 часов просил своих помощников показывать необходимые опыты и иллюстрации в среднем каждые две минуты – значит, «портфель опытов цикла» содержал две сотни иллюстраций и экспериментов! Аналогичны и выводы психологов и педагогов о полезности получения физических явлений и величин разными путями, в особенности, – разными опытными проверками.

В последние десятилетия мощное развитие компьютерной техники привело к тому, что современный инженер в некоторых задачах может (и, к сожалению, – хочет) скорее смоделировать опыт в виртуально-математическом пространстве, чем сделать натурный опыт, либо построить физическую масштабную модель, динамически подобную и адекватную задаче. Тем не менее, в ближайшее время возможно появление нормативных требований (например, при создании новых типов сооружений, узлов, методов) о подтверждениях результатов теоретических расчетов – экспериментальными проверками (подобные требования необходимости дублирования расчетов на двух разных программных комплексах, двумя разными организациями уже появляются в СНГ).

Какие виды «экспериментов» может сегодня поставить исследователь:

1) на компьютерных моделях, применяя, например, знакомый ему программный комплекс (ПК) или вспомогательную среду (MathLab, MathCAD и т.п.);

2) на масштабных (физических) моделях или макетах в учебной или научно-исследовательской лаборатории вуза, НИИ, фирмы;

3) в экспериментальном цеху на предприятии-изготовителе конструкций, элементов, узлов;

4) наконец, полномасштабный эксперимент может быть проведен в условиях натурной эксплуатации сооружения, либо в специальных условиях, приближенных к какому-то сочетанию условий или нагрузок (например, в сочетании динамических испытаний моста и

ходовых испытаний новой транспортной техники).

Но, совершенно очевидно, что исследователь и вся бригада испытателей (механиков, измерителей, программистов) при этом должны иметь оборудование и навыки работы с силовыми возбудителями, с виброизмерительной и обрабатывающей (записанные сигналы) аппаратурой. Автор много лет участвовал в создании новых видов подвижного состава с удлиненной базой (специализированная контейнерная и универсальная платформы, вагоны для перевозки сыпучих грузов) – расчеты, ходовые испытания, – в т.ч. с повышенными скоростями (до 250 км/ч – при испытаниях скоростного вагона-лаборатории с реактивной тягой в 70-х годах), проводил динамические испытания зданий и сооружений, моделей узлов конструкций, ракетной техники и т.п. Идеи и накопленный опыт были им воплощены в учебных курсах и пособиях ПГАСА (созданы стенды и оборудование для научных целей и десятка учебных лабораторных работ), ДонНАСА (здесь автор является научным руководителем созданной Лаборатории динамики строительных конструкций), Варшавской Политехники (созданы по аналогии с лабораторией ПГАСА стенды для исследований динамики, а обширная работа [12] по теме была разослана издателем, Польской академией наук, во все столицы европейских стран).

Нет сомнения в том, что для совершенствования образования (как базового, так и непрерывного) современного специалиста по проектированию и эксплуатации мостов, сооружений инфраструктуры, а также конструкций вагонов, локомотивов и иной транспортной техники, а также для ведения постоянной динамической диагностики технического состояния таких объектов целесообразно создание отраслевой сети Лабораторий Динамики со специфическим измерительным и компьютерным обеспечением и регулярным централизованным переоснащением.

Такие лаборатории можно использовать не только при подготовке и переподготовке конструктора, расчетчика, ученого, экспериментатора-испытателя, но и для конкурентного участия в совместных с зарубежными фирмами проектах конкретных мостов и сооружений, в работе Технических Комитетов по разработке международных стандартов ISO, в процессе освоения новой техники и конструкций.

Очевидно, что качество инженерного образования, интерес молодежи и конкурентность в

отрасли при наличии описанных лабораторий существенно возрастут, если к работе в них привлекать не только инженеров отрасли, но и преподавателей первых курсов вузов, учителей и активную любознательную молодежь школ и лицеев. В этой любознательной среде на базе изучения физических явлений и конструкций следует всячески поощрять молодые таланты, дерзкие и грамотные новые идеи, давать возможности пробной реализации предложений изобретателей (автор вел подобный творческий молодежный кружок на взаимном энтузиазме более 30 лет, передавая энергию и прочные знания практических основ динамики двум-трём сотням учащихся).

Например, мосты – это одно из наиболее романтических инженерных созданий (в одном ряду с небоскребами, космическими аппаратами и сложными технократическими современными компьютерными играми). Если зайти в любую школу в пятый класс, нарисовать на доске два высоких обрывистых берега реки и спросить у ребят, какую они предлагают сделать переправу, то «мозговой штурм» может затянуться на несколько часов, и никто из его участников ни разу не зевнет! И этот уровень технической любознательности и жажды действия «своими руками» надо не потерять в вузе, подхватив его на 1-м курсе с 1-го сентября. Такое «яростно-настоящее» профессиональное образование «взахлёб», с развитием и удовлетворением собственного любопытства учащихся (конечно, параллельно с освоением необходимого объема знаний, но нанизываемых на этот стержень) и должно быть в вузе: бакалаврате, магистратуре (желательно двухлетней), аспирантуре.

Особое внимание в обучении на лабораторных компьютерах, испытательных стендах и приборах следует уделять исследованиям не только понятных, но и сложных явлений (например, таких, как уточнение динамических нагрузок и диссипативных свойств конструкций и подсистем). А во время проведения лабораторных работ следует проверять результат на разных моделях или макетах (от простого – к сложному) при обязательном его сравнении с компьютерными расчетами параметров движения (напряжений, перемещений, ускорений и т.п.). Такая регулярная, по типу европейских фирм и университетов, официальная переподготовка – на моделях лабораторий и во время экскурсий на новаторские стройки и объекты – может заканчиваться переаттестацией всех инженерно-технических работников, которые,

например, каждые 5–10 лет могут сдавать серьёзный критический отчет с аналитическим обзором и предложений для своей фирмы о мировой практике и тенденциях – с защитой работы и повышением квалификационного уровня.

Как же создать и затем реализовать Проект специализированных Лабораторий Динамики конструкций (ЛДК) зданий, сооружений (в т.ч. мостов), машин или процессов – для предприятий, университетов и других организаций. Перечислим задачи и модели ЛДК сначала в терминах расчетно-теоретических дисциплин (табл. 1), а затем – конструкторско-производственных (табл. 2), где рассмотрим более связанные с конструкторскими и научными терминами задачи современной динамики конструкций зданий и сооружений, реализация которых возможна в ЛДК.

#### **Спецкурсы по динамике различных конструкций и сооружений, читаемые студентам и инженерам-мостостроителям на перспективной учебно-научной лабораторной базе**

Данные рекомендации разработаны, во-первых, для «уплотнения» учебного процесса стационара профессиональными спецкурсами (можно надеяться на то, что даже при расположении их в группе дисциплин «по выбору студента», интуиция будущего специалиста не даст осечку!). Во-вторых, здесь имеется большой выбор для научных работников (уровня соискателей и аспирантов – им просто необходимо «питаться» материалами самых современных международных научных конференций) и для практиков-инженеров различных организаций вспомогательного звена (спецкурсы для этого звена всегда полезны для обеих сторон: слушателей и преподавателей).

Перечислим ниже сначала для основных инженерно-строительных и мостостроительных специальностей несколько тем-названий спецкурсов, указав в скобках для некоторых тем возможные типы практических занятий или курсовых задач:

1) Динамические расчеты и рациональное конструирование протяженных мостов и трубопроводов.

2) Динамические расчеты и конструирование большепролетных покрытий зданий и сооружений (стадионов, выставочных залов, депо, ангаров и т.п.).

3) Динамические расчеты и конструирование башен и мачт, воздушных линий и опор ЛЭП, канатных дорог и т.п.

4) Динамические расчеты и конструирование высотных каркасных зданий (сопоставление требований норм ДБН, РФ, ISO).

(В темах 1–4 желательно выполнение слушателями по индивидуальным заданиям эскизного проекта с анализом собственных и вынужденных колебаний по упрощенным динамическим моделям).

5) Анализ специальных динамических воздействий на мостовые сооружения и инфраструктуру: ветер, сейсмика, взрывы и теракты, транспортные и пешеходные нагрузки.

6) Компьютерное моделирование статико-динамического взаимодействия сооружений с неоднородным основанием и с подвижными нагрузками.

7) Особенности расчетов специальных инженерных сооружений на динамические нагрузки.

(В темах 5–7 желательно выполнение сравнительных динамических расчетов вынужденных колебаний по упрощенным динамическим моделям: одно сооружение принимается за основу, остальные параметры задач варьируются).

8) Конструкции и параметры устройств и узлов, демпфирующих колебания зданий или мостовых сооружений. (Патентный поиск по теме и разработка своего устройства – эскизный проект и расчет).

Таблица 1

**Предполагаемые типы расчетных схем конструкций для разработки физических (масштабных) и компьютерных моделей и макетов**

№ п/п	Типы конструкций	Варианты объектов и моделей
1	Балки и рамы статически определимые и неопределимые (неразрезные и др.): мостовые переходы балочного типа; несущие балки рам каркасов зданий и сооружений; кузовов вагонов и др. колесной техники; а также грохоты и виброплощадки; технологические машины горно-металлургического комплекса; перекрытия и покрытия (мостов, площадок, зданий) и др.	Однопролетные балки и рамы
2		Многопролетные
3		Стальные
4		Железобетонные
5		Композитные (из стали, бетона, дерева, пластмасс)
6		С переменными массами (погонными, сосредоточенными)
7		С изменяемыми жесткостями (изгибной, продольной, на сдвиг, кручение и др.) и сечениями балок, рам, узлов; с изменением пролетов и др.
8	Рамы статически определимые и неопределимые этажерок, копров, эстакад, зданий, сооружений и машин (материалы и конструкции см. варианты в строках 1...7)	Плоские, пространственные
9		Одноэтажные (одно- и многопролетные)
10		Многоэтажные (5, 10, 30, 50 этажей) каркасы зданий
11	Узлы, соединения и демпфирующие устройства (в т.ч. связи, диафрагмы, соединения на высокопрочных болтах и др., см. строки 1...10)	Жесткие или шарнирные узлы
12		Полужесткие («semi-rigid») узлы
13		С реализацией сил (демпферов) вязкого трения
14		С силами сухого трения разных видов
15		С применением корректоров, поглотителей, ударных и динамических гасителей колебаний
16	Фермы, арки, своды, оболочки, структуры и др.	Сопоставление расчетных схем с шарнирными и жесткими узлами, а также см. вар.1...15
17	Сборные конструкции, «временки», павильоны тентовой архитектуры	Временные, сборно-разборные, трансформируемые объекты
18	Висячие, вантовые, мембранные системы: мосты, покрытия зданий, стадионов	Стальные нити (ванты, канаты, тросы) – абсолютно гибкие, конечной жесткости и др.

**Виды учебных и научно-практических задач динамики конструкций для разработки физических макетов и компьютерных моделей ЛДК**

№ п/п	Виды задач динамики	Особенности приложений
1	Оценка и исследование линейных систем и их статико-динамического напряженно-деформированного состояния (НДС). Пути измерения и вычисления основных «выходных» параметров НДС конструкций: ускорение, скорость, перемещение, напряжения (нормальные, главные, эквивалентные). Построение графиков силовых и амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) при различном числе степеней свободы модели. Построение линий влияния усилий и перемещений при малых скоростях движения «подвижной нагрузки». Задачи виброэкологии.	Влияние на НДС сил тяжести
2		Динамические нагрузки на конструкции зданий и сооружения, их виды
3		Вредное влияние вибрации на человека, на приборы, на конструкции
4		Полезное применение вибрации, ударов и т.п. технологий. Вибродиагностика
5		В системах (моделях) с одной степенью свободы при вязком трении получение динамического коэффициента
6		Определение частот и построение форм собственных колебаний конструкций. Резонансы при вынужденных колебаниях
7		Демонстрация реальной работы составной системы с разным (по виду и уровню) трением в подсистемах
8	Исследование особенностей нелинейных систем и определение видов задач, для которых учет нелинейностей необходим (см. 1...5 в табл. 2). Особенности АЧХ для нелинейных систем, построение скелетных кривых и зон многозначных решений для «жестких» и «мягких» систем	Учет в задачах динамики геометрической нелинейности (стержни, нити)
9		Нелинейно-упругие системы и элементы (кубическая характеристика)
10		Нелинейно-диссипативные системы (сухое и комбинированное трение)
11		Виды конструкционных и генетических нелинейностей, зазоры, разрывы связей, упругие упоры
12		Демонстрация неприменимости принципа суперпозиции в нелинейных системах
13	Исследование различных сочетаний статико-динамического взаимодействия всех подсистем: конструкций различных носителей подвижных нагрузок; конструкций мостов, дорожных одежд, авто- и железнодорожного пути; грунтового основания	Моделирование колебаний несущей конструкции сооружения, машины
14		Моделирование колебаний моделей носителей подвижных нагрузок (АЧХ)
15		Моделирование взаимодействия систем 13 и 14
16		Колебания при ветровой, сейсмической, технологической, транспортной динамических нагрузках
17	Задачи выбора и оценки эффективности способов виброзащиты и виброизоляции рабочих мест, оборудования, конструкций (сооружений, дорог, машин). Разработка и применение защитных устройств отдельного и комплексного действия при защите от особых динамических нагрузок: ветра, сейсмике, работающего оборудования, террористических актов.	Частотная отстройка по спектрам частот собственных и вынужденных колебаний – изменение схем зданий, сооружений, их узлов, виброизоляторов, подвесок, упоров и т.п.
18		Работа связей (включающихся, выключающихся), скользящих поясов и др.
19		Установка виброизоляторов под машины с динамическими нагрузками
20		Работа макетов корректоров и поглотителей колебаний
21		Виды и эффективность динамических гасителей колебаний (ДГК)
22		Виды и эффективность ударных гасителей колебаний (УГК)

№ п/п	Виды задач динамики	Особенности приложений
23	Анализ и особенности поведения конструкций при землетрясениях, а также при «промышленной» и «городской» (транспортной) сейсмике	Устройства для сейсмозащиты. Статический, динамический и «экспериментальный» методы сейсморасчетов
24		Модели и параметры воздействий при сейсмике природной, промышленной и транспортной (городской)
25	Решение задач устойчивости конструкций теоретически (в том числе - динамическим методом) и экспериментально – опытным путем. Устойчивость 1 и 2-го рода. Устойчивость положения объекта: против опрокидывания и сдвига	Демонстрация определения критических статических нагрузок для сжатых конструкций динамическим методом (в эксперименте и на компьютерных моделях)
26		Исследование устойчивости движения методом А. М. Ляпунова
27	Исследование работы конструкций из разных материалов на выносливость. Анализ влияния на НДС и динамику конструкций различных концентраторов напряжений	Демонстрация работы конструкций на циклические нагрузки
28		Экспериментальная оценка коэффициентов концентрации напряжений в узлах объектов и поиск путей их снижения
29	Выбор силовозбудителей и технологической оснастки для динамических испытаний. Силовое и кинематическое воздействие. Удар, вибрация, колебания – нормирование и измерение уровней и доз. Случайные колебания и их характеристики. Сбор «входов» и пути их ввода в компьютерные и физические модели	Механические вибраторы с переменной частотой вращения
30		Электродинамические вибростенды
31		Калибровочные и тарировочные системы и устройства
32		Ударные стенды и устройства
33		Измерение параметров реакций и возмущений в натуральных условиях эксплуатации сооружений и схема аппаратурного задания воздействий в компьютерную модель объекта
34	Примеры применения интегральной динамической диагностики и динамической паспортизации и мониторинга технического состояния эксплуатируемых конструкций	Динамические испытания – как средство диагностики конструкций
35		Создание первичных и текущих паспортов: виброэкологических, технологических, сейсмодинамических и т.п.
36		Вибромониторинг технического состояния объекта и зонинг территории

9) Особенности современных компьютерных расчетов конструкций на различные нагрузки. Критика состояния, недостатки отечественных ПК. (Сравнительные динамические расчеты сооружения).

10) Обеспечение безопасности и сейсмостойкости сооружений в сейсмически опасных районах – пути сейсмозащиты. (Патентный поиск по теме и разработка своего способа с расчетом и эскизным проектом).

11) Динамическая, виброэкологическая, вибротехнологическая паспортизация сооружений и территорий. (По заданным условиям экс-

плуатации конкретного узла в сооружении составить паспорта и дать инженерные мероприятия по снижению вибрации).

12) Расчеты зданий и сооружений на промышленную и транспортно-городскую сейсмiku с конструированием сейсмозащитных фундаментов, корректоров и гасителей колебаний. (Эскиз-проект устройств).

13) Динамические расчеты зданий и сооружений на специальные воздействия: ветер, сейсмика, взрывы; работа оборудования с динамическими нагрузками. (Модели, уравнения,

сравнительные расчеты, обеспечение допустимых уровней вибрации).

14) Обследование и испытания конструкций. Динамическая диагностика, паспортизация и мониторинг состояния конструкций, зонинг территорий. (Мост, его модель, схема испытаний, паспорт).

15) Лабораторные динамические испытания моделей и узлов сооружений. (Проведение в лаборатории или цеху испытаний объекта с дальнейшей обработкой результатов в компьютерном классе).

16) Статические и динамические расчеты взаимодействия сооружений, покрытий автодорог и аэродромов с грунтовыми, свайными, шпунтовыми и другими основаниями и смесями; Примеры расчета дорожных одежд, оснований, покрытий аэродромов

17) Динамические расчеты и конструирование городских, пешеходных и автодорожных мостов и трубопроводных переходов. (Провести сравнение расчетов вариантов старинных и современных искусственных сооружений).

18) Динамические расчеты искусственных сооружений (мостов и труб) на дорогах, а также дорожных одежд, рельсо-шпальной решетки, аэродромных покрытий при ударных нагрузках. (Выполнить сравнительные расчеты для различных составов дорожных одежд, решетки на разные нагрузки – компьютерные расчеты и эскизные иллюстрации).

19) Обследование, испытания и контроль качества конструкций дорог и аэродромных покрытий.

20) Энергосберегающие технологии и динамика строительных смесей при их взаимодействии с вибрационными и ударными формовочными установками. (Компьютерный расчет, анализ и поиск рациональных режимов вибрации).

21) Статистическая динамика взаимодействия конструкций движущихся экипажей с дорогами и мостами. (Вычисление энергетических спектров напряжений и ускорений конструкций моста, экипажа и пути).

22) Прочность, устойчивость и колебания основных и вспомогательных конструкций, монтажных устройств и оснастки в технологии строительного производства. (Динамические расчеты траверс, подмостей, люлек мостов).

23) Паспортизация строительных сооружений, мониторинг их состояния, зонинг и картирование территорий с целью предотвращения (и системного предупреждения) аварий зданий и сооружений. (Оценка опасных и чрезвычай-

ных ситуаций, аварий и т.п. путем анализа данных динамических паспортов).

24) Введение в виброэкологию зданий и сооружений. Задачи по вибродозиметрии, виброзащите (практика виброизмерений в лабораторных и натуральных условиях).

25) Виброэкология сооружений, виброзащита человека, вибродозиметрия рабочих мест и виброизоляция оборудования. (Оценка режимов вибрации, комфорта и т.п. с измерениями в лабораторных и натуральных условиях на моделях физических и компьютерных).

Кроме того, существует также возможность разработки тем-спецкурсов, полезных для специальностей архитектурно-конструкторского (европейского) профиля:

26) Формообразование и прочностное конструирование с выявлением «наименее жестких элементов сооружения» с применением метода динамического формообразования (МДФ). (Работы по задачам Технических Комитетов ISO для различных сооружений, в т.ч. поиск оригинальных очертаний и параметров мостов).

27) Архитектура сейсмостойких зданий и сооружений (природная и городская сейсмика) – антисейсмические швы, планировки и параметры мостов и зданий. (Создание и освоение оригинальных компьютерно-архитектурных расчетов рациональных параметров сооружений).

28) Освоение тем №№ 22, 23–25 (см. выше) с реализацией их в архитектурно-конструкторском стиле по упрощенным алгоритмам.

При наличии в вузе или организации различных механических специальностей, изучающих динамику конструкций транспортной и другой техники (вагоны, автомобили, краны), а также триботехнику и вибропроцессы (виброплощадки, вибротолки, вибропогрузатели, манипуляторы, автоматизация управления процессами, материаловедение и т.п.), темы №№ 1–25 несколько видоизменяются из-за особенностей другого применения объекта, не меняя методической сути исследований динамики системы. В этих объектах повышается роль динамических нагрузок, их анализ, структура и моделирование (физическое, математическое, компьютерное). Свою специфику имеют задачи анализа аварийности, взаимодействия элементов машин с грунтовыми реологическими смесями, уплотнения смесей и других технологических процессов строительной индустрии и вибротехники. Не менее важны и здесь задачи динамических испытаний, вибро-

экологии, остаточного ресурса, паспортизации и диагностики, компьютерных тренажеров и т.п.

Очевидно, что почти все описанные темы спецкурсов могут применяться и развиваться в направлении проблем экологии и безопасности жизнедеятельности различных учебных и научных специальностей. Но базовыми для широкого развития здесь будут, конечно, темы №№ 23–25.

В заключение «трактата» подчеркнем, что, например, современное мостостроение можно разделить на временное (по заказу сельской общины), обычное (городское, надежное, «на 100 лет»), элитарное. Элитарными могут быть новые архитектурные формы моста (см. плохие примеры: Живописный мост в Москве с неработающим рестораном в замке арки; упавший в 2004 г. аквапарк в Ясенево с уникальной обложкой покрытия и неудачными по проекту двумя низшими формами собственных колебаний) и т.п. Новое здесь – технологии строительства и динамических испытаний, скрытое обеспечение системами непрерывного мониторинга с выводом и обработкой данных и оперативной связью с соответствующими подразделениями и отрядами ЧС.

В Украине в последнее время наблюдается определенная запутанность принципов дипломного и последипломного образования, переподготовки действующих инженеров-мостовиков. Очевидно, что надо поднять уровень приближения студента с первого курса к простым понятным операциям по созданию расчетов и конструированию моста, по управлению динамикой моста. Следует перераспределять внимание и знания студентов постоянно, не давать общеобразовательным кафедрам захватывать всё внимание студента «кажущейся важностью» их дисциплины. Да, они полезны, они развивают молодого человека, но многим преподавателям иногда не хватает мотивации к созданию будущих звёзд мостостроения типа А. Г. Эйфеля, И. П. Кулибина, Г. Б. Фукса, Н. Г. Бондаря, М. М. Корнеева, М. И. Казакевича.

К выводам в «трактате» предлагается дискуссия на тему «как при необходимости можно повысить квалификацию некоторых специалистов строительных отраслей» и когда возникает такая необходимость? В каких направлениях сегодня можно подкорректировать состав и стиль обучения и переподготовки, например, инженера-мостостроителя (проектировщика,

изыскателя, эксплуатационника)? Рекомендуются два рецепта:

1. Постоянно расширять и обновлять экспериментально-лабораторную учебно-научную базу (параллельно с альтернативными методами компьютерного моделирования) для повышения качества обучения, предвидения чрезвычайных ситуаций и предупреждения нерациональных решений с позиции динамики конструкций: прочности, комфорта, безаварийности.

2. Постоянно предоставлять студентам и инженерам возможность изучения спецкурсов о новых методиках и явлениях, о достижениях мировой науки в области динамики сооружений.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кулябко, В. В. Нелинейное взаимодействие конструкций мостов, пути, инфраструктуры – с основанием и инерционной дискретной подвижной нагрузкой общего вида: расчеты, испытания, гашение колебаний [Текст] / В. В. Кулябко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В.Лазаряна. – 2010. – Вип. 33. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С.146–149.
2. Лазарян, В. А. Теоретическое прогнозирование напряжений в конструкциях проектируемых экипажей / В. А. Лазарян, В. Ф. Ушкалов, В. В. Кулябко, А. К. Шерстюк // Некоторые задачи механики скоростного наземного транспорта. – К.: Наук. думка, 1974. – С. 101–110.
3. Бондарь, Н. Г. Нелинейные автономные задачи механики упругих систем / Н. Г. Бондарь. – К.: Будівельник, 1971. – 140 с.
4. Ушкалов, В. Ф. Случайные колебания механических систем при сухом и вязком трении [Текст] / В. Ф. Ушкалов // Нагруженность, колебания и прочность сложных механических систем. – К.: Наук. думка, 1977. – С. 16–23.
5. Кулябко, В. В. Моделирование колебаний длинноразмерной платформы при детерминированных и случайных возмущениях / В. В. Кулябко // Нагруженность, колебания и прочность сложных механических систем. – К.: Наук. думка, 1977. – С. 120–127.
6. Загора, А. Л., Гашение колебаний мостовых конструкций / А. Л. Загора, М. И. Казакевич, под ред. Н. Г. Бондаря. – М.: Транспорт, 1983. – 134 с.
7. Распопов, О. С. Автоматні та топологічні методи динамічного аналізу просторових стержневих систем [Текст]: дис... д-ра техн. наук: 05.23.17 / Распопов Олександр Сергійович. – Д.: 2009. – 38 с.
8. Кулябко, В. В. О расчете мостов и дорог на любые подвижные нагрузки с учетом инерционности, подрессоривания, торможения, разрыва свя-



- зей, переменных скоростей и интервалов движения [Текст] / В. В. Кулябко, А. В. Макаров // Дороги і мости: зб. наук. праць / ДерждорНДі – К.: 2008. – Вип. 9. – С. 129–140.
9. Кулябко, В. В. Методи динамічного формообрання (МДФ) мостов, конструювання (МДК) их нелінійних демпфуючих елементів і діагностики (МДД) технічного стану [Текст] // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: зб. наук. праць / Нац. трансп. ун-т. – К.: НТУ, 2006. – Вип. 73: Сучасні проблеми проектування будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення. – С. 195–199.
  10. Редченко, В. П. Особливості застосування спектрального аналізу при дослідженні коливань будівельних конструкцій [Текст] / В. П. Редченко. – Д.: Пороги, 2010. – 95 с.
  11. Кулябко, В. В. Особенности динамических расчетов пространственных конструкций [Текст]: учебн. пособ. по дисц. «Строительная механика (спекурс)» для студ. вузов стр-х спец-стей: Ч. 3: Избранные методы строительной механики в расчетах пространственных конструкций / В. В. Кулябко, под общ. ред. Мушанова В. Ф. – Макеевка. ДонНАСА. – 2006. – С. 214–274.
  12. Kulyabko, V. Laboratory of Dynamics and Diagnostics of Constructions [Текст] / V. Kulyabko, I. Davydov // Archive of Civil Engineering – Polish Academy of Sciences, Institute of Fundamental Technological Research. Vol. 49. – № 3/2003, Warsaw, – P. 245–320.
  13. Кулябко, В. В. О циклах алгоритмов разработки сейсмозащиты сооружений: нелинейные расчеты, конструирование, лабораторные и натурные испытания, паспортизация [Текст] / В. В. Кулябко // Будівельні конструкції: міжвідомч. зб. / Вип. 73: Будівництво в сейсмічних районах України. – 2010. –К.: НДІБК, 2010. – С.783–790.
  14. Кулябко, В. В. Динамика – и причина аварий сооружений, и путь их предупреждения [Текст] / В. В. Кулябко // Предотвращение аварий зданий и сооружений: сб. науч. тр. / РААСН, ВЕЛД – Вип. 9. – М., 2010. – С. 86–90.
- Поступила в редколлегию 03.07.2012.  
Принята к печати 17.07.2012.

В. В. КУЛЯБКО (Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Дніпропетровськ)

## ТРАКТАТ ПРО РОЗВИТОК НАУКОВО-ЛАБОРАТОРНОЇ БАЗИ ТА СТВОРЕННЯ СПЕЦКУРСІВ ПО ДИНАМІЦІ КОНСТРУКЦІЙ І СПОРУД

У статті пропонуються до обговорення два напрямки вдосконалювання способів навчання й досліджень динаміки споруд (і, зокрема, - мостів). Перше - розвиток експериментально-лабораторних методів випробувань конструкцій. Друге - створення спецкурсів - як сучасної форми вивчення динаміки мостів, будинків, машин і процесів.

*Ключові слова:* динаміка споруд; коливання й випробування конструкцій, будинків, мостів, освіта

V. V. KULYABKO (Prydneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnepropetrovsk)

## TRACT ON THE DEVELOPMENT OF RESEARCH AND LABORATORY BASIS AND CREATION OF SPECIAL COURSES ON DYNAMICS OF CONSTRUCTIONS AND STRUCTURES

This article proposes to discuss the two ways of improving methods of teaching and research of the dynamics (and, in particular - the bridges). The first - the development of experimental and laboratory methods for testing of constructions. The second - the creation of special courses - as a modern form of studying the dynamics of bridges, buildings, machines and processes.

*Keywords:* dynamics of structures; vibrations and testing of constructions, buildings, bridges; education