

## **ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ СООРУЖЕНИЙ ОТ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И О НЕОБХОДИМОСТИ РАСШИРЕНИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА В ОБЛАСТИ ДИНАМИКИ**

Кулябко В.В.

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства  
и архитектуры»

г. Днепропетровск, Украина

**АННОТАЦИЯ:** У статті розглядаються деякі причини відставання (і шляхи їх усунення) практичного проектування від можливостей сучасних комп'ютерних розрахунків споруд в тимчасовій області з урахуванням нелінійних динамічних характеристик споруд і демпфуючих пристроїв.

**АННОТАЦИЯ:** В статье рассматриваются некоторые причины отставания (и пути их устранения) практического проектирования от возможностей современных компьютерных расчетов сооружений во временной области с учетом нелинейных динамических характеристик сооружений и демпфирующих устройств.

**ABSTRACT:** The article discusses some reasons for the lag (and how to overcome them) practical design of the capabilities of modern computer calculations structures in the time history with account of nonlinear dynamic characteristics of structures and damping devices.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Сооружения, вычислительные комплексы, нелинейные колебания, гашение колебаний.

### **ВВЕДЕНИЕ О СОВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКЕ СООРУЖЕНИЙ И РАСЧЕТАХ НА СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ**

На сегодняшний день, в частности в Украине, по наблюдениям автора, неуклонно снижается **уровень базовых и специальных знаний** выпускаемых **вузами** инженеров-строителей по различным причинам, о наиболее важных из которых (связанных с управлением и образованием), и страной

не позволяет говорить нынешняя геополитическая ситуация. Здесь же, в среде специалистов, можно и полезно обсудить лишь некоторые чисто специфические профессиональные «несущественные» **причины «методического» характера.**

1) Например, - о *доверии* к вычислительным **программным комплексам** (ПК), о вариантах их абсолютной и относительной *пользы*, о возможных отрицательных последствиях постепенного изменения *крена в образовании и проектировании* на *кнопочное* «перепоручение» всех функций (и кажущейся ответственности!?) за анализ сооружения и за его расчеты на прочность, устойчивость и колебания.

Получение на дисплее компьютера «лёгким нажатием кнопок» каких-то «похожих на дом» красивых картинок завораживающе успокаивает и студента, и слабого инженера, и особенно магически - Заказчика (обычно он - «иног образования»). В связи с этим постепенно отодвигаются на дальние планы (и забываются) **фундаментальные** понятия инженера о кинематическом анализе сооружения как системы. О количестве его статических степеней свободы (я уже не говорю о выделении нескольких наиболее важных динамических - из миллиона других!), о геометрически (или мгновенно) изменяемых и неизменяемых системах. И, к сожалению, - совсем исчезают без применения (или они уже в вузах изначально и не появляются?) знания о статически определимых и неопределимых сооружениях и об алгоритмах классических методов статических и динамических расчетов.

Этот **крен в образовании** и в подходах к рабочему проектированию усугубляется ещё и такими наслоениями **в организации проектирования**, как требования (из-за недоверия и к организациям, и к ПК) делать расчеты ответственных сооружений двумя организациями, да ещё и на двух разных ПК...!?

Одну из причин такой ситуации неоднократно и одинаковыми словами называли основатели: и старейшего ПК из отечественных (ПК ЛИРА) - А.С. Городецкий, и среды Windows - Б. Гейтс: с самого утра они занимаются бизнесом, изучая продажи конкурентов! Для доказательства приведу здесь некоторые **цитаты Б. Гейтса:**

О **конкурентах:** Посещение **сайтов наших конкурентов** превратилось в неперемный **утренний ритуал**. Я и сейчас его соблюдаю. Один из ПК в моем кабинете используется специально для этой цели — он настроен на **циклический переход по ряду сайтов**, включая принадлежащие нашим конкурентам.

О **бизнесе:** Я боюсь потерпеть поражение. Это совершенно точно. Каждый день, когда я прихожу в этот офис, я спрашиваю себя: **Мы все еще хорошо работаем?** Опередил ли кто-нибудь нас? Действительно ли тот или иной продукт принимается хорошо? Что мы можем сделать еще для его усовершенствования. Лишь **крупные достижения** способны убедить

достаточное число людей, что усовершенствованные **версии стоят этих затрат**.

О *будущем*: Мы всегда переоцениваем изменения, которые произойдут в ближайшие два года, и **недооцениваем изменения следующих десяти лет**.

2) Полезно также обсудить на конференции, почему не применяются широко новые **колоссальные возможности** современной динамики (см., например, работы [1, 2, 3]) в основных отраслях строительства:

➤ в **архитектурном** проектировании: на стадии предпроектных работ весьма ускоряет создание рациональных форм и быстро приближает объект к почти окончательным размерам и материалам конструкций (перед подробными инженерными расчетами) метод динамического *формообразования* (МДФ);

➤ в **инженерном** проектировании (расчетах и конструировании): альтернативные (пресловутому МКЭ, ограниченному особенно в нелинейной динамике) методы динамического *конструирования* (МДК) и нелинейных расчетов во временной области резко расширяют возможности и расчетные обоснования конструктора демпфирующих и защитных устройств, взаимодействующих с сооружением;

➤ в инженерно-**эксплуатационной** диагностике: при обследовании действующих предприятий и технической оценке действительного состояния строительных конструкций метод динамической *диагностики* (МДД) позволяет по результатам неразрушающих динамических испытаний составлять динамические паспорта основных несущих конструкций, вести мониторинг и принимать решения об усилении, реконструкции объекта.

В работе [3] упоминается, к чему привели ошибочные расчеты на динамику, например, небоскреба в Бостоне (США) ещё в 70-х годах - последовало выселение из него обитателей, пересчет пространственных форм колебаний и перепроектирование динамических гасителей колебаний для снижения амплитуд вращательных в плане крутильных форм. Кстати, особое внимание этому виду колебаний призывают уделять и авторы ISO, рекомендующие в высоких зданиях с прямоугольным планом такую собственную форму иметь с частотой не менее, чем частоты двух основных изгибных тонов - в двух плоскостях. Такие убедительные рекомендации (альтернативные иногда мало определенным расчетам на весьма сомнительные динамические нагрузки) вполне достойны внесения их в отечественные ДБН.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ СООРУЖЕНИЙ И ДЕМПФИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ

Кратко в докладе рассматриваются (на примерах) некоторые направления современного эффективного проектирования зданий и различных сооружений и вносятся конкретные предложения о сотрудничестве, см. ниже их тезисы. Практически во всех украинских конференциях по сейсмостойкости (с 1999г., см. последние - в 2008, 2010, 2012 годах) имеются материалы и доклады с нашими (межвузовского коллектива «РЕЗО-НАНС») расчетами, методиками и предложениями. С призывами к инженерному сообществу перейти к максимально корректным решениям многих нетронутых ранее задач, в т.ч. – к разнообразным видам защиты сооружений и нелинейной сейсмозащиты. Такие призывы мы рассматриваем как вежливую рекламу того лучшего, что уже сделано для снижения аварийности, уровня динамических напряжений (по первому предельному состоянию), перемещений (по второму), ускорений (см. нашу книгу с проф. М.И. Казакевичем по этому, одному из важнейших виброэкологических показателей «качества жизни» объекта).

Причем, как агитацию за решение не только упомянутых сложных задач, но и задач по созданию практических Пособий для *архитектора-конструктора* (с примерами по формообразованию сооружений, см. МДФ), для инженера-*конструктора* (поиск рациональных мест и видов установки демпфирующих нелинейных устройств, см. МДК и [3]), для инженера-*эксплуатационника* (по целевому обследованию, динамической диагностике и усилению, паспортизации и мониторингу). И уж, конечно, нецелесообразно выпускать (лицензировать, покупать, применять) новую версию какого-либо коммерческого ПК без инженерных Приложений к ней в виде Руководств с примерами расчета и описанием допущений в алгоритмах, ограничений и возможных ошибок.

За такие документы будут нести ответственность уже конкретные Разработчики Пособий (инженеры и программисты **вместе**), массовое применение понятных рекомендаций даст толчок развитию грамотного инженерного отряда. А иначе - придет время, когда все расчетчики страны будут заменены «двумя ребятами из одного ПК-монополиста», которые помнят шифры-иконки-кнопки, но уже не знают алгоритма ручного счета.

Полезно и престижно для молодой европейской страны также снижать уровень пиратства. Ведь есть у наших инженеров опыт работы с различными строительно-ориентированными ПК: ЛИРА, SCAD и похожими последними вариантами ПК: STARK ES; Micro - Fe; ROBOT; RSTAB; SELENA; BELINDA. Поддаются некоторому освоению (при решении отдельных классических задач механики) строительно-неориентированные и очень дорогие «ансисы-настраны-космосы-cap2000» и т.п. Наверное, надо

поощрять и срочно развивать новые корректные отечественные ПК, создаваемые не на все случаи жизни, а для узкого класса задач динамики! Например, применения доступных математических пакетов типа MathLab, MathCad, Maple и т.п. вполне достаточно для решения практически не решаемых в упомянутых универсальных комплексах задач нелинейной динамики во временной области. Хотя при этом, конечно, надо в вузах лучше обучать сути теории колебаний конструкций, техникам составления и решения нелинейных дифференциальных уравнений движения.

Отметим ниже несколько **недостатков** ПК на основе МКЭ, которые и были взяты за основу разработок новых методик динамических расчетов.

1) В МКЭ **«не работает динамика»** ни *свободных* (при различных начальных условиях), ни *вынужденных* колебаний обычного **композиционно** сооружения, состоящего из различных материалов: сталь, бетон, железобетон, кирпич и каменная кладка, дерево, грунтовое основание. А их диссипативные свойства (логарифмический декремент колебаний растет в этих материалах «слева направо» от 0,02 до единиц) оказывают определяющее влияние на амплитуды, которые на резонансе такого сооружения могут отличаться на 2 порядка! Как найти уровни напряжений, ускорений?

2) Не предусмотрена для Пользователя помощь ни в виде Пособий по составлению моделей, ни сама техническая возможность полуавтоматизированного перехода к количественно уменьшенной, но качественно более корректной **нелинейной** статико-динамической (расчет должен вестись только вместе, с учетом обеих групп этих нагрузок) модели со вставленным набором десятков видов нелинейных характеристик **четырёх групп**:

- *геометрических* (это касается многих расчетных схем, допущений);
- *физических* (например, учет в **упругих** свойствах: жестких или мягких свойств, пластики, а в **неупругих** - сил сухого или иного трения),
- *конструкционных* (разрыв связей, оттяжек; работа сейсмопопоясов, адаптивных сейсмозащитных устройств, движение транспортных средств),
- *генетических* (учет истории всех жизненных схем загрузки и реакций конструкций).

Должны быть проведены исследования и даны рекомендации: когда и что следует учитывать, а когда – не обязательно, каковы погрешности...

3) Нет принципиальной возможности вставки в модель сооружения **«своего блока»** из нескольких **нелинейных дифференциальных уравнений движения**, **«работающих»** вместе с уравнениями объекта.

4) Не ведутся работы по анализу и **нормированию** всех типичных для страны современных **динамических нагрузок** и воздействий в их **взаимодействии** с конструкциями. И многое другое.

В **заключение** в докладе предлагается на обсуждение такой перечень возможных **исследований по динамике сооружений** (с участием спонсоров, фирм, стран в совместных, комплексных и нормотворческих работах):

I. Над проектами, динамическими **расчетами конкретных объектов** (зданий и сооружений), воспринимающих различные динамические нагрузки: ветер; землетрясения; работа транспорта, машин и оборудования с динамическими нагрузками.

II. Над разработкой дополнительных **алгоритмов и методик** альтернативных блоков и версий вычислительных программных комплексов (ПК) с целью усовершенствования способов **моделирования** конструкций и сред на основе **нелинейных** динамических расчетов, **временная область**.

III. Над патентами, поиском и **расчетным обоснованием принципиально новых нелинейных виброзащитных схем**, конструктивных решений **устройств**, снижающих уровни колебаний. С созданием **Инструкций** по эксплуатации и контролю эффективности демпфирующих устройств.

IV. Над **обследованиями**, разработкой программ проведения динамических (полномасштабных натуральных или лабораторных) **испытаний**. Работы по созданию лабораторных **стендов** и устройств (**расчеты рациональных схем и параметров**), по созданию **виртуальных лабораторий и тренажеров, учебников** для инженерных курсов и работников служб **МЧС**.

V. Над разработкой инженерных аналитических **Обзоров, Пособий и Рекомендаций** по динамическим *расчетам, конструированию*, проведению динамических *испытаний, паспортизации* и динамическому *мониторингу* сооружений и *зонингу* территорий для решения задач Норм, Кодов, работ для ТК ИСО и над иными видами инженерного творчества (отчеты, монографии, нормативы - работы по совместным **грантам и договорам**).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование зданий с заданным уровнем обеспечения сейсмостойкости / [Немчинов Ю.И., Марьенков Н.Г., Хавкин А.К., Бабик К.Н.]. - К.: Гудименко С.В., 2012. – 384 с.
2. Кулябко В.В. Модели статического и динамического взаимодействия сооружений с основаниями сложных типов (по включениям и свойствам) / Кулябко В.В., Кузьменко В.И., Власенко Ю.Е. // Пространственные конструкции зданий и сооружений (Исследования, расчет, проектирование и применение): сб. науч. трудов; под ред. В.В.Шугаева и др. - Вып.12. - М.: ЦНИИСК, 2009. – С. 194-202.
3. Ярошенко Д.С. Разработка схем и способов расчета нелинейного динамического взаимодействия сооружений рамного типа с демпфирующими устройствами: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук, 2014. - 22 с.

## REFERENCES

1. The designing buildings with a predetermined level to ensure seismic stability / [Nemtchinov Y.I., Maryenkov N.G., Khavkin A.K., Babik K.N.]. - K.: Gudimenko S.V., 2012. – 384 p.
2. Kulyabko V.V. Models of static and dynamic interaction of structures with complex types soil base (on inclusions and properties) / Kulyabko V.V., Kuz'menko V.I., Vlasenko Y.E. // Spatial constructions of buildings and structures (Research, calculation, design and application): proc., ed. V.V. Shugaev etc. – Vol. 12. - M.: CNIISK, 2009. - P. 194-202.
3. Yaroshenko D.S. Development of schemes and methods of calculating the nonlinear dynamic-interaction of a frame-type structures with damping devices: a thesis for the degree of Ph.D.: 2014. - 22 p.

Статья поступила в редакцию 17.12.2014 г.