

УДК 624.042

**ПЕРСПЕКТИВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ, НЕЛИНЕЙНЫХ
ДИНАМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ БЕЗОПАСНОЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ СООРУЖЕНИЙ С ТРЕБУЕМЫМИ СВОЙСТВАМИ**

д.т.н., проф. Кулябко В.В.

*ГВУЗ "Приднепровская государственная академия строительства и
архитектуры", г. Днепрпетровск*

Прошедший год после 10-й, юбилейной, конференции по **инновациям** в строительстве [1] позволил проанализировать чрезвычайно большой объем (эффективно его обсуждать на конференциях можно только на 5-7 секциях) сборника работ по, казалось бы, важнейшим вопросам современного мирового строительства. В настоящей статье и возможном докладе систематизируются современные проблемы динамики сооружений **со своими свойствами**, удовлетворяющими условиям и **безопасности**, и **виброэкологии**. Приводятся перечни новых задач, стоящих как перед разработчиками программных комплексов (ПК), так и перед конструкторами, расчетчиками, пользователями ПК. Предлагаются пути их решения при учете в статико-динамических нелинейных моделях эффекта **взаимодействия** конструкций с основанием, средой, возмущениями.

Пропагандируется **нелинейная** постановка задач по снижению колебаний с тестированием подсистем в условиях натуральных динамических **испытаний** и **паспортизации** при **эксплуатации**. Обсуждаются новые **перспективные** пути применения динамических характеристик при предпроектном эскизном **формообразовании** сооружения и при оценке технического состояния его конструкций. Предлагаются принципы **конструирования** эффективных демпфирующих и защитных устройств.

Здесь обсудим лишь связь инноваций и перспектив исследований с некоторыми проблемами строительных объектов. Очевидно, что есть необходимость выпуска **инженерных «Пособий (или Рекомендаций) по конструированию и расчету сооружений с применением ПК ... версии ...»!** Желательно - **к каждой новой версии ПК, норм, стандартов**. С указаниями, например, каков *алгоритм*, в чем *приближенность* моделирования по этой версии. Почему и какие **виды из четырех групп нелинейностей** учтены в статике и какие – в динамике!? Каковы пути *уточнения*, какова цена *ошибки*, в каких задачах такой путь применять вообще *нельзя?* (Ведь так подробно пишут медики в инструкциях к лекарствам для безопасности человека!).

Итак, выделим и рассмотрим вопросы, нуждающиеся в разработке и **скорейшем внедрении** в строительную практику и связанные:

1) с **безопасностью зданий и сооружений** (далее - *сооружений*), чтобы не повторить катастроф объектов Чернобыля-1986, Нью-Йорка-2001, Фукусимы-2011 и многих других (от техногенных и природных воздействий). Причем, появление **новых воздействий** и **чрезвычайных событий** (ЧС) **динамического** характера (взрывы, провалы, обрушения и т.п.) должно

оперативно и «прогрессивно-лавинообразно» вызывать корректировку всего **блока нормативов** каждой заинтересованной страны с последующими «**динамическими уточнениями**» первоначально оправданных *косвенных статических* аналогий моделей поведения конструкций (типа «устранения колонны, стен на площади 80м²», «кинематический метод теории предельного равновесия»...),

2) с нормированием природных и техногенных динамических **нагрузок** на **новые типы** сооружений (сильно отличающихся от «хрущевок», для расчета которых и составлялись сохранившиеся до сих пор многие пункты полувековой давности норм по нагрузкам) и на **новые размеры** (высоты и пролеты проектов уникальных сооружений исчисляются уже в километрах!),

3) с особенностями современных расчетов на **прочность**, ведь нынешняя конференция как бы отмечает полувековой **юбилей** старейшего украинского (и советского!) вычислительного программного комплекса,

4) с удобством применения ПК для расчета «одновременного статико-динамического состояния» (time-history) систем с **упругими** и **диссипативными** практически **нелинейными** характеристиками различных видов, типов,

5) с проблемой инженерно-теоретического и **экспериментального обоснования** всевозможных **конструкторских инноваций**. Например, узлов и сопряжений, имеющих нелинейные силовые характеристики типа применяемых во всем мире полужестких узлов (**semi-rigid**), дополнительно присоединяемых к объекту динамических (или иных) **гасителей** колебаний, других конструкторских решений и **демпфирующих** устройств,

6) с анализом **вибромкомфорта** помещений, с выбором требуемых **динамических характеристик** и компьютерных моделей сооружения при обеспечении их **паспортного** контроля в процессе **безопасной** эксплуатации,

7) с различными статико-динамическими «**взаимодействиями**» **конструкций** сооружения:

- с **грунтовым** массивом - сложным по составу, свойствам, с включениями типа свай, тоннелей в сплошную (в частности, - зернистую) упруго-диссипативную неоднородную среду;
- с **аэродинамически** осложненными **потоками** воздушных, морских и иных инерционных масс и течений сред;
- с **транспортными** средствами и их **колоннами**, имеющими произвольные параметры *осевых нагрузок, интервалов и скоростей* движения.

Т.е. речь идет о теории и практике обоснованного нелинейными динамическими расчетами нового рационального **безопасного конструирования** относительно ответственных сооружений с учетом всевозможных условий их эксплуатации. Этими вопросами, например, в Украине (к сожалению, при весьма слабой взаимной координации работ), **интенсивно и успешно занимаются ученые** (применим известные сокращенные названия организаций):

- ✓ разработчики ПК ЛИРА и SCAD (после усовершенствования методов линейной алгебры ими создается база для **нелинейных**, в широком смысле, динамических расчетов конструкций во **временной** области);
- ✓ НИИСК, ОГАСА, КНАПиКС, КрымНИИпроект (**гашение** колебаний; сейсмо-паспортизация; Лаборатория **сейсмостойкого** строительства, Лаборатория **динамических испытаний**);
- ✓ УкрНИИПСК с многочисленными филиалами (особенности **динамики стальных** конструкций);
- ✓ ДонНАСА (**ветровые** нагрузки, **аэродинамические** трубы; высотные и шахтные сооружения; **Полигон** для натуральных испытаний);
- ✓ НТУ, УкрДорНИИ, ДИИТ, ПГАСА (поиски алгоритмов **нелинейного** анализа динамического поведения сооружений, в т.ч. мостов, при **подвижных нагрузках**; гашение колебаний с помощью различных **демпфирующих** устройств; проведение динамических **испытаний**, обработка их результатов с применением **спектрального** анализа);
- ✓ ПНТУ (надежность сооружений и их динамическое **взаимодействие** с **ветровым** потоком, с мостовыми **кранами** и т.п.; компьютерная аэродинамика).

Заметим, что приведенные списки проблем и работающих по ним организаций, естественно, не претендуют на полноту. Целью их составления было обсуждение возможности обобщить проблемы динамики с призывом к определенной координации участников работ в рамках региона, страны, содружества, материка... Проблемы сложные, их очень много, а ученых, работающих по ним, – очень мало.

Предложения о конкретных нелинейных расчетах рамных сооружений и демпфирующих устройств даются в данном сборнике в статье Д.С. Ярошенко и в совместной работе на английском языке [2]. Более подробные сведения и ссылки на публикации автора можно найти в обширной монографии [3] (под редакцией ректора МГСУ В.И. Теличенко и генерального директора ООО «ВЭЛД» проф. К.И. Еремина). В частности, в последней работе автор систематизировал:

- виды динамических нагрузок и причин, вызывающих **аварии** зданий и сооружений (см. [3], с. 52-58),
- привел **расчетно-конструкторские методы** повышения безопасности и снижения амплитуд нелинейных колебаний сооружений с демпфирующими устройствами (с. 111-115),
- показал необходимость уточнения статико-динамических моделей сооружений с учетом **четырёх групп нелинейностей** при описании упругих и диссипативных свойств (с. 173-180).

В частности, подчеркнем необходимость полного освоения **ввода в компьютерные модели** (желательно обоснованных системами нелинейных дифференциальных уравнений движения) возмущающих воздействий во временной области. Первый шаг авторы ПК уже сделали, задавая акселерограммы сейсмических воздействий в линейные задачи. Осталось добавить нелинейные характеристики упомянутых четырех групп и у Пользователя откроется новый **мир разнообразного конструирования**

сейсмозащиты, виброкомфортных помещений и блоков, виброизоляторов и адаптивных подвесок. Возможно в этом случае и развитие принципов управления элементами «монтажа» и «демонтажа» путем пробно-поисковой установки Пользователем демпфирующих устройств и гасителей в разные узлы и сечения конструкций с оценкой эффективности их различных направлений движения по основным нелинейным формам вынужденных колебаний.

Подобные алгоритмы помогут оценить долю и вклад в общую характеристику сооружения диссипации каждой подсистемы и материала несущих и ненесущих, специальных демпфирующих и иных конструкций (металл, железобетон, дерево, гипс, композит, грунт) в их взаимодействии.

Желательно дополнять эти алгоритмы построением наглядных пространственных **амплитудно-частотных характеристик** и эпюру динамических коэффициентов (по динамическим и полным **напряжениям**, по **ускорениям** и др.) для всех основных сечений пространственных нелинейных систем. Дело в том, что во многих современных вузах «динамическое образование» остановилось на уровне 60-х годов, когда учебники давали методику перехода только к осциллятору с простейшим динамическим коэффициентом.

Разработчики ПК не должны писать фразы типа «рядовой инженер» сам должен во всем разобраться и нести ответственность за ... всё, например, - за определение динамического коэффициента. Это – запутывание инженера в тонкостях теории, а значит, - опасно.

Важным **«инженерным минимумом»** для **допуска** пользователя к ПК должны стать разделы тренинга по выделению важнейших подсистем и по определению их основных динамических степеней свободы. Он должен понять вред от создания *детальнейшей линейной* динамической модели с *«миллиардами конечных элементов»* по сравнению с моделью, **упрощенной по детализации**, но **уточненной по нелинейной** работе во временной области, отвечающей действительному поведению основных несущих конструкций!

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. научн. трудов. Вып. 65, - Дн-вск, ГВУЗ «ПГАСА», 2012. – 726 с.
2. V.V. Kulyabko, D.S. Yaroshenko. Interaction of frame type constructions with Tuned Mass Dampers and the damping devices having nonlinear elastic and dissipative characteristics / Proc. of the 4th Intern. Conf. «Nonlinear Dynamics – 2013», June 19-22, 2013, Sevastopol. ХПИ, ИМ НАНУ (Ukraine), McGill Univrsity (Montreal, Canada).: Вид-во «Точка», 2013. – pp. 99 - 104.
3. Безопасность эксплуатируемых зданий и сооружений: Монография. - Москва. РААСН, МГСУ, ВЭЛД. – 2011. – 428 с.