

з'являється інформація про створення ОІК для різних рівнів керування мережами з функціями порадників диспетчера.

Список літератури

1. Кириленко О.В. Ієрархічний оперативно–керуючий комплекс автоматизованої системи диспетчерського керування / О.В. Кириленко, Б.С. Стогній, В.Л. Прихно [та ін.] // Праці ІЕД НАНУ. – 2008. – №20. – С. 3–4.
2. Кігель А.Г. Особливості застосування інформаційних технологій в електричних мережах / А.Г. Кігель // Науковий вісник НГУ. – 2011. – №6. – С. 121–125.
3. Паливно – енергетичний комплекс України в контексті глобальних енергетичних перетворень / [Шидловський А.К., Стогній Б.С., Кулик М.М. та ін.] – К.: Українські енциклопедичні знання, 2004. – 468 с.
4. Дикий М.О. Сучасний стан і перспективи оздоровлення енергетики України / М.О. Дикий // Енергетика и электрификация. – 2001. – №5. – С. 2–7.
5. Кириленко А.В. Энергообеспечение и энергосбережение. / А.В. Кириленко, А.С. Яндульский, В.А. Гинайло. // Энергетическая политика Украины. – 2002. – №10. – С. 72–79.
6. Кігель А.Г. Підвищення ефективності систем керування електроенергетичним обладнанням / А.Г. Кігель // Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика. Наукове видання.–Кременчук: КНУ,–2011.–№ 1/201(1). – С. 182–183.
7. Кігель А.Г. Шляхи підвищення ефективності автоматизованого керування об'єктами енергетичних компаній та систем / А.Г. Кігель // Електротехніка і енергетика. Наукові праці ДонНТУ. – Донецьк: ДонНТУ, – 2011. – №11. 178–181. – С.
8. Кігель А.Г. Повнофункціональні інформаційно – управляючі системи в електричних мережах акціонерних товариств та компаній. / А.Г. Кігель // Тези Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» ДНУЗТ ім. академіка В.А. Лазаряна. – 2011.– С. 40–41.
9. Денисюк С.П. Оцінка точності вимірювання складових електроенергії в системах з перетворювачами електроенергії. / С.П. Денисюк, В.О. Кравцов // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск. – 2008. – С.61-66.
10. Арзамасцев Д.А. АСУ и оптимизация режимов энергосистем. / Д.А. Арзамасцев, П.И. Бартоломей, А.М. Холян; под ред. проф. Д.А. Арзамасцева. – М.: Высш. шк., 1983. – 220 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ДИНАМИКИ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В.В. Кулябко, А.В. Макаров, А.В. Масловский, Д.С. Ярошенко
(Украина, Днепропетровск, ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»)

В данной работе рассматриваются проблемы динамики сооружений горно-металлургических и энергетических комплексов, в т.ч. - перспективы применения IT-технологий и программных комплексов, нелинейных моделей и связей датчиков-регистраторов с управляющими сайтами, а также задачи виброзащиты и подбор параметров динамических гасителей колебаний с трением, примеры запатентованных решений.

1. Введение. В современных уникальных зданиях и сооружениях или строительных объектах массового посещения (стадионы, концертные залы, выставочные павильоны, большепролетные мосты, высотные башни, мачты и т.п.) становятся актуальными вопросы уменьшения риска и величины материального ущерба, обеспечения безопасности и виброэкологического комфорта людей и снижения вероятности аварий при усталостных разрушениях.

В частности, на законодательно-нормативном уровне, а также в реальной практике появились следующие новые научные **направления** с применением:

1) обязательных **компьютерных** динамических расчетов конструкций по специализированным **программным комплексам (ПК)**,

2) **нелинейных** методик **расчета** взаимодействия конструкций с **демпфирующими устройствами**,

3) динамических **испытаний** в натуральных условиях и инструментального **мониторинга** состояния несущих конструкций, связь датчиков-регистраторов с управляющими сайтами,

4) динамической **паспортизации** сооружений, **зонинга** территорий, т.п.

В данной работе рассматриваются теоретические, прикладные и некоторые практические вопросы, которые базируются на теории нелинейной динамики строительных объектов.

2. Динамика большепролетного крана-перегрузателя.

В настоящее время мостовые перегружатели эксплуатируются в металлургической, химической, энергетической отраслях промышленности. В металлургической отрасли их используют в агломерационных цехах на рудных дворах для погрузки и выгрузки, а также для усреднения (обогащения) железной руды и других сыпучих материалов. В химической отрасли - на открытых складах коксующего угля. В энергетической - на открытых складах угля для тепловых электростанций и т.п. На территории Украины работают десятки таких мощных (с массой более 500 т) передвижных сооружений.

Большинство из кранов-перегрузателей (рис.1.а) эксплуатируется в сложнапряженных неблагоприятных условиях с динамическими воздействиями. Длительная остановка на ремонт такого крана может сорвать производственные планы большого комбината. Постоянная работа сооружения на открытых площадках в облаках пыли, при атмосферных осадках и в агрессивных средах создает на стальных конструкциях слои коррозии с пылевыми отложениями. Большинство существующих перегружателей отслужили по 1 - 3 срока службы. Срок эксплуатации по ДБН В.1.2-2:2006 [1] 25 лет. По ГОСТ 27584-88 [2] для кранов с группой режима работы 6К и 7К составляет 20 лет. И при установке крана на открытом воздухе допускается уменьшить срок службы на 25% т.е. **до 15 лет**. Стоимость новых перегружателей составляет миллионы долларов. Например, металлургический комбинат "Азовсталь" в 2010г. ввел в эксплуатацию в коксохимическом производстве новый мощный грейферный кран-перегрузатель с грузоподъемностью 32 т и производительностью 700 т/час, направив на этот проект около 6 млн. долларов США.

На сегодня проблемой для предприятий Украины является продление срока службы и определение остаточного ресурса металлоконструкций таких кранов. Для этого на стадии изготовления крана начали применять **регистратор параметров («черный ящик»)** и внедрение **магнитных паспортов**: в России для этого производится измерение **коэрцитивной силы** в процессе эксплуатации крана [3]. Весьма перспективны и пути создания связей датчиков-регистраторов с управляющими сайтами - базами предельных величин. Также регулярно должно проводиться полное и частичное техническое освидетельствование крана [4].

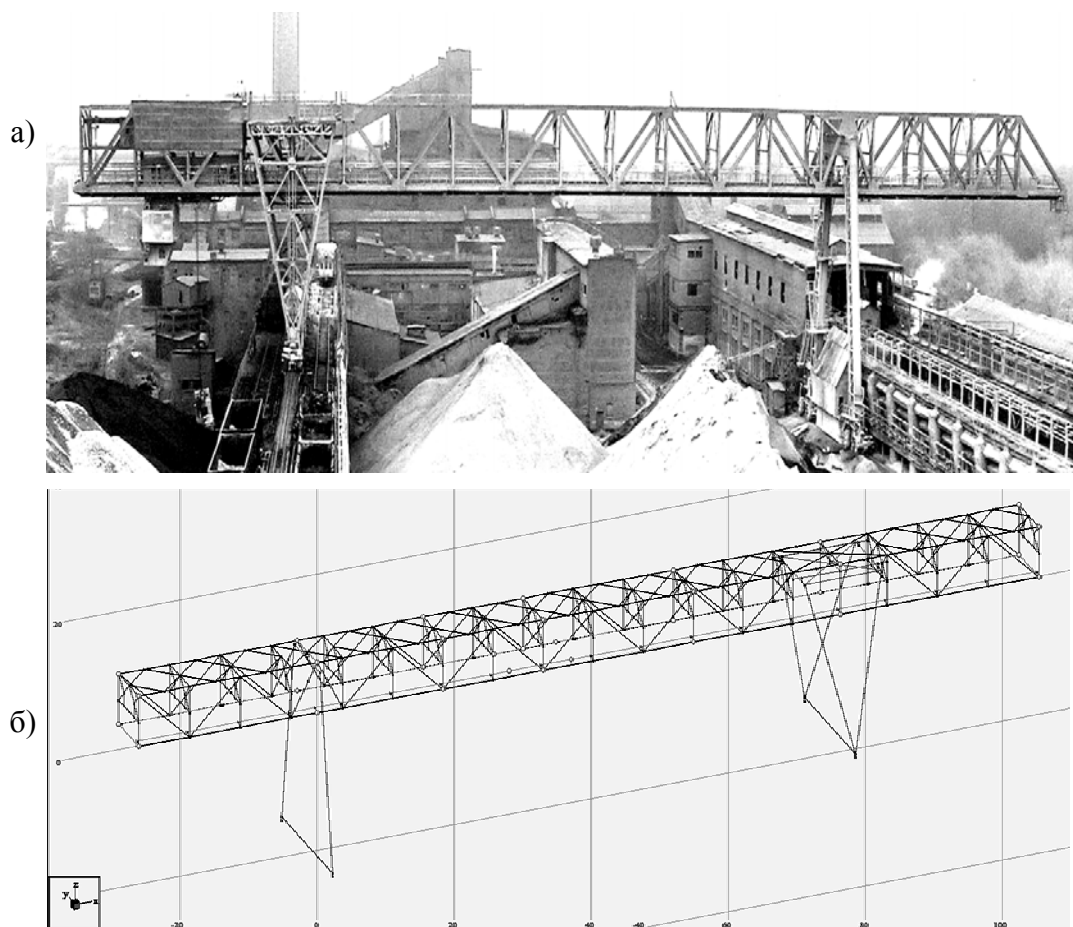


Рис. 1. Мостовой кран-перегрузчик решетчатой конструкции с шарнирной и жесткой опорой: а – общий вид; б – расчетная пространственная схема крана

Для существующих кранов измерение коэрцитивной силы и проведение технического осмотра не дает полной картины о действительном состоянии несущих металлоконструкций. Существующие методики и нормы, в основном, базируются на анализе стандартных дефектов и повреждений без учета влияния динамических (собственных и вынужденных) форм колебаний, долго затухающих амплитуд свободных колебаний (на кранах этот стандарт бывает слишком велик: от 30 с до 1 мин), что может привести к усталостным разрушениям несущих конструкций ранее предельного срока эксплуатации. Колебания конструкций могут оказывать вредное влияние на организм

машиниста крана, поэтому нормируются значения вертикальной и горизонтальной виброскорости на сиденье и на полу кабины.

В работе на примере мостового перегружателя решетчатой конструкции показаны (на рис.2) основные низшие формы собственных пространственных колебаний (расчетная схема крана дана на рисунке 1.б), применен метод конечных элементов в реализации ПК Selena [5].

Для контроля динамических характеристик крана помимо перечисленных выше методов необходимо применять **динамический мониторинг** в реальном времени (сбор натуральных данных и их обработка на компьютере) с научным сопровождением работ. Для отдельных несущих конструкций проводится контроль расчетных **напряжений** различными датчиками [6]: тензорезисторами, струнными датчиками или модернизированными компараторами.

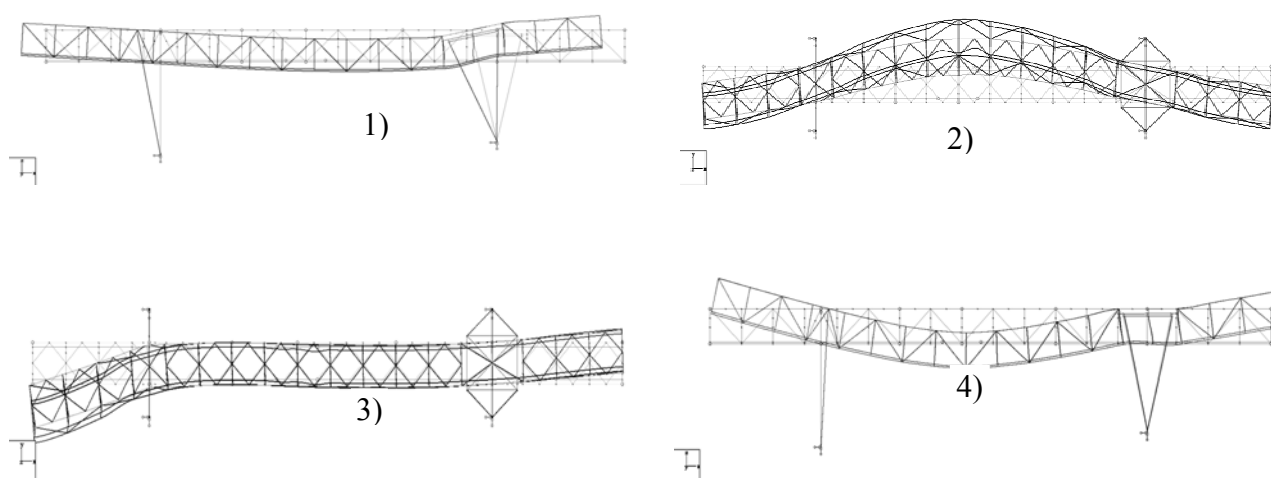


Рис. 2. Формы собственных колебаний крана: 1 – горизонтально-продольная крана в его вертикальной плоскости, 2 – изгибная моста в горизонтальной плоскости с закручивание моста крана, 3 – горизонтально-поперечная моста с закручиванием консоли у шарнирной опоры, 4 – изгибная моста в вертикальной плоскости крана

При наблюдении за работоспособностью крана в целом можно применять акселерометры, сейсмометры, виброметры в низкочастотных диапазонах, что позволяет определять амплитуды вынужденных колебаний, а также частоты свободных колебаний и логарифмические декременты колебаний. В докладе приводятся способы снижения амплитуд колебаний, результаты динамических испытаний и паспортизации конкретных мостовых кранов.

3. Гашение колебаний с помощью динамических гасителей колебаний с трением (ДГК), принципы подбора параметров на примере балочной конструкции.

Литература, посвященная вопросам применения разнообразных ДГК для гашения колебаний, весьма многочисленна, упомянем лишь [7-9]. ДГК широко используются не только в строительстве, мостостроении [10, 13], но и в

машиностроении. Во многих работах исследователи моделировали задачу защиты как работу осциллятора без учета силы трения.

За объект теоретических исследований здесь примем однопролётную шарнирно опертую балочную конструкцию. Определенный анализ характера поведения собственных частот и форм конструкций данного типа рассмотрен в [11, 12]. Актуальность выбора именно такого объекта исследований также подтверждается активным использованием демпфирующих устройств в мостовых конструкциях разнообразных конструктивных схем и некоторыми известными авариями: Такомская катастрофа (1940 год), аварийные колебания «танцующего» Волгоградского моста (2010 год). В работе [13] рассмотрен последний пример - анализ аэроупругих колебаний модели Волгоградского моста с применением программы ANSYS. Поэтому исходные данные здесь по геометрическим, упругим, инерционным параметрам модели балочного сооружения и нагрузке примем такие же.

Известно такое свойство линейных систем с одним демпфером как наличие инвариантных точек. В случае ДГК при его настройке ординаты этих точек должны быть равными. Поэтому ради выявления их наличия в многомассовой системе (рис. 3) были построены фрагменты АЧХ для точки 8 при вязком (рис. 4,а) и сухом (рис. 4,б) трении для одной настройки ДГК, но при разных значениях величин трения в ДГК.

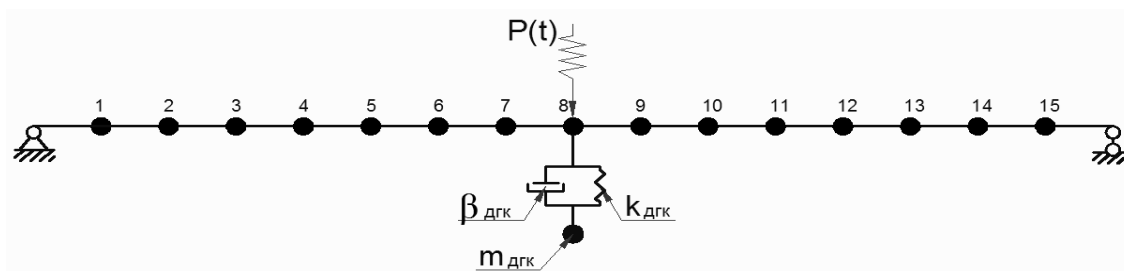


Рис. 3. Расчетная схема дискретной балки с одним ДГК

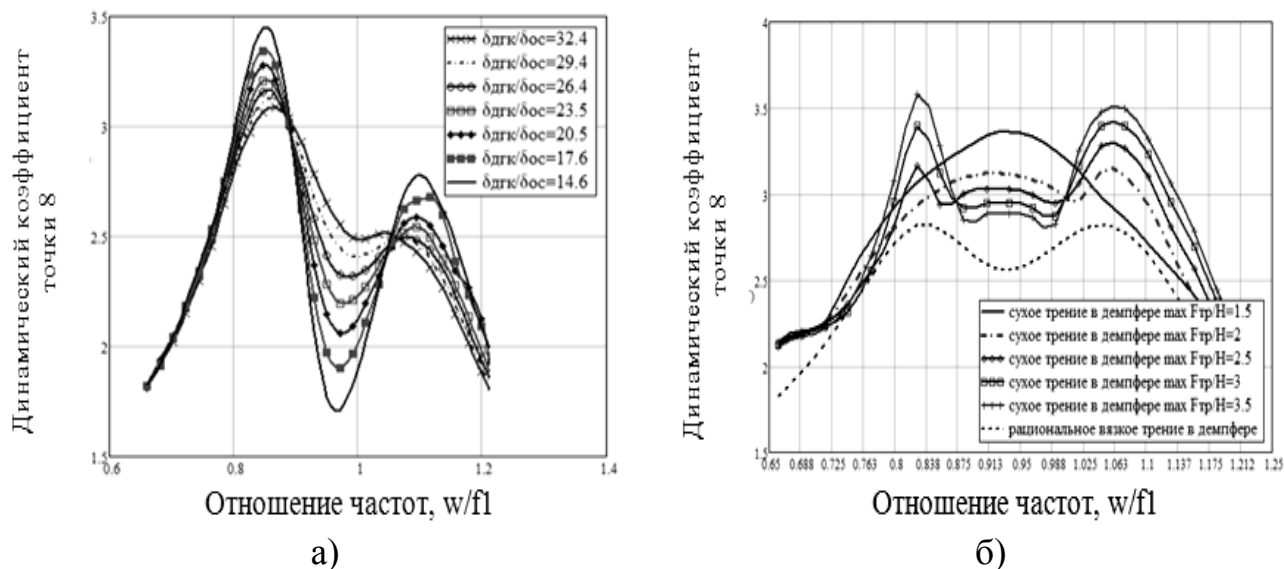


Рис. 4. Фрагменты АЧХ для ДГК с вязким (а) и сухим (б) трением

В первом случае, ДГК с вязким трением, варьировались отношения декрементов колебаний ДГК (как отдельного осциллятора с вязким трением) и основной системы. Из рис.4,а, видно, что все графики проходят через две точки (инвариантные). В данной системе собственные частоты находятся на большом расстоянии одна от другой на частотном спектре и влияние высших форм на поведение системы около первой частоты - несущественно.

Оснастим ДГК демпфером сухого трения. Величина силы H сухого трения в ДГК сравнивалась с максимальной величиной силы трения в демпфере ДГК с вязким трением ($\max F_{тр}/H$), которое развивается под действием динамической гармонической нагрузки в рассматриваемом диапазоне частот (рис. 4,б). Внутреннее трение в основной системе учитывалось в обоих случаях. Как видим из рис. 4,б, и в случае сухого трения в демпфере ДГК прослеживается наличие инвариантных точек, если демпфер не вызывает запираания гасителя. Также такие точки были найдены для случаев разной настройки ДГК последовательно с демпфером вязкого и сухого трения.

На основе проведенных вычислений можно сформулировать следующие выводы:

– рекомендации по подбору параметров ДГК с элементом вязкого трения, основанные на аналитических исследованиях двухмассовой недемпфированной системы, могут применяться при анализе многомассовых систем только в первом приближении и с учетом внутреннего трения;

– в случае присоединения к системе с редким спектром собственных частот ДГК, оснащенного демпферами вязкого и сухого трения, обнаруживаются так называемые инвариантные точки (если сила сухого трения не приводит к запираанию гасителя);

– рациональная настройка (инвариантные точки находятся на одном уровне) для ДГК с демпферами сухого и вязкого трения совпадают, но ординаты точек разные; поэтому в рассмотренной системе наиболее эффективным оказался ДГК с демпфером вязкого трения (рис. 4,б);

– для подобных систем можно применять последовательность определения рациональных параметров $k_{дгк}$ и $\beta_{дгк}$, предложенную, например, Л.М. Резниковым: сначала определить жесткость $k_{дгк}$, исходя из условия равенства ординат инвариантных точек системы с ДГК, а потом - рациональную величину диссипации в элементе трения (вязкого или сухого).

4. Примеры запатентованных устройств и способов снижения изгибных колебаний длинномерных конструкций и их натуральных испытаний на новой электроподстанции.

В трудах конференций по нелинейной динамике (такие крупные конференции проходят в ХПИ) встречаются работы, посвященные вихревому возбуждению конструкций в воздушном или ином потоке. Одно из основных мест в этом ряду работ занимает разработка нелинейных расчетных моделей для выбора вида демпфирования, параметров и форм стальных и композитных (сталь с бетоном и др.) сооружений.

Известно, что современные строительные технологии достигли буквально огромных высот (828м – высота здания Burj Dubai, сдано в канун 2010г.) и

пролетов (строится мост в Мессинском проливе с пролетом более 3 км). Поэтому многие разработки нелинейной динамики для этой отрасли чрезвычайно важны.

Очень интересно наблюдать своеобразные «гонки» конкурентного процесса научно-инженерного развития уникальных промышленных и гражданских сооружений по особым этапам их строительства с учетом динамики:

- **эскизное** проектирование нового объекта – на этой стадии могут производиться **приближенные** расчеты основных несущих конструкций по упрощенным **линейным** динамическим моделям;

- создание Специальных **Технических Условий** (СТУ) на проектирование, строительство и эксплуатационный мониторинг технического состояния конструкций. На этом и дальнейших этапах эксплуатации сооружения обычно привлекаются научные организации для составления документа и последующего научного «сопровождения» объекта. Например, СТУ в Москве составляются для зданий высотой 60-75м и более (даются требования к расчетам: к моделям, модальному анализу, способам учета взаимодействия объекта с основанием и т.п.);

- на стадии **рабочего проектирования** производятся «челночным» способом **конструирование** и нелинейные динамические расчеты. Здесь весьма важным аспектом является назначение вида **нелинейной** динамической модели и всех ее параметров (в сложных случаях, например, при определении диссипативных свойств и иных параметров модели, в челночную схему вводятся ещё и динамические **испытания** отдельных подсистем, элементов сооружений).

В «комплексно нелинейных» системах, не все еще ясно с термином **«модальный анализ»**, он в них является не просто нелинейным, а еще и **«мгновенно меняющимся»** - зависящим от способа создания и исследования **свободных колебаний**. Рассмотрим эти варианты.

I. Например, исследования (как теоретические, так и экспериментальные) нелинейной системы могут проводиться во **временной области** с применением (заданием) **начальных условий**, необходимых для получения какой-либо из изучаемых нелинейных собственных форм.

II. Исследования могут проводиться **«активно»**: с применением внешней силовой машины (в частности, - вибратора, **резонансным** методом).

III. Или, наконец, исследования могут быть организованы **«пассивно»** - от некоторых воздействий колеблется объект, ведутся записи произвольных моментов и затем проводится обработка этих записей, спектральный анализ, т.п.







Естественно, что для системы с переменной структурой однозначные результаты получить не удастся. Частоты и формы свободных (а не собственных, характерных для консервативных систем) колебаний в таких нелинейных системах нестабильны (в некоторых случаях – хаотичны, как показали исследования Хаяси даже для нелинейно-упругих систем) и зависят от уровня возмущений, от структуры входного спектра, от начальных условий и т.п. факторов.

При малых колебаниях всего сооружения формы свободных колебаний в отдельных случаях могут превращаться в линейные, стационарные. Повышение уровня возмущений будет добавлять нелинейные относительные колебательные смещения в один или несколько узлов (в произвольном порядке). И наоборот, большие стационарные возмущения могут приблизить нелинейную систему к квазилинейной вдали от переходных процессов, без блокировки.

Подобный обобщенный анализ показывает, насколько сложным может оказаться и описание, и работа отдельных подсистем и всего объекта (здания, моста, башни), если в них присутствуют нелинейные демпфирующие устройства. Но, по-видимому, вот такие эффективные устройства (поглощающие внешнюю энергию динамических нагрузок и воздействий) и позволяют проектировать и эксплуатировать надежные и безопасные строительные объекты: вибро-защитные, ветро-устойчивые, сейсмо-стойкие и терроро-защищенные.

Таблица 1.

Декларационные патенты Украины на полезные модели устройств,
которые снижают изгибные колебания конструкций

4 0 4 3 1		№ 4 0 0 9 9	
4 0 4 3 4		4 0 4 3 4	
№ 4 0 0 9 4		№ 4 0 4 3 5	

Демонстрируются примеры учета (в динамических расчетах зданий, сооружений и их элементов) различных **нелинейностей**:

- **геометрических** (ванты, нити);

- **конструкционных** (системы с зазорами, проскальзыванием и др.);
- **генетических** (учет истории нагружений);
- **физических:**

– нелинейно-*упругих* (см. теорию: уравнения типа ДUFFинга и диаграммы типа Прандтля для тела: **упруго-пластического**, пластического, упругого; см. приложения: применение **резины** в амортизаторах и демпферах и др.);

– нелинейно-*диссипативных* (рассмотрены особенности систем с сухим трением).

Как следствие теоретических исследований работ типа [14], приводятся конструкции пяти новых успешно **запатентованных** демпфирующих устройств, созданных по методикам нелинейного динамического расчета и проверенных совместно ПГАСА и ДонНАСА в условиях натуральных динамических испытаний. Данный ряд изобретений (см. их схемы и номера патентов в табл. 1) направлен только на один из видов колебаний крупноразмерных устройств – они снижают изгибные колебания сооружений и их элементов. Но принципы таких устройств и способов позволяют обеспечить защиту объектов от ударов и вибрации, снижать уровни не только изгибных, но и продольных и иных видов колебаний конструкций.

В докладе даётся подробное описание работы каждого устройства, приводятся динамические модели, нелинейные дифференциальные уравнения колебаний объекта с демпфирующим устройством и виброграммы, доказывающие эффективность устройства.

В заключение можно отметить необходимость дальнейшего развития альтернативных методик расчета нелинейных демпфирующих устройств [15-19], а также систем с широким применением IT-технологий при эксплуатации сооружений, которые приведут к более корректному проектированию конструкций, работающих на динамические нагрузки.

Список литературы

1. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования: ДБН В.1.2-2:2006. – К.: Минстрой Украины, 2006. – 75 с. – (Национальный стандарт Украины).
2. Краны мостовые и козловые электрические. Общие технические условия: ГОСТ 27584-88. - [Действующий от 1988 – 01 - 27]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 16 с. – (Межгосударственный стандарт).
3. Попов В.А. Исследование и практика применения магнитной структуроскопии / В.А. Попов // Подъемные сооружения, специальная техника. – 2004. - №9. – С. 12 – 16.
4. Правила устройства и безопасности эксплуатации грузоподъемных кранов: НПАОП 0.00-1.01-07. – Оф. изд. - К.: Основа: Государственный комитет Украины по промышленной безопасности, охране труда и горному надзору, 2007. – 312 с. - (Нормативный документ Госгорпромнадзор).
5. Универсальный программный комплекс для расчета и проектирования строительных конструкций Selena [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://selenasys.com>
6. Датчики измерительных систем: в 2-х книгах. Кн. 1. – М. : Мир, 1992. – 480 с.
7. Корнев Б.Г., Резников Л.М. Динамические гасители колебаний: Теория и технические приложения. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 304 с., ил. 97.
8. Ден-Гартог Дж.П. Механические колебания. - М.: Физматгиз, 1960. - 580 с.

9. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т./Ред. совет: В.Н.Челомей (пред.). – М.:Машиностроение, 1981. – Т.6. Защита от вибрации и ударов / Под ред. К.В.Фролова, 1981. 456 с., ил.
10. Бондарь Н.Г. Гашение колебаний пролетных строений мостов / Н.Г. Бондарь, А.Л. Загора, М.И. Казакевич // Надежность и долговечность машин и сооружений. Вып. 6. – К.: Наукова думка, 1984. – С.103-109.
11. Кулябко В.В., Ярошенко Д.С. О дискретизации динамических моделей (на примерах балок и рам) при необходимости учета различных видов нелинейностей. - Пространственные конструкции зданий и сооружений (Исследования, расчет, проектирование, применение): Сб. статей. Вып.13 / под ред. В.В.Шугаева и др./МОО ПК, РААСН, НИИЖБ, ЦНИИСК, ЦНИИПСК - М.: СКАД СОФТ. - 2012. – С.130-139.
12. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в трех томах. Том 3.// Под ред. И.А.Биргера и Я.Г.Пановко. М.: Машиностроение. 1968. – 567 с.
13. Рутман Ю.Л. Применение технологии FSI для определения аэроупругих колебаний сооружений / Ю.Л. Рутман, В. А. Мелешко// ANSYS Advantage. Рус. Ред. 2011.-№16.–С.7-11. Режим доступа:http://www.ansysolutions.ru/index_print.php?search=view&journal_id=187#p164.
14. Ye. V. Gorokhov, V. F. Mushchanov, V.V.Kulyabko, E.V. Denisov, A. V. Maslovsky, Ways of antihunting rigid conductors structures of outdoor switchgears of the power supply network construction // Book «The 10th Intern. Conf. "Modern Building Materials, Structures and Techniques". - 2010. Publisher Vilnius Gediminas Technical University Publishing House "Technika". - Pages 619–627.
15. Кулябко В.В., Масловский А.В. Развитие динамики машин и сооружений: временная область, взаимодействие жестких и гибких подвижных подсистем, различные виды нелинейностей (Часть 1) / Вибрация машин: измерение, снижение, защита. № 2(17)-2009. - С. 49-56.
16. Кулябко В.В., Ярошенко Д.С. Нелинейное динамическое взаимодействие демпфирующих устройств с конструкциями вагонов, пути, зданий и сооружений // Вибрация машин: измерение, снижение, защита. – 2012. - №3. – С.24-30.
17. Кулябко В.В. О нелинейных характеристиках и свойствах некоторых позиционных демпферов скольжения // Машиноведение. - М., 1980. – С. 29-32.
18. А.с. 691374 СССР, М. Кл.² В 65 J 1/22, F 16 F 15/04. Амортизирующее устройство контейнеровоза / В.В. Кулябко, А.К. Колесник, Г.Д. Беляев (СССР). – 2417960/27-11; заявл. 03.11.76; опубл. 15.10.79, Бюл. № 38.
19. Кулябко В.В. Разделы: Виды динамических нагрузок и причин, вызывающих аварии зданий и сооружений С.52-58. «Расчетно-конструкторские методы» повышения безопасности и снижения амплитуд нелинейных колебаний сооружений с демпфирующими устройствами С.111-115. Уточнение статико-динамических моделей сооружений с учетом четырех групп нелинейностей при описании упругих и диссипативных свойств. С.173-180 // В монографии «Безопасность эксплуатируемых зданий и сооружений» / под ред. акад.РААСН, ректора МГСУ д.т.н., проф. В.И.Теличенко и д.т.н., проф. К.И.Ерёмкина / - М.: РААСН, МГСУ, ВЭЛД. 2011. – 428 с.

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПЕРВИННОЇ ЦІНОВОЇ ПОЛІТИКИ

Ю.В. Захарченко

(Україна, Дніпропетровськ, Дніпропетровський державний аграрний університет)

Сьогодні існує тенденція до зменшення часу актуалізації інформації, прискорення швидкості її старіння [1]. Сьогодні інформаційні технології є чинником, що зумовлює швидкість старіння інформації. Сучасні