

7. Прецизионные сплавы. Справочник /Под ред. Молотилова Б.В. -М.: Metallurgia, 1983.-439 с.

8. Слесарев Ю.Н. Реверсивные методы записи для оптических дисковых накопителей: Дис....д-ра техн. наук. – Пенза, 2004. – 342 с.

9. Воронцов А.А. Математическое моделирование магнитных полей в двухкоординатных магнито-стрикционных наклонерах: Дис....канд. техн. наук. – Пенза, 2013. – 160 с.

УДК 624.042

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ФОРМООБРАЗОВАНИИ, КОНСТРУИРОВАНИИ И ДИАГНОСТИКЕ СЛОЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ, МАССИВОВ И СРЕД

Кулябко В.В.

Доктор технических наук, профессор кафедры металлических, деревянных и пластмассовых конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», г. Днепр, Украина, e-mail: [vykulyabko@gmail.com](mailto:vykulyabko@gmail.com)

**Аннотация.** В работе рассматриваются новые возможности, связанные с использованием динамических характеристик строительных конструкций зданий, сооружений, оснований, сред. Предлагаются алгоритмы для предпроектного формообразования, конструирования, альтернативных уточняющих нелинейных расчётов. Даны также предложения по диагностике, динамической паспортизации технического состояния объектов. Это позволяет в ходе ускоренных динамических испытаний обнаружить повреждённый элемент. Создан (в Youtube) набор лекций-бесед для начального дистанционного обучения статике и динамике сооружений.

*Ключевые слова:* динамика конструкций, динамические модели зданий и сооружений, динамические испытания, поиск повреждённых объектов.

## USE OF DYNAMIC CHARACTERISTICS AT FORMATIONING, DESIGNING AND DIAGNOSTICS COMPLEX CONSTRUCTIONS, BASES AND FLOWS

Vladimir Kulyabko

Doctor of technical Sciences, Professor of Department of Metal, Wood and Plactical Constructions, State Higher Educational Institution 'Prydneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture', Dnepr, Ukraine, e-mail: [vykulyabko@gmail.com](mailto:vykulyabko@gmail.com)

**Abstract.** The paper considers new **opportunities** associated with the use of dynamic characteristics of buildings, structures, foundations, environments. Algorithms are proposed for pre-design shaping, constructioning, alternative refinement non-linear calculations. There are also proposals for diagnostics, dynamic certification of the technical condition of objects.

This allows you to detect a damaged element during accelerated dynamic tests. A set of lectures-conversations was created (on YouTube) for the initial distance learning of the statics and dynamics of structures.

*Keywords: dynamics of structures, dynamic models of buildings and structures, dynamic tests, search for damage to objects.*

**Введение.** Эпидемиологическая пауза с весны 2020г. в вузовском образовании многих стран мира позволила осмотреться и сосредоточиться на некоторых, возможно упущенных, его моментах. Очень правильный был сразу выбран уклон, прежде всего, - в развитие разнообразных дистанционных методов обучения в школах и вузах. Но, к сожалению, научная общественность и министерства не проявили такой же активности в помощь реальному научно-техническому росту и высшего образования, и технологий проектирования, и работы многих предприятий, особенно – состояния их строительных объектов и всей инфраструктуры.

**Цель работы.** В данной работе рассматриваются возможные варианты улучшения отдельных этапов зарождения, грамотного проектирования и безаварийной эксплуатации огромного строительно-хозяйственного комплекса зданий, сооружений и инфраструктуры. И в данной работе к форуму-2020, и в докладе на форуме-2018 [1] пропагандируется тема динамики конструкций. Не только как образовательно-развивающая зона изучения сложных эффектов, но и как **новый мощный инструмент** для успешной реализации передовых технологий развития строительства.

**О терминах и динамических характеристиках,** какие **динамические характеристики** чаще нами изучаются и какие мы рекомендуем.

Тут нам мало будет словаря общих понятий и терминов из курса физики. Типа: вибрация, резонанс, амплитуда, период и частота колебаний. И из теоретической и строительной механики: динамическая модель, число динамических степеней свободы, дифференциальные уравнения движения, диссипация, динамическое гашение колебаний (ДГК). В наш словарь добавим: частоты и формы **собственных** плоских и пространственных колебаний; логарифмические декременты **свободных** колебаний; эпюры динамических **коэффициентов** сооружения при **вынужденных** колебаниях [1]; динамические **паспорта**; мониторинг [2-12].

Автор надеется, что читатель знаком с его работой [1] на форуме горняков-2018, в которой описывались истоки бурного развития школы динамики В.А. Лазаряна в Дnepre, давались ссылки на плоды «Резонанса»: 8 защищённых (3 докторских и 5 кандидатских) и 3 не доведенных до защит диссертаций. И на труды М.И.Казакевича по ветровой безопасности и виброэкологии и т.п.

**Методики моделирования, ошибочность постановок** и важность уточнения и применения некоторых задач нелинейной динамики. Какие могут обсуждаться **сооружения**, в чём **сложность «их динамики»** для проектировщика, испытателя, механика и технолога цеха? Это – весь набор по этажности и назначению, конфигурации и условиям эксплуатации промышленных зданий и сооружений:

- **мосты**: тяжелый - скоростной автотрассы; лёгкий – пешеходный, гоночных мото-, вело-трасс); или военно-стратегического значения и т.п.;

- **здания и сооружения цехов**: компрессорный цех; прессово-кузовные цеха с гибкими технологиями; бункерные и технологические открытые этажерки; обогатительная **фабрика** с автономными рамами под несколько грохотов, центрифуг, смесителей, вибропитателей и лотков с разными параметрами возмущений;

- для многих задач динамики просто необходим учёт и свойства прилегающих **оснований** и рельефа, корректные динамические модели должны быть совместными сооружения, фундаментов, свай и включений; учёт уклонов и диссипативных свойств слоёв грунтов, смежных сооружений и их динамических воздействий;

- в горно-добывающей промышленности много задач и самостоятельного расчета выработки как многослойного конструкционно-природного пространственного объекта – грунтового **массива** (прочности его покрывающего слоя, устойчивости и движения стен, в некоторых случаях до схемы многоэтажного многопролётного объекта);

- ещё очень важным в описанных задачах является учёт сложных и разных статико-динамических **взаимодействий** конструкций сооружений и массивов со **средой**. С окружающими строениями, транспортом (подземным, наземным и воздушным), ветровыми и иными потоками, разнообразной сейсмикой (природной, городской, транспортной и промышленной), с работающим оборудованием и т.п. Всё это влияет на динамические характеристики и динамику объектов [13-15].

Известны проблемы **аэродинамической** неустойчивости объектов в воздушном потоке, если не учесть при проектировании конструкций условий возникновения ветрового резонанса (vortex vibration), бафтинга, галопирования и т.п. эффектов. В ответственных случаях проводят специальные продувки моделей и их среды в аэродинамических трубах. Более сложно, но необходимо, моделировать на компьютерных моделях транспортные, пешеходные и иные **потоки**, создавая статистически обоснованные ситуации, которые, к сожалению, в нормах появляются ... после очередных аварий или катастроф. **Динамика «иногда» не прощает ошибки и безграмотность!** Вспомним только мосты: 1940 – Такомская авария висячего моста;

2010 - Волгоградский «танцующий» мост; 2018 – падение сложного многоярусного автодорожного моста в Генуе!

Таким образом, подчеркнём, что **степень сложности** объекта **создаётся** природой или человеком по-разному и на разных стадиях! Например, замысел **архитектора** (которого иногда учат только оригинальности) по форме объекта и технологиям может быть раскритикован ещё в зародыше дискомфорта по вибрации проекта грамотным инженером, знакомым с разработками ISO и с МДФ [1, 2].

Кроме такого «узкопрофильного» архитектора, могут сильно осложнить получение корректных и рациональных динамических характеристик объекта ещё задумки **технолога** или **заказчика** о применении непроверенной новой технологии или машины, оборудования. Или замыслы **строителя** по новым узлам, по отказу от контроля на текущих этапах цикла. Или **руководства** и **механика цеха**, отвечающих за всё: за станки, машины, мостовые краны и за грамотность эксплуатации строительных конструкций: фундаментов, покрытий, перекрытий, колонн, связей.

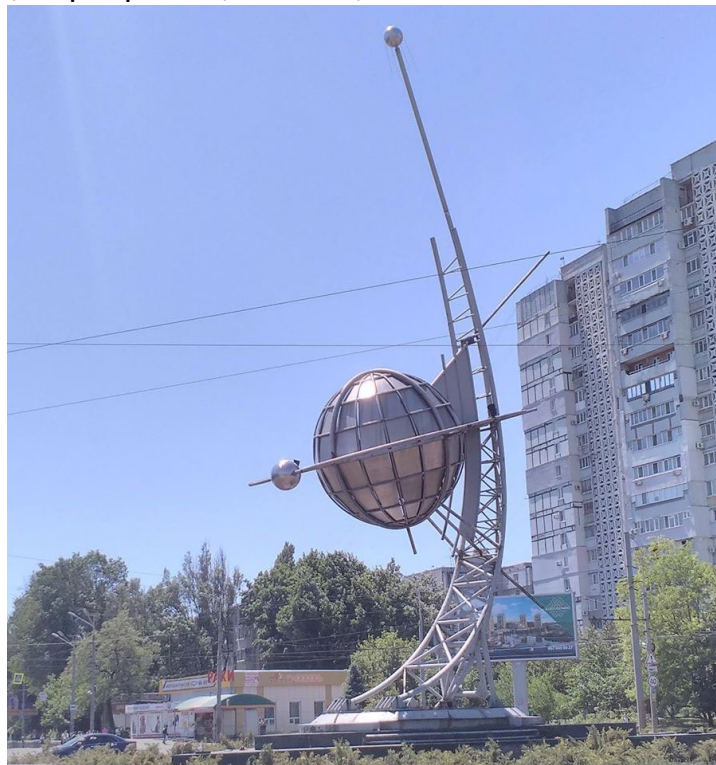


Рисунок 1 – Монумент «Памятный Знак Космонавтике» в Днепре на пр. Гагарина и Запорожском шоссе (с 2003 г.)

Что же такое **формообразование** и чем оно отличается от **конструирования**, от оптимального и традиционного проектирования? Возвратимся к спорам об архитектуре и вдохновении на предпроектной стадии объекта. Когда срочно в 2003г. городу надо было «поставить какой-то символ» 50-

летия ракетно-тракторной тематики ЮМЗ, включились не спеша архитекторы ПГАСА и ГДПИ, ракетчики КБЮ и ... родилась стела-труба со спутником и лунной на орбите. Ни размеров, ни нагрузок, ни напряжений. А уж потом нашли нас, троих из «Резонанса» (см. ФБук). И «отвалили» на всех: и нам, и Заводу МК (а там тоже нашёлся резонансник!), и монтажникам аж ... месяца!? И «чтоб оно всё было готово к приезду Президента!»... Тут-то и родился **МДФ!**

При **традиционном конструировании** нового объекта, не имеющего аналогов по материалу, размерам, условиям, проектировщик старался придумать хотя бы макет и продуть его в аэродинамической трубе. Иначе на натуральном ветру ломались мечи и сабли-копья у героев иных монументов (Сталинград; штык на Поклонной горе в Москве; а уже Киевский монумент удалось исследовать в трубе!). Затем параллельно отряд расчётчиков собирал условия воздействия на все детали объекта: ветра (давление, скорость, роза ветров), снега и гололёда, автотранспорта (городская сейсмика), просадок грунтов, вандализма и т.п. Второй отряд задавался «с потолка» схемой объекта и разбросом параметров элементов, используя сортаменты (и выясняя их наличие у хозяев заводов). Третий отряд сразу предполагает худшую (зыбкую) динамику и конструирует демпфирующие устройства.

Главный отряд, выхватывая заготовленные для них диапазоны толщин, масс и размеров проката «заправляет это всё в любимый ПК», строит поля напряжений и мечтает о корабельной стали (как на Киевской телебашне). Вариантов размеров, схем и результатов – сотни! Споры! А время (несколько месяцев) - закончилось!

Но нашему новому методу МДФ потребовалось сделать параллельно расчёты на собственные колебания всего двух вариантов схемы пространственной фермы. И, интуитивно задавая трубу и лучи, мы стали укреплять Монумент пластинами и фермами, находя в каждом счёте только 2-3 низшие частоты и формы. Получив **частоты всех форм выше 1,5 Гц, стали считать по всем правилам только такой вариант**. Ещё поставили «против зыбкости» три ДГК в модель Земли и изобрели два демпфера-трубы малой жесткости для трения в луч и консоль.

Очень важно, что может входить в понятие **динамической диагностики**? При кратковременном обследовании сложного объекта динамические характеристики, например, собственные **частоты** и **формы** пространственной стержневой модели мостового крана-перегрузателя (длина более 140м, высота более 20м, масса около 700т, стоимость до **6 млн \$** при сроке службы 16-20 лет) должны фиксироваться многократно в виде **динамических паспортов**. *Проектный паспорт* (только теоретическая часть - из

расчетов в рабочем проекте), *первичный* (при сдаче в эксплуатацию – теория и первичные динамические испытания), *текущие* и при необходимости (после пожара, поломки, ремонта) - *внеочередные*. Камерально полученный Альбом (или прибор-фиксатор) паспортов для *исправного* крана и с искусственно выведенным из строя одним из его несущих элементов поочередно позволит на испытаниях сразу найти критический элемент. Конечно, удобно наблюдать (**мониторить**) поведение и характеристики такой машины дистанционно, на сайте мобильной связи с датчиками и виброграммами в реальном времени. Этому должны учить в ЛДК.

Здесь следует признать, что сложившаяся уже почти за сотню лет система применения расчётных вычислительных и программных комплексов (ПК), в большинстве - на базе метода конечных элементов (МКЭ), помогла (в середине прошлого века!) в решении многих задач строительства в **линейной** постановке. Но, если мы хотим практически использовать динамические характеристики в серьёзных алгоритмах и принципиальных решениях об аварийности, комфорте и т.п. рационализации, то мы обязаны максимально уточнять все динамические нелинейные модели, как можно точнее измерять в опытах свойства всех подсистем: от грунтов оснований – до покрытий объектов. Следует очень аккуратно ставить опыты по уточнению **нелинейных** задач и конструкций.

Изучать надо, например, очень распространённый в природе и технике вид **трения** – **сухое**. В каких механизмах и демпферах оно постоянное? В каких грунтах, узлах и нагрузках это допущение не работает!? С такими большими нелинейностями в системе - нельзя пользоваться принципом суперпозиции и отдельно считать объект на отдельные варианты статики (собственный вес и плюс ещё  $n$  установок отдельных загрузок и перестановок временной нагрузки) и на отдельные  $k$  вариантов **динамики**. А потом результаты этих отдельных расчётов складывать.

Они могут быть **посчитаны только вместе** – каждое из соответствующих в жизни реальных групп и конкретных величин нагрузок. Ибо ошибка в амплитудах вынужденных колебаний может быть в несколько раз.

Подчеркнём ещё и **важность работы во временнОй области**. Сегодня задавать силы, ускорения и другие параметры, а также получать решения дифференциальных уравнений движения удобнее всего в виде виброграмм динамических и полных перемещений, напряжений и т.п.! (В ДБН по проектированию сооружений в сейсмических районах этот путь называется прямым динамическим методом).

Нужны новые цели и методы при изучении динамики сооружений и исследованиях и новых, и давно построенных объектов

До XXI века в большинстве норм проектирования конструкций давались «динамические нагрузки», которые объект должен был выдерживать в условиях нормальной эксплуатации. А под объектом во многих обсуждаемых здесь задачах «старой» и «новой» динамики будем понимать разнообразнейшие современные здания и сооружения (мосты, башни, мачты, эстакады, монументы), объекты и массивы горно-металлургических комплексов, уникальные машины и специальные сооружения. Так вот в ходу до сегодняшних дней был устойчивый инженерный жаргон «**рассчитать НА ...динамику, ...НА эти нагрузки**». Поэтому целями доклада автора на форуме-2018 [1] и в данной статье являлось рассмотрение и популяризация возможностей **использования тонких динамических характеристик** нелинейных (а значит, - без ошибочного применения принципа суперпозиции) механических систем **ДЛЯ какой-то пользы**.

Например, - **ДЛЯ** предпроектного **формообразования** объекта. **ДЛЯ** его рационального **конструирования**, **ДЛЯ** учёта его безопасного статико-динамического **взаимодействия** со смежными подсистемами инфраструктуры и потоками. **ДЛЯ** оценки *остаточного ресурса* с поиском *повреждённых* элементов и **ДЛЯ** проведения систематической технической *диагностики, мониторинга и паспортизации*. То есть, вместо того, чтобы только **защищаться** ОТ ВРЕДНОЙ динамики, предлагается намного больше дополнительных алгоритмов **использования** её **ПОЛЕЗНЫХ** характеристик!

Широко понимая термин «**конструирование**», например, объектов в виде механических систем (зданий, сооружений, машин) и сред (грунтовых оснований и массивов; воздушных сред, газовых и жидкостных потоков), можно добавлять в него не только **качественные** как бы **художественные** характеристики восприятия, типа **Арт** в технической эстетике и дизайне, но и **количественные**.

И в этом специалистам – «технарям» - удаётся иногда внести облегчение в титаническую работу авторов исследований объектов искусства, в их «художественную неопределённость» и ... ожидание вдохновения. Видимо, так было и в известных принципах «пропорций золотого сечения», в музыкальной «поверке алгеброй гармонии» (Пушкин придумал фразу для «ремесленника» Сальери) и т.п.

Можно предположить для некоторых задач проектирования, безусловно, и возможную большую пользу применения количественно-качественных подходов для обычной проектной работы при создании новых зданий, сооружений, машин и архитектурных объектов - и малых, и монументальных форм. Эта польза может выражаться, например, в найденных рациональных численных границах и закономерностях изменения некото-

рых характеристик. Либо в эстетических, прочностных и иных эффектах проектно-дизайнерского поиска объекта нового типа. Наконец, - во временном эффекте быстрого алгоритма нестандартного проектирования и создания одного или нескольких объектов, что бывает определяющим при некоторых **чрезвычайных** обстоятельствах.

Хотелось бы, чтобы большинство из описанных методик и приёмов были как-то учтены и в новомодных **ВМ-технологиях** на разных стадиях. Но с жёстко-юридическим контролем при допуске специалистов в архивы документов, особенно в случаях судебных разбирательств аварий после изменения технологий без надлежащего контроля и учёта строительно-расчётных величин, событий типа пожаров и т.п.

**Выводы.** Конечно, пора методически заменить очень приблизительные расчёты «на динамику» и по простейшей модели **осциллятора**, по неопределённому чаще всего для континуальных систем понятию «*динамического коэффициента*»! Сколько в системе подсистем, столько должно быть учтено (и измерено в натуральных условиях) разных **диссипативных** показателей (логарифмических **декрементов** колебаний, причём, - на **разных уровнях амплитуд!**).

Следовательно, нужно создавать в сотрудничестве с мировыми организациями новые ДБН, альтернативные ПК с Пособиями и ЛДК с обучением и сертификацией по экспериментальным технологиям. И параллельно надо уже сегодня начинать переучивать инженеров дополнительно динамике. (Возможно, разработчики ПК увлеклись коммерцией и внешними картинками объектов для заказчиков и покупателей ошибочных ПК).

Талантливый народ быстро обучится, догонит мировой уровень и даст новых Янгелей, Лазарянов, Моссаковских и Бондарей (имена и деятельность которых надо широко «внедрять» в молодёжную среду)! А уж потом подружимся и с И.Маском. И начинать при карантине можно с дистанционного повторения азов динамики, кинематики и даже статики [16, 17, 18].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кулябко В.В. О политехнических задачах учебных подразделений, исследующих динамику конструкций, машин, сооружений и движение грунтовых массивов / Сб. науч. трудов междун. конф. «Соврем. инновац. технологии подготовки инжен. кадров для горной пром-ти и трансп-а 2018». – Д.: НГУ, 2018. С.382-390. <http://okmm.nmu.org.ua/ua/CITERTMTI2018.php>
2. Кулябко В.В. Розвиток динамічних моделей, розрахунків та випробувань складених конструкцій і споруд: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.23.01 «Будів. конструкції, будівлі та споруди» – Дніпро-ськ, 1998. – 32 с.



3. В.Кулябко. Проблемы защиты сооружений от динамических воздействий и о необходимости расширения сотрудничества в области динамики / Будівельні конструкції: Міжвідомчий наук.-техн. зб. наук. праць (будівн-тво) / Будівництво в сейсмічних районах України, вип. 82. Київ, ДП НДІБК, 2015.– С. 328-334.

4. Кулябко В.В. Варианты «digital-компьютерных» специализаций в строительном вузе на примере новых задач динамики конструкций, сооружений и машин / Строит-во, материаловед-е, машиностр-е: сб. науч. трудов. Вып.86. Серия: Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении. – Д.: ГВУЗ ПГАСА, 2015. –С.68-76.

5. Кулябко В.В. О предметной области знаний айтишников специализированных компьютерных наук строительного вуза и её развитии для отрасли / Строит-во, материаловед-е, машиностр-е // Сб. научн. трудов. Вып. 94. Серия:Компьют-е системы и информ-е технологии в образовании, науке и управлении. – Д.: ГВУЗ ПГАСА, 2016. –С. 107-111. <http://pgasa.dp.ua/ru/science/ISPC/>.

6. Кулябко В.В. При повышенной опасности для страны необходимо повысить безопасность зданий, сооружений и человека / Строит-во, материаловед-е, машиностр-е // Сб. научн. трудов. Вып. 93. Серия: Безопасность жизнедеятельности. – Д.: ГВУЗ ПГАСА, 2016. – С. 273-276. <http://pgasa.dp.ua/ru/science/ISPC/>

7. V. Kulyabko, V. Chaban, A. Makarov, D. Yaroshenko. Taking account of nonlinear properties of subsystems in problems of dynamic interaction of structures with loads, bases and flows / Nonlinear Dynamics – 2016 : Proceedings of 5th International Conference (September 27-30, 2016) / National Technical University “Kharkov Polytechnic Institute” at al. Kharkov, 2016. - P.125-132. ISBN 978-966-97613-0-9.

8. Кулябко В.В. О связях между нелинейной динамикой, нормами, расчётами, испытаниями и конструированием сейсмостойких объектов /Зб. тез доповідей Міжнар. Наук.-техн. Конф. «Проблеми теорії і практики сейсмостійкого будівництва» 25.10.2016. м. Одеса, 2016. – С.66-68. ISBN 978-617-7195-27-5.

9. Кулябко В.В. Новые способы решения сложных задач динамики сооружений созданы, но кто возьмётся за их внедрение и менеджмент? / Строит-во, материаловед-е, машиностр-е: сб. науч. трудов. Вып.100. Серия: Инновац-е технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражд., промышленного и транспортного назначения. – Д.: ГВУЗ ПГАСА, 2017. – С. 97-102. ISSN 2415-7031.

10. В.Кулябко, В.Наумов. Особенности нелинейной динамики сооружений и тенденции её развития в XXI веке / THEORETICAL FOUNDATIONS OF CIVIL ENGINEERING. Polish-Ukrainian Transactions. Польсько-українсько-литовський збірник праць. Vol. 24, pp. 27 – 34, Dnipro 2017. ISBN 978-83-7814-343-7

11. Кулябко В.В. Как снижать инфальтильность и повышать мотивацию студентов, поступивших в строительный вуз на специальность «компьютерные науки» /Строит-во, материаловед-е, машиностр-е // Сб. научн. трудов. Вып. 101. Серия: Компьют-е системы и информ-е технологии в образовании, науке и управлении. – Д.: ГВУЗ ПГАСА, 2017. –С. 140-145. ISSN 2415-7031. <http://pgasa.dp.ua/ru/science/ISPC/>

12. V. Kulyabko, M. Babenko. 2.8. Synergy of vibroecologists, programmers, inventors and testers of buildings and structures under the evaluation of the impact of the dynamics of structures / Раздел 2.8 в англоязычной монографии S 94 Sustainable housing and human settlement: Monograph / Under the general editorship Savytskyi M. – Dnipro - Bratislava: SHEE “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture” - Slovak University of Technology in Bratislava, 2018, с.108-115. <http://dropmefiles.com/mEqyS>

13. Кулябко В.В. О системных IT- и BIM-уточнениях динамических моделей, расчетов и испытаний при защите и диагностике зданий и сооружений /11-я Всеукр. научно-технич. конф. «Строит-во в сейсмических районах Украины». г.Одесса, ОГАСА, 2018. С.89-91.

14. Кулябко В.В. Как «ввести в резонанс» всемирно известные научные школы Днепра для подъёма инженерного престижа города / Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика: Зб. наук. праць Дніпроп. Націон. Унів. Залізн. транспорту ім. акад. В.Лазаряна. – Вип. 13. - Д.: ДІІТ, 2018. – с.46-53.

15. Кулябко В.В. Развитие нелинейной динамики конструкций и её применение в новых технологиях проектирования, испытаний и диагностики зданий и сооружений / Зб. праць «Сучасний рух науки»: тези доп. VII міжнар. науково-практ. інтернет-конфер., 6-7.06.2019 (Ред. Міжнар. Електрон. Наук.-практич. Журн. «WayScience»). Дніпро, 2019, с.960-967. <http://www.wayscience.com/konferentsiya-7-6-7-chervnya-2019/>

16. Кулябко В.В. Цикл видео-лекций в YouTube; в Центр-й гор-й библиотеке Днепра и т.п.: 24.12.15 **1)** «Современные проблемы и новые возможности динамики конструкций зданий, сооружений, машин и сред»; см. канал YouTube Public organisation Open Knowledge (Опубл. 18.08.2018, все видео-лекции и доклады проф. Кулябко В.В.). <https://www.youtube.com/channel/UCDitQdp5xNt7qwhz3TtOrwA;> <http://openknowledge.org.ua/osvitniy-hub-svit-nauky/leksiya-3-suchasni-problemi-ta-novimozhливosti-dinamiki-konstruktsiy-budivel-sporud-mashin-ta-seredovishh.html>

17. Кулябко В.В. **2),3)** Видео-Доклад, часть 1 – о создании и 40 лет работы межвузовского молодёжного кружка «Резонанс»; часть 2 – о создании сети Лабораторий Динамики Конструкций (1+2 части доклада на форуме в НГУ-2018). <http://okmm.nmu.org.ua/ua/CITEPTMTI2018.php#.W3wRrMJn2po>.

18. Кулябко В.В. Беседы (для дистанционного обучения) по динамике конструкций и сооружений (для абитуриентов, школьников, студентов, магистров, аспирантов): [Электронный ресурс] Playlist <https://www.youtube.com/playlist?list=PLgGEDGx05-radBTVRQgfjVqwRVwigj20i>

УДК 62.001.66:7.05:001.51

## ХУДОЖНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСНИХ ОБ'ЄКТІВ

**А.О. Логінова**

кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, НТУ «Дніпровська політехніка», м Дніпро, Україна, e-mail: [An.O.Loginova@gmail.com](mailto:An.O.Loginova@gmail.com)

**Анотація.** В роботі широко описаний термін «художня модель», яким позначають одну з найважливіших функцій мистецтва – відображення реальної дійсності за допомогою умовних художніх засобів і образів мистецтва з метою досягнення і розкриття людського сенсу цієї реальності.

*Ключові слова:* художнє моделювання, теорія дизайну, художня комунікація.