

## ШКОЛА МЕХАНИКИ ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА И АКТИВНОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ. УПРАВЛЯЕМЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Абовский Н.П., Енджиевский Л.В., Инжутов И.С., Деордиев С.В.,  
Палагушкин В.И., Максимова О.М., Марчук Н.И.  
*Инженерно-строительный институт  
Сибирский федеральный университет*

### 1. Основные направления научных исследований коллектива:

Красноярская школа механики деформируемого твердого тела и активного пространственного формообразования представлена разработками в следующих четырех направлениях:

#### *1.1. Для областей с явными закономерностями, поддающимися формализации:*

- вариационные принципы механики и численные методы расчета; вариационно-разностные схемы, алгоритмы и программы расчета сложных нелинейных оболочечно-стержневых систем;
- создание и развитие нового фундаментального междисциплинарного направления управляемые конструкции на основе синтеза компьютерного и физического моделирования; разработка систем автоматически управляемых конструкций, в том числе нейроуправление;
- регулирование, синтез, оптимизация конструкций и систем;

#### *1.2. Для областей с неявными закономерностями и неклассическими моделями:*

- проблемы прикладной нейроинформатики, в том числе в задачах механики и обучаемых нейроуправляемых конструкций как разновидности интеллектуальных систем, нейрооптимизация, нейропрогнозирование;
- управление конструкциями, системами и процессами в условиях неопределенности воздействия внешней среды и недостаточно развитой теории;
- конструктивные решения, снижающие негативное воздействие окружающей среды;

#### *1.3. Для областей, характеризующихся неопределенностью и не поддающихся формализации (где неприменимы подходы 1.1 и 1.2):*

- новые технологии строительства в особых грунтовых условиях и зонах повышенной сейсмичности;
- повышение живучести пространственных конструкций;
- оперативная ликвидация аварийных последствий, предотвращение аварий: сейсмика, просадка грунта, подтапливаемые территории;
- проблемы принятия решений в условиях неопределенности;

#### **1.4. Активное формообразование новых пространственных конструкций, включая управление ими:**

- новые эффективные пространственные конструкции: сталежелезобетонные, металлические, деревометаллические, композиционные;
- здания замкнутого типа, резервуары, пространственные фундаментные платформы;
- использование подходов (1.1, 1.2, 1.3) в сочетании с инженерной интуицией, изобретательством и творчеством при создании, разработке и проектировании конструкций и систем;

Обобщение и развитие этих подходов для строительства в сложных грунтовых условиях и сейсмичности, в том числе для северных нефтегазоносных районов Красноярского края является одним из направлений данного исследования на 2011-2013 годы.

## **2. Основные научные результаты коллектива (формулировка каждого результата, где опубликован, год публикации):**

### **Основные результаты, достигнутые коллективом школы по:**

- **Фундаментальным систематическим исследованиям вариационных принципов теории упругости и теории оболочек**, по построению полной системы функционалов и многим частным (локальным) принципам, по разработке вариационно-разностных методов еще на заре компьютерной эры и развития численных методов и применения их к исследованиям различных оболочечных систем, оболочкам-гипарам, к многоконтактным задачам теории ребристых оболочек и др.

Расчеты и натурные испытания железобетонных оболочек покрытия реальных объектов строительства в Красноярском крае, структурных металлических конструкций, сложных ребристых оболочечных и оболочечно-стержневых систем, реализованных в конструкциях уникальных вентиляторов для атомных электростанций, летательных аппаратах и многих других инженерных сооружениях. Данные работы были выполнены по заданиям Главкрасноярскстроя, НИЖБ и ЦНИИСК Госстроя СССР, предприятий оборонной промышленности, в частности, п/я Г – 4805, известного ныне как создателя спутников и ракетной техники, многолетних договоров с кафедрой МАИ "Летательные аппараты", руководимой академиком Образцовым И.Ф. Эти работы получили высокую оценку и были отмечены премиями академика Б.Г. Галеркина, Минвуза и др. По данному направлению опубликовано 2 монографии, 15 учебных пособий, более 70 публикаций в центральных изданиях и материалах международных и Российских научных конференциях, защищено 3 докторских и более 30 кандидатских диссертаций.

- **Развитию и строительству в Красноярском крае пространственных конструкций** в железобетоне, структурно-металлическом и сталежелезобетонном исполнении. Были разработаны новые сборные сталежелезобетонные конструкции из унифицированных элементов, в которых каждый из составляющих материалов находится в выгодных условиях работы, чем определена их эффективность.

- **Разработке новых комбинированных сталежелезобетонных конструкций и покрытий, созданных на стыке развития лучших образцов железобетонных и металлических пространственных конструкций.**

В области пространственных конструктивных форм впервые сформулированы принципы синтеза и развития большепролетных конструкций покрытий зданий, в том числе предложен региональный принцип создания эффективных конструкций в Красноярском крае; проведена серия испытаний новых конструкций; обоснованы, разработаны и промышленно освоены пространственные конструкции покрытий нового типа в виде сборных сталежелезобетонных пространственных ферм из унифицированных элементов для широкой серии пролетов и др. Важнейшим конструктивным фактором, реализующим данные возможности концепции, является использование предложенных **однотипных унифицированных элементов с однотипными пространственными связями**, из которых монтируются как полносборные большепролетные здания замкнутого типа, так и пространственные фундаментные платформы. В итоге сложилось новое перспективное направление развития конструкций зданий - сталежелезобетонные конструкции;

- **В последнее тридцатилетие в Красноярске сформировалось** научное направление, связанное с решением проблем формообразования, конструирования и расчета эффективных пространственных, комбинированных на основе древесины, блоч-

ных конструкций – конструкций нового поколения для строительства зданий массовых сери, в том числе и спортивных сооружений.

За обозначенный период в результате анализа принципов формообразования, многочисленных физических и численных исследований были получены новые конструктивные решения таких блочных конструкций, как плиты с длиной на пролет здания, блок-фермы, блок-своды и блок-арки для покрытий и перекрытий зданий, а также рамно-панельные блок-секции зданий.

Договор со Спецстроем (Железногорск) Производство ресурсосберегающих полнофункциональных строительных модулей (конструкций, домокомплексов) для массового строительства малоэтажных молодежных поселков (пилотная площадка в ЗАТО г. Железногорск).

Результаты научных исследований по данному направлению опубликованы более в 30 сборниках «Пространственные конструкции в Красноярском крае», изданных кафедрой. 12 патентов РФ, 4 учебных пособия с грифом УМО, более 90 статей в центральных изданиях, материалах международных и Российских научных конференциях, защищено 2 докторских и более 10 кандидатских диссертаций. Введена в учебный процесс новая дисциплина «Комбинированные из стали, бетона, дерева пространственные конструкции блочного типа».

• **Созданию и развитию нового фундаментального междисциплинарного направления - управляемые конструкции**, которые имеют эффективные приложения в различных областях техники (строительство, системы автоматического управления, приборостроение, антенностроение и др.), в активном творческом образовании и являются разновидностью современных интеллектуальных систем. Управляемые конструкции - новый этап развития конструктивного формообразования. Создан и успешно функционирует многие годы научно-обучающий комплекс «Управляемые конструкции», включающий учебный класс с действующими моделями управляемых конструкций, изданные и несколько раз переизданные с дополнениями учебные пособия с грифом Министерства образования. В России уже работают его активные последователи по разработкам управляемых конструкций в науке, технике и в образовании.

Основные научные результаты представлены в 3 монографиях, учебных пособиях, 15 патентах более 50 статей в центральных изданиях, материалах международных и Российских научных конференциях, защищено 3 кандидатских диссертаций.

• **разработке и применению нейросетевой технологии к строительным проблемам**, в том числе к **нейроуправляемым конструкциям** как разновидности интеллектуальных систем, к методам нейрооптимизации и нейропрогнозирования. Уже почти 10 лет успешно функционирует в г. Красноярске лаборатория прикладной нейроинформатики, созданная в рамках международной академии наук высшей школы.

Основные научные результаты представлены в монографии, 5 учебных пособиях, 5 патентах, более чем 40 статьях в центральных изданиях, материалах международных и Российских научных конференциях. Защищены 2 первые в стране кандидатские диссертации по данной тематике;

• **строительству в сложных грунтовых условиях и сейсмичности**, разработаны новые альтернативные принципы и конструктивные решения, позволяющие преодолеть неопределенные негативные воздействия со стороны слабых грунтов. Это конструкции малочувствительные к неравномерным осадкам и сейсмическим нагрузкам в виде сплошных пространственных фундаментных платформ на скользящем слое, зданий замкнутого типа, объединенных с платформами, пространственные многосвязные системы, обладающие повышенной живучестью.

Пространственные фундаментные платформы более экономичны по расходу бетона по сравнению со свайными фундаментами, не требуют значительных земляных

работ и применения тяжелой техники, позволяют сократить сроки строительства и строить на бросовых землях, малопригодных для традиционных конструкций, сохраняя при этом экологию окружающей среды и снижая себестоимость строительства квадратного метра на 10-12 процентов. Это подтверждает опыт строительства реальных объектов фирмой «Енисейлестрой».

Масштабное применение ПФП в малоэтажном строительстве в стране может дать экономию сотни миллионов рублей. В Красноярске уже построено 7 зданий на ПФП в железобетонном варианте в сложных грунтовых условиях (на насыпных грунтах, на обводненной территории в пойме реки).

Особенно важно, что здесь решаются одновременно системно две проблемы: пространственная фундаментная платформа позволяет строить на слабых грунтах, а скользящий слой между платформой и основанием – обеспечивает сейсмостойкость.

• *Организован совместно с КНЦ СО РАН на общественных началах Научный инженерный центр геодинамики и сейсмостойкого строительства, который впервые* объединил в единый коллектив строителей и геофизиков. Деятельность центра направлена на удовлетворение объективной потребности в обеспечении сейсмической, экологической безопасности и эффективном развитии Красноярского края.

В результате работы Центра выяснилось, что более 30 % территории Красноярска находятся в сверх нормативной зоне сейсмичности. По инициативе Центра правительством края принята концепция повышения сейсмостойкости зданий и сооружений и включения в Федеральную программу на 2009-2013 г.г. Принято участие в актуализации строительных правил и внесены предложения в Федеральный Закон по сейсмобезопасности. Разработаны и запатентованы внешние сейсмозащитные устройства зданий и сооружений. Получено 13 патентов, опубликована монография и 15 статей в центральных изданиях и материалах международных конференций.

Основные научные результаты представлены в монографии, 2 учебных пособиях, 30 патентах, более чем 45 статьях в центральных изданиях, материалах международных и Российских научных конференциях. Защищена 1 кандидатская диссертация. **проблемам творчества в строительстве, конструировании, изобретательстве и обучении** в высшей школе, получившие признание в стране и за рубежом.

• **Разрабатываются философские проблемы творчества в инженерной, научной** и педагогической деятельности, история творческой мысли; активные методы обучения инженерному творчеству; системный подход, законы развития техники, методы принятия решений, инженерная психология. Монографии и учебные пособия Н.П. Абовского отличаются оригинальностью и не имеют аналогов. Разработанный им системный алгоритм творческого мышления получает все большее признание.

Обобщен успешный опыт почти полувековой деятельности Красноярской научной школы механиков и конструкторов по развития методов творческого мышления. Краеугольным камнем методики научного творчества является осмысление системного алгоритма творческого мышления, который базируется на триаде системный подход – законы развития системы – методы принятия решений и овладение им.

Психолого-философская часть методологии подкреплена разнообразными конкретными примерами научных разработок и изобретений, охватывающими поиск новых принципов, порождающих инновационные конструктивные решения, в частности для управления конструкциями, включены энергетические аспекты, строительство в сложных грунтовых условиях и сейсмичности, практическая оптимизация конструкций, их формообразование и др.