

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТЕНДЫ «КОНСТРУКТОР»,  
«ПЛИТА» И «СТВОР» НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
ЦЕНТРА МОНИТОРИНГА МГСУ**

*Александр Всеволодович Кухта  
ФГБОУ ВПО МГСУ (НИУ), старший научный сотрудник*

Центр мониторинга Московского государственного строительного университета (МГСУ) создан для решения широкого круга научных, образовательных, методических и других задач в области строительного мониторинга. При этом одной из целей создания Центра стала консолидация усилий ведущих специалистов Университета, а также специалистов других организаций, заинтересованных в направлении разработки и внедрения современных и эффективных средств, систем и методов мониторинга строительных конструкций и сооружений. Инициативной группой локального проекта под руководством доктора технических наук, профессора МГСУ А.В. Коргина для первой очереди Центра были отобраны пять научно-образовательных стендов с условными названиями «Этажерка», «Конструктор», «Плита», «Створ» и «Фасад». Все стенды являются уникальными авторскими стендами, и каждый из них основан на работах ведущих научных сотрудников МГСУ в перспективных направлениях строительной физики, проводимых совместно со студентами и аспирантами Университета. Стенды задуманы как многофункциональные программно-аппаратные комплексы, пригодные для решения широкого спектра задач в интересах строительной индустрии. Однако для каждого из стендов сформулирована также базовая научная проблема, на решение которой стенд ориентирован в первую очередь.

Стенд «Этажерка» предложен руководителем локального проекта А.В. Коргиным, а стенд «Фасад» – заведующим кафедрой «Инженерная геодезия» И.В. Рубцовым. Два из трех стендов, представленных в настоящей публикации, а именно стенды «Плита» и «Створ», предложены А. Кухта. Авторами научной концепции стенда, положенной в основу при разработке стенда «Конструктор», являются А. Белостоцкий и А. Кухта. В научных работах по тематике рассматриваемых трех стендов, в проектировании стендов и их практической реализации активное участие принимали аспиранты МГСУ А. Галушко и М. Савин.

## 1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД «КОНСТРУКТОР»

Название «Конструктор» – это краткое и условное название стенда. Его полное название: экспериментальный стенд «Адаптивные системы мониторинга» обязано своим происхождением концепции адаптив-

ных математических моделей и адаптивных систем мониторинга, изложенной в публикации [1]. В указанной статье предлагается новый подход к разработке и реализации систем мониторинга строительных конструкций.

В настоящее время при проектировании систем мониторинга, в том числе для вновь возводимых сооружений принято анализировать проект на предмет нахождения в этом проекте слабых мест, перегруженных конструкций и/или рассматривать модели угроз. Однако, перефразируя остроумное замечание доктора технических наук, профессора Ю.И. Кудишина, можно сказать, что, если проект не содержит решений, учитывающих указанные обстоятельства, то необходимо переделать проект, а не создавать дорогостоящую систему мониторинга. С другой стороны, статистика аварий, в том числе ежегодно приводимая доктором технических наук, профессором К.И. Ереминым показывает, что большая часть отказов конструкций происходит по причинам, которые трудно или невозможно было указать, анализируя проект. При оптимальной организации предпроектных и проектных работ строительное сооружение не должно содержать «слабых мест» – выявление и устранение «слабых мест» является одной из главных задач процесса проектирования, а также предметом тщательного и независимого анализа на стадии экспертизы проекта.

В зависимости от качества предпроектных изысканий и проектирования строительные объекты можно условно отнести к одной из трех групп, а именно:

1. Объекты, возводимые при наличии грубых, критических ошибок на стадии предпроектных изысканий и/или проектирования.
2. Объекты с низким качеством проекта, содержащего значительное число не критических ошибок и недоработок.
3. Объекты с высоким качеством предпроектных изысканий и проекта, при котором тщательный и независимый анализа не выявляет ошибок и недоработок.

Для объектов из групп 1 и 2 можно говорить о существовании априорной информации относительно наиболее вероятных дефектов конструкций, которая может быть получена на основании анализа технической документации проекта. В случае 3 такая информация не может быть получена *a priori*, а потенциально опасные дефекты характеризуются случайными параметрами и локализацией.

Традиционные подходы к разработке систем мониторинга оказываются эффективными при «слабом» проекте, т.е. в ситуации 2. В этом случае разработчик системы мониторинга берет на себя задачу анализа уязвимостей проекта, дублируя, по существу, работу проектировщика и специалиста технической экспертизы. Для случая 3 традиционный подход оказывается неэффективным. Более того, применение традиционного

подхода к качественному проекту может быть не только бесполезным, но вредным, поскольку ориентация на гипотетические «слабости» объекта приводит к тому, что система мониторинга пишет «нули», а возникновение потенциально опасных дефектов системой не контролируется.

Подход, основанный на разработке адаптивных математических моделей, ориентирован на создание систем мониторинга, способных регистрировать и локализовать случайные дефекты строительных конструкций на ранних стадиях их возникновения. Адаптивная математическая модель строительного объекта представляет собой математическую модель, решающую обратную задачу нахождения отклонений параметров конструкции от их проектных значений на основе анализа параметров, которые регистрируются различными датчиками системы мониторинга. Основой для построения адаптивной модели является математическая, как правило, пространственная конечноэлементная модель объекта. Кроме того, при разработке адаптивной модели могут и должны учитываться различные условия и ограничения, в том числе, технические и экономические. Для иллюстрации лишь некоторых проблем, требующих решения при построении адаптивных моделей, рассмотрим простой пример. Пусть контролируемый объект представляет собой простейшую стержневую конструкцию в виде прямоугольного параллелепипеда (рис.1).

Пусть также в распоряжении имеется ограниченное количество измерительных средств, позволяющих контролировать НДС лишь в нескольких точках конструкции. Ясно, что при установке всех датчиков вблизи друг друга в ограниченной области конструкции, возможности измерительной системы по локализации случайного дефекта будут минимальными, в то время как их установка на разных элементах конструкции позволит в той или иной степени локализовать случайные дефекты. Одна из задач, которая должна быть решена при разработке адаптивной модели для системы мониторинга объекта, – это задача оптимального расположения имеющихся измерительных средств, при котором случайный дефект конструкции может быть локализован наилучшим образом. Однако, решение этой задачи не очевидно даже для простейшего случая.

Таким образом, построение адаптивной математической модели объекта состоит не только в решении обратной задачи, т.е. определении некоторой совокупности входных параметров математической модели строительного объекта по заданному набору ее контролируемых параметров, но требует также решения задачи оптимальной организации самой измерительной системы. Подходы к решению задачи построения адаптивной модели реального объекта в

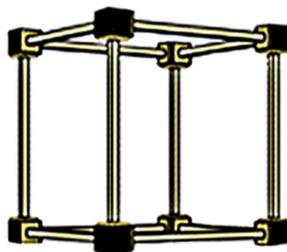


Рис.1.1. Простая стержневая конструкция

общем случае в настоящее время неизвестны. В этой ситуации необходим поиск путей решения обратных задач и задач оптимизации, основанный на сочетании аналитических средств, средств компьютерного моделирования и полуэмпирических подходов, которые должны стать результатом изучения закономерностей поведения реальных строительных конструкций и их физических моделей.

Для разработки и отладки алгоритмов построения адаптивных математических моделей в Центре мониторинга МГСУ был создан стенд «Конструктор», общее компоновочное решение которого представлено схематично на рис.1.2.

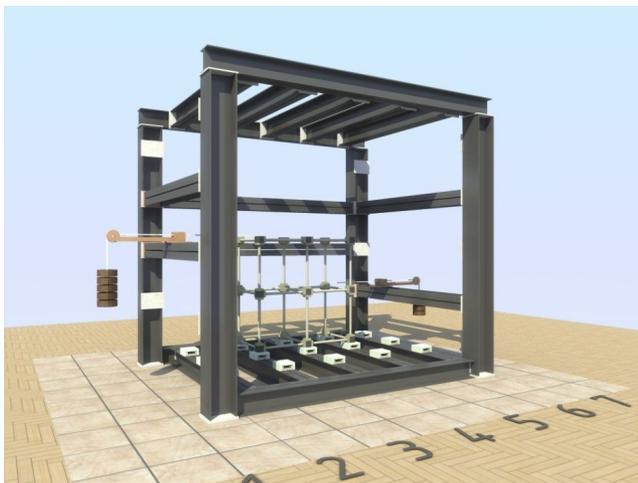


Рис.1.2. Общее компоновочное решение стенда «Конструктор»

В состав стенда входят:

- опорно-загрузочная рама стенда с системой загрузочных устройств;
- физическая модель строительной конструкции;
- датчики системы мониторинга параметров модели;
- датчики задаваемых нагрузок;
- система сбора и первичной обработки данных измерений;
- система математического моделирования.

Конструктивное решение опорно-загрузочной рамы призвано обеспечить ее высокую жесткость. С целью создания надежного контакта нижних балок опорной рамы с несущими конструкциями помещения, в котором располагается стенд, предусмотрено использование специальной подливки под нижние балки опорно-загрузочной рамы.

Физическая модель решена как модульная сборно-разборная конструкция, содержащая базовые металлические стержневые элементы и

блоки их сопряжения. Базовые стержневые элементы выполнены в виде цилиндрических стержней сплошного сечения диаметром 24 мм с квадратными фланцами 20×60×60 мм и общей длиной 440 мм. Блоки сопряжения базовых стержневых элементов модели имеют кубическую форму и размеры 60×60×60 мм и обеспечивают жесткое болтовое соединение стержневых элементов модели под углами, кратными 90°. Базовым модулем физической модели является кубическая пространственная конструкция, состоящая из 12 базовых стержневых элементов и 8 блоков сопряжения с размером в осях 500×500×500 мм (см. рис.1.1). Отличительными особенностями модели являются:

- точное исполнение ее конструктивных элементов, что в условиях упругой работы должно обеспечивать соответствие результатов расчетов конечноэлементной модели и действительной реакции модели на воздействия в пределах 3-5%;
- возможность гибкого трансформирования конструкции с добавлением, при необходимости, элементов типа навесных ограждений, внутренних ребер жесткости и т.д.;
- возможность замены любого из элементов конструкции элементом, имитирующим тот или иной «дефект».

Некоторые из возможных физических моделей стенда показаны на рис.1.3, а основной набор «дефектных» элементов – на рис.1.4.

В состав стенда «Конструктор» входит система мониторинга, включающая в себя несколько подсистем датчиков, а также систему первичной обработки информации. Основными датчиками системы мониторинга являются тензометры, датчики линейных перемещений и акселерометры. Сигналы этих датчиков поступают на многоканальный регистратор, подвергаются необходимой обработке и отображаются в виде таблиц и графиков.

Детальный анализ экспериментальных данных, их сопоставление с результатами компьютерного моделирования, а также их интерпретацию на основе адаптивных моделей предполагается производить с использованием специализированного программного обеспечения, разработка и совершенствование которого является одной из основных задач базовой программы исследований на данном стенде.

Помимо выполнения базовой научной программы, на стенде «Конструктор» в настоящее время запланировано проведение других научно-исследовательских работ. В частности, планируется изучение поведения металлоконструкций при потере устойчивости отдельных элементов, а также работы по исследованию возможностей новых эффективных средств и систем мониторинга. Стенд позволяет эффективно решать разнообразные образовательные задачи, включая задачи переподготовки кадров специалистов строительной отрасли.

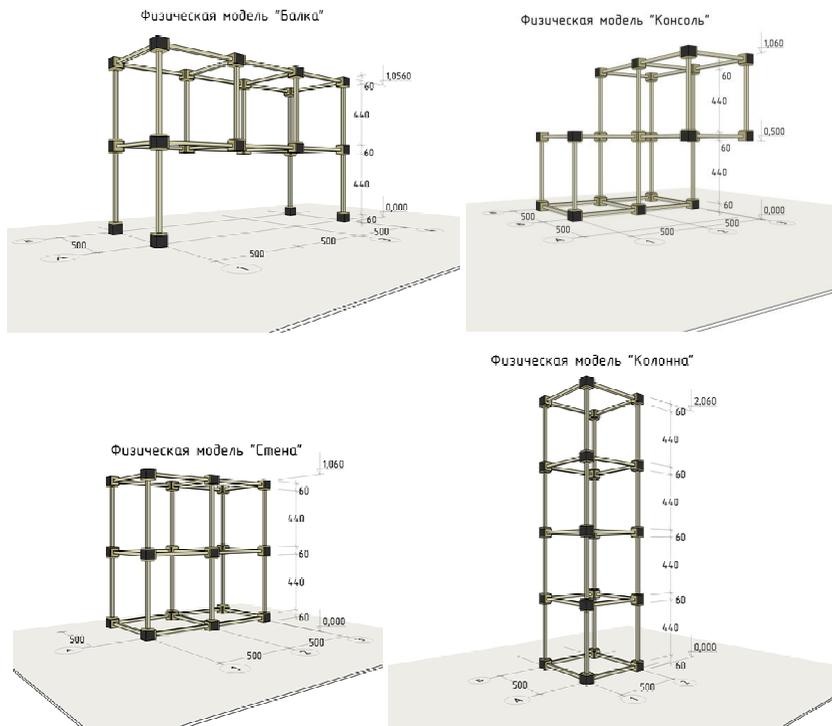


Рис.1.3. Примеры физических моделей

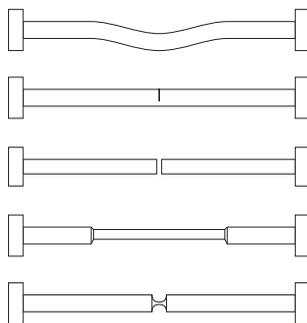


Рис.1.4. Виды некоторых стержневых элементов, имитирующих дефекты

### 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД «ПЛИТА»

Экспериментальный стенд «Плита» (полное название: стенд «Вибродинамические системы мониторинга») Центра мониторинга МГСУ предназначен для решения научных, методических и образовательных задач в области мониторинга технического состояния строительных конструкций с использованием методов регистрации и анализа динамических характеристик строительных объектов, в том числе вынужденных и собственных колебаний сооружения и отдельных его конструкций.

В качестве базовой физической модели стенда выбрана железобетонная плита на упругом основании. Выбор этой физической модели обусловлен особой актуальностью разработки эффективных средств контроля состояния систем фундамент-основание. Контроль состояния системы фундамент-основание является одной из важнейших задач мониторинга технического состояния строительных объектов. Значительная часть отказов зданий и сооружений возникает в связи с такими негативными процессами в системе фундамент-основание, как разуплотнение структурно-неустойчивых грунтов в результате суффозионных процессов или отмерзания (как сезонного, так и техногенного характера), образование карстовых пустот, изменение свойств грунтов при динамических воздействиях и т.д. Нарушения в работе системы фундамент-основание приводят, как правило, к изменению режима работы большого числа конструктивных элементов сооружения, начиная от существенного перераспределения напряжений и кончая изменением характера связей и потерей целостности. В ряде случаев, последствия развития таких процессов при их несвоевременном обнаружении оказываются катастрофическими, а стоимость ремонтно-восстановительных работ оказывается весьма значительной, подчас сопоставимой со стоимостью самого сооружения.

Сравнительный анализ некоторых из существующих методов контроля технического состояния системы фундамент-основание, в том числе и вибродинамического метода контроля приведен в работе [2]. В работе показано, что вибродинамические методы контроля обладают рядом существенных преимуществ и могут обеспечить раннее обнаружение потенциально опасных аномалий в системе фундамент-основание на стадии, предшествующей появлению опасных для сооружения деформаций.

Целью научных исследований по Базовой научной программе является разработка эффективных методов раннего обнаружения и контроля потенциально опасных изменений в системе фундамент-основание на основе регистрации и анализа динамических характеристик.

В качестве основы для разработки вибродинамической системы мониторинга выбран предложенный группой А.Ф. Еманова [3] метод стоячих волн. Отличительной особенностью метода является возможность получения детальной информации об амплитудных, фазовых и

других распределениях для различных частот колебаний и различных сечений объекта, в том числе и без специального возбуждения его колебаний (возбуждение микросейсмами). Указанный метод прошел апробацию при обследованиях большого числа строительных объектов различного назначения, в том числе объектов высокого класса ответственности, и показал свою высокую эффективность.

Для перехода от обследования объектов к мониторингу их состояния необходимо решить целый ряд задач, в том числе:

- разработать принципы построения систем непрерывного контроля состояния объекта на основе регистрации динамических характеристик в ограниченном числе точек;
- оптимизировать существующие и/или предложить новые методы контроля динамических характеристик, применимые для реализации на их основе систем мониторинга;
- наметить пути системной интеграции физических средств мониторинга и программно-аппаратного комплекса математического моделирования для обеспечения надежной интерпретации результатов наблюдений с использованием адаптивных моделей и т.д.

Экспериментальный стенд «Плита» создавался как многофункциональный экспериментальный стенд для решения различных научно-образовательных задач, при этом как конструкция стенда, так и программно-аппаратный комплекс стенда оптимизированы для выполнения изложенной выше базовой научной программы.

Общее компоновочное решение стенда «Плита» представлено на рис.2.1.

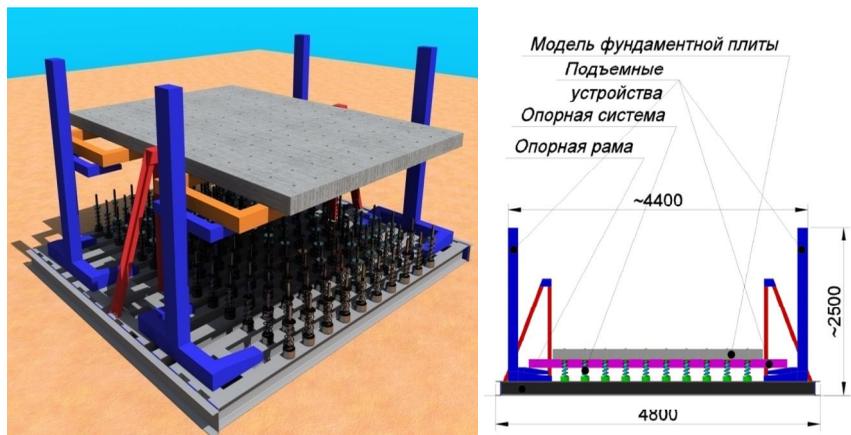


Рис.2.1. Общее компоновочное решение стенда «Плита»

В состав стенда входят:

- опорная рама стенда;
- система управляемых пружинных опорных блоков;
- подъемные устройства с подъемной рамой;
- физическая модель фундаментной плиты;
- датчики системы мониторинга параметров модели;
- датчики реакции опор;
- система сбора и первичной обработки данных измерений;
- система математического моделирования.

Основная физическая модель стенда представляет собой систему, состоящую из модели фундаментной плиты и опорной системы. На рис.2.2 представлены общий вид и конструктивная схема модели фундаментной плиты с элементами опорной системы.

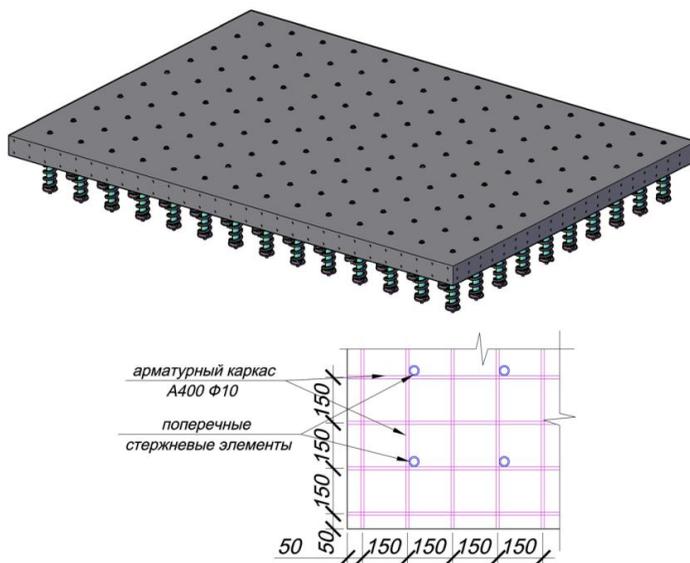


Рис.2.3. Общий вид и конструктивная схема модели фундаментной плиты с элементами опорной системы

Физическая модель фундаментной плиты имеет следующие основные конструктивные параметры:

- Габаритные размеры модели плиты составляют 140×3100×4300 мм.
- Плита изготовлена из бетона класса по прочности на сжатие порядка В25 с заполнителем фракции 5-10.
- В модели фундаментной плиты установлен арматурный каркас, состоящий из двух арматурных сеток с шагом 150 мм.

- В качестве арматурных стержней используется обычная строительная арматура А400 диаметром 10 мм.
- В тело плиты установлены поперечные конструктивные элементы в виде стальных трубок диаметром 34 мм.

Опорная система имитирует основание, соответствующее модели Винклера, и состоит из опорной рамы и установленных на ней 140 опорных блоков. Между опорной рамой и несущими конструкциями помещения, в котором располагается стенд, выполнена специальная подливка, обеспечивающая надежный контакт опорной рамы с этими конструкциями и исключающая возникновение собственных колебаний опорной рамы. Жесткость пружин опорных блоков 2 т/м, а шаг их расстановки – 300 мм.

На рис.2.4 показаны общий вид и конструктивная схема опорной системы.

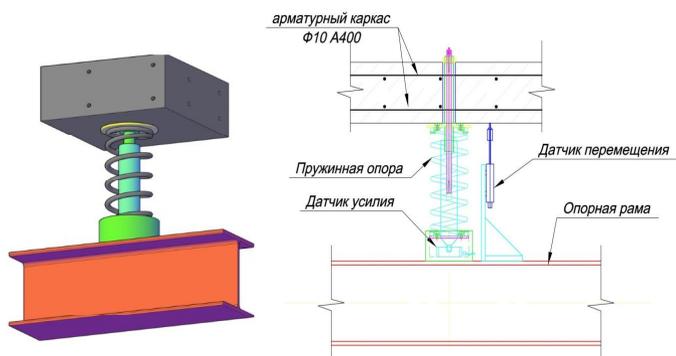


Рис.2.4. Общий вид и конструктивная схема опорной системы

Конструкция опорной системы обеспечивает возможность изменения параметров основания в широких пределах. Предусмотрена возможность:

- независимого увеличения или уменьшения реакции отдельных опор;
- полного выключения отдельных опор из работы;
- моделирования жестких опор;
- регулировки параметров любого опорного блока с верхней поверхности плиты без ее подъема.

Такая конструкция опорной системы позволяет имитировать разнообразные условия работы системы фундамент основание, в том числе различные по форме и местоположению полости и/или области с повышенной жесткостью.

Наличие подъемников и жесткой подъемной рамы позволяет, при необходимости, вносить изменения и дополнения в конструкцию опорной системы стенда.

Одной из основных систем стенда «Плита» является комплексная система мониторинга. В состав этой системы входят:

- Подсистема тензометрических датчиков деформации. Тензорезисторы установлены на арматурные стержни как верхней, так и нижней арматурной сетки. Суммарное количество датчиков 234 шт. Датчики представляют собой короткобазовые фольговые тензорезисторы.
- Подсистема датчиков линейных перемещений. Датчики устанавливаются на опорную раму и составляют часть конструкции опорных блоков. Суммарное количество датчиков 70 (140) шт.
- Подсистема датчиков усилия. Датчики усилия являются составной частью каждого опорного блока, позволяют регистрировать как усилия сжатия, так и растяжения. Суммарное количество датчиков 70 (140) шт.
- Система высокочувствительных акселерометров, которые устанавливаются на верхнюю поверхность плиты.

На рис.2.5 показана схема размещения некоторых датчиков.

Сигналы датчиков системы мониторинга поступают на многоканальный регистратор, подвергаются необходимой обработке и отображаются в виде таблиц и графиков.

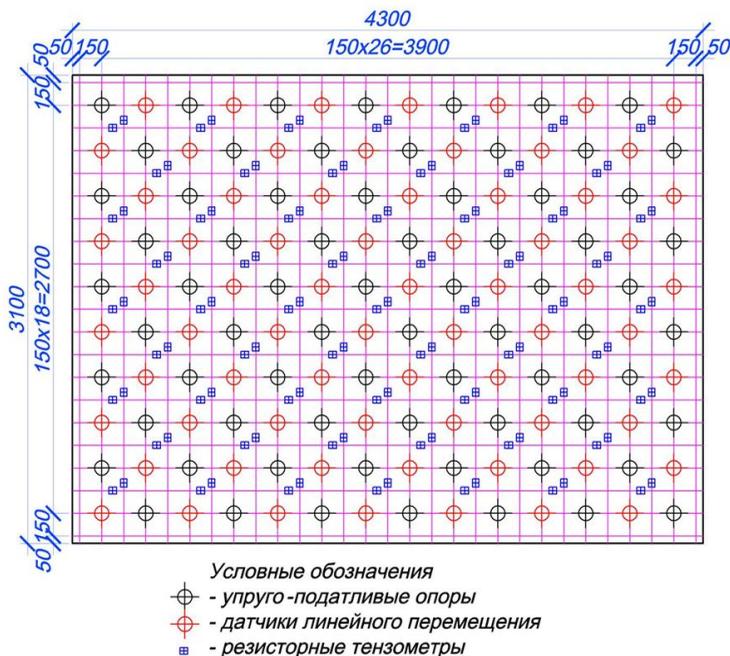


Рис.2.5. Схема размещения тензометров и датчиков линейного перемещения

Детальный анализ экспериментальных данных, их сопоставление с результатами компьютерного моделирования, а также их интерпретацию на основе адаптивных моделей предполагается производить с использованием специализированного программного обеспечения, разработка и совершенствование которого является одной из основных задач базовой программы исследований на данном стенде.

Помимо базовой научной программы, на стенде запланированы и уже проводятся другие исследовательские работы в интересах строительной отрасли. Так, например, в процессе заливки плиты экспериментального стенда группой сотрудников профессора А.П. Пустовгара были проведены исследования динамики изменения температурных и деформационных полей в процессе твердения бетона.

### 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД «СТВОР»

Экспериментальный стенд «Створ» (полное название «Геодезический мониторинг протяженных объектов») предназначен для решения научно-методических и образовательных задач в области разработки перспективных методов и систем мониторинга геометрических параметров строительных конструкций на основе современных программно-аппаратных средств. При этом основное внимание направлено на разработку средств контроля геометрических параметров протяженных строительных объектов (створные измерения), таких, как, например, колонны, балки, плиты перекрытий, фундаментные и фасадные конструкции, конструкции ограждения котлованов, конструкции высотных и большепролетных сооружений, мостовые конструкции и многие другие.

Основанием для разработки концепции стенда и формулировки базовой научной программы послужила публикация [4], в которой содержится обоснование нового метода створных измерений на основе современных систем видеорегистрации. Исследование особенностей и возможностей подобных систем является главной целью базовой научной программы стенда «Створ».

Основу стенда составляет программно-аппаратный комплекс «ВидеоРИТМ-А», разработанный специалистами ООО «ВидеоСкан» на основе указанной публикации. Комплекс «ВидеоРИТМ-А» способен регистрировать с высокой точностью и в автоматическом режиме смещение нескольких маркированных точек объекта в выбранном створе.

В состав экспериментального стенда входят:

- измерительный комплекс «ВидеоРИТМ-А»;
- физическая модель протяженного объекта;
- комплект марок.

Измерительный комплекс «ВидеоРИТМ-А» состоит из видеорегистратора, представляющего собой специализированную видеокамеру с

USB-интерфейсом, и программного обеспечения, обеспечивающего обработку изображений, необходимую для определения координат выбранных точек. Программное обеспечение позволяет задавать параметры видеосъемки и визуализировать результаты определения координат мишеней. Камера видеорегистратора получает необходимое питание от персонального компьютера, к которому она подключена по USB-интерфейсу.

Физическая модель протяженного объекта реализована в виде совокупности опорных поверхностей, расположенных вдоль трассы длиной 18 м. Опорная поверхность, составляющая часть специального кронштейна, расположенного на одном из концов трассы, используется для установки видеорегистратора. Три опорных пластины смонтированы на колоннах помещения Центра мониторинга, и еще три – на специальных стойках-тумбах, установленных вдоль трассы. Важной частью физической модели стенда являются микропозиционеры, установленные на опорных поверхностях, которые позволяют имитировать смещение заданных точек и обеспечивают независимый контроль величины этих смещений.

Марки, используемые на данном стенде, отличаются от тех, которые обычно применяются при геодезических измерениях. Для обеспечения необходимой чувствительности системы и ее высокой надежности в работе [4] предложено использовать в качестве марок активные точечные мишени. Мишени, изготовленные для стенда, имеют корпус в виде прямоугольного параллелепипеда размером 40×40×80 мм. Внутри корпуса находятся автономный источник питания и светодиод с регулятором яркости. Светодиод установлен напротив отверстия в корпусе мишени и излучает в красной части видимого спектра. Время работы мишени без замены источника питания не менее 1 года. Активные мишени устанавливаются на устройства микроперемещения в выбранных маркируемых точках физической модели.

На рис.3.1 представлено общее компоновочное решение стенда.



Рис.3.1. Общее компоновочное решение стенда «Створ»

Работа по базовой научной программе предполагает определение основных метрологических характеристик измерительной системы для различных условий наблюдения. Уже первые эксперименты, проведенные в стабильных температурных условиях и в отсутствие сколь угодно заметных движений воздуха, показали, что среднеквадратическое отклонение координат для любой из неподвижных мишеней, расположенных на расстоянии от 6 до 18 м от видеорегистратора, не превышает 0,1 мм. Совершенно очевидно, что при работе на реальных объектах достижение подобных параметров потребует значительных усилий по компенсации негативного воздействия различных дестабилизирующих факторов, которые могут оказать существенное влияние на чувствительность, точность и другие параметры измерительной системы.

Особое внимание планируется уделить исследованию влияния таких дестабилизирующих факторов, как смещение видеорегистратора и рефракция.

Одним из методов компенсации смещения видеорегистратора, применимость которого будет исследоваться в первую очередь, является хорошо показавший себя в практике геодезических наблюдений метод БГН (метод безопорных геодезических наблюдений), изложенный в работе [5]. Более серьезную проблему представляет рефракция, обусловленная флуктуациями показателя преломления на трассе измерений. Следует отметить, что рефракция осложняет любые высокоточные измерения, связанные с распространением электромагнитного излучения радио и оптического диапазонов в атмосфере, в том числе измерения с помощью современных высокоточных геодезических приборов. Несмотря на большое количество работ российских и зарубежных авторов, посвященных разработке методов уменьшения негативного влияния рефракции, проблема далека от своего решения.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание Центра мониторинга, наряду с созданием в последнее время других Научно-образовательных центров МГСУ, способствует восстановлению традиции экспериментальных исследовательских лабораторий, которые составляли гордость отечественной строительной науки. К большому сожалению, значительная часть подобных лабораторий в ведущих научно-исследовательских институтах Москвы и других городов России за последние годы перестала функционировать. В то же время потребность в проведении научно-исследовательских работ, в том числе в области строительного мониторинга год от года возрастает.

Широкие возможности, предоставляемые уникальными многофункциональными стендами Центра строительного мониторинга МГСУ, позволяют ставить и решать задачи в области разработки новых средств и

методов мониторинга для решения актуальных проблем безопасности в строительной отрасли. Следует подчеркнуть, что Центр мониторинга является составной частью Центра коллективного пользования МГСУ и рассчитан на проведение исследовательских работ, как сотрудниками Университета, так и сотрудниками других организаций, заинтересованных в решении проблем строительной отрасли.

### БЛАГОДАРНОСТИ

В создании многофункциональных экспериментальных стендов НОЦ СМ МГСУ в той или иной степени приняло участие большое число специалистов МГСУ и других организаций. Следует также отметить, что реализация локального проекта по созданию Центра строительного мониторинга потребовала от руководства Университета принятия нетривиальных организационных и технических решений, без которых создание Центра было бы невозможным.

Считаю необходимым выразить благодарность ведущим сотрудникам МГСУ:

- Крыжановскому А.Л., Туснину А.Р., Белову В.А., Джинчвелашвили Г.А., Ранову И.И., Пустовгару А.П. и многим другим за полезные и заинтересованные обсуждения;
- Грязновой Е.М., Гаврилову А.Н., за активную и действенную поддержку на стадии формирования локального проекта по созданию Центра мониторинга;
- аспиранту МГСУ Галушко А.М. за разработку конструкторской документации и проведение необходимых расчетов по стендам «Конструктор» и «Плита»;
- аспиранту МГСУ Савину М.С. за участие в проектировании и реализации стенда «Створ».

Следует отметить серьезную позитивную роль, которую сыграли консультации и поддержка:

- Еремина К.И., доктора технических наук, профессора, генерального директора компании «ВЕЛД»;
- Якушенкова Ю.Г., доктора технических наук, профессора МИИГАиК;
- Еманова А.Ф., доктора технических наук, директора Алтае-Саянского филиала Геофизической службы СО РАН;
- Грановского А.В., кандидата технических наук, заведующего лабораторией ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко,

а также многих других высококвалифицированных специалистов различных образовательных и научно-исследовательских организаций.

Необходимо отметить также заинтересованность, инициативу и изобретательность, проявленные при решении многочисленных технических и технологических проблем изготовителями конструкций и систем стендов, в том числе Котоку Ю.М., Захарову А., Майорову В.П.

Особую благодарность выражаю доктору технических наук, профессору МГСУ Белостоцкому А.М., соавтору концепции адаптивного мониторинга и разработчику компьютерных моделей для основных физических моделей стендов Центра мониторинга за всемерную поддержку, а также за постоянный интерес к проводимым работам.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белостоцкий А.М., Кухта А.В. Адаптивные математические модели для систем мониторинга строительных объектов // Электронный журнал «Предотвращение аварий зданий и сооружений». – 2010. (<http://pamag.ru/prensa/adaptive-math-method>).
2. Кухта А.В., Галушко А.М. Сравнительный анализ методов мониторинга состояния системы фундамент – основание // Вестник МГСУ, №8, 2011.
3. Еманов А.Ф., Селезнёв В.С., Бах А.А. Когерентное восстановление полей стоячих волн как основа детального сейсмологического обследования инженерных сооружений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, №3, 2007.
4. Кухта А.В. / Kuchta A.V. Метод непрерывного контроля геометрических параметров протяженных объектов / The method of continuous control of geometrical parameters of extended objects; Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». № 03-04-2011.
5. Кухта А.В. «Метод безопорных геодезических наблюдений». [Электронный документ] // Предотвращение аварий зданий и сооружений. - 2011. (<http://pamag.ru/prensa/bgi-method>).