

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО – СТРОИТЕЛЬНЫЙ
ИНСТИТУТ

СУЛТОНОВ ЗАКИР ТАХИРОВИЧ

**ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ**

ШОХИ-ЗИНДА В САМАРКАНДЕ

Специальность 5А 580201

«Строительные конструкции, здания и сооружения»

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание академической степени магистра

Работа рассмотрена и
допускается к защите
Зав. Кафедрой «Здания и
сооружения»
доц. Сайфиддинов С.

« ____ » _____ 2012 г.

Научный руководитель:
к.т.н., доц. Юсупов Р. А.

Научный консультант:
ГлавНПУ культурного наследия
глав.арх. Рахманов А. Р.

ТАШКЕНТ-2012

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой «Здания и сооружения»

_____ доц. Сайфиддинов С.

«___» _____ 20__ г.

Задание по подготовке и написанию магистерской диссертации

Магистерская диссертация по теме: _____

утвержденная приказом ректора института от «___» _____ 20__ г.

за номером _____ по кафедре «Здания и сооружения» _____

за магистрантом _____ научный руководитель _____

_____ Ф.И.О., занимаемая должность, ученая степень, ученое звание

Должна быть подготовлена и представлена к предварительной защите на кафедру

_____ число, месяц, год

В работе будут использованы: _____

результаты экспериментов, стат. данные публикации, труды и т. д.
законодательные и нормативные акты, инструкции и положения

В работе предусматриваются _____

таблицы, графики, схемы, диаграммы, матем. модели и т.п.

В работе предусматривается изложение следующих групп вопросов:

1-ая группа _____

2-ая группа _____

3-ая группа _____

Задание выдано _____

дата, месяц, год

Научный руководитель _____

подпись, Ф. И. О.

Задание принял магистрант _____

подпись, Ф. И. О., дата

ГРАФИК ЗАВЕРШЕНИЯ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ
В ПЕРВОНАЧАЛЬНОМ ВАРИАНТЕ

Глава I. _____
название первой главы в первоначальном варианте

рабочем плане и сроки представления

Глава II. _____
название первой главы в первоначальном варианте

рабочем плане и сроки представления

Глава III. _____
название первой главы в первоначальном варианте

название первой главы в первоначальном варианте

рабочем плане и сроки представления

Предварительная защита на кафедре _____
срок, дата, год

Задание выдано _____
Научный руководитель, дата, месяц, год

подпись, Ф. И. О.

Задание принял _____
Ф. И. О. магистранта, подпись, дата

СОДЕРЖАНИЕ

№ Наименование	Стр.
Введение.....	6
Глава 1. Состояние исследуемого вопроса.....	11
Глава 2. Конструкции памятника архитектуры Кусама Ибн Аббаса.....	21
Глава 3. Оценка физико - механических характеристик грунтов оснований.....	29
3.1. Краткий исторический обзор производства и применения строительной керамики в Средней Азии.....	29
3.2. Приборы и оборудования.....	31
3.3. Исследование физико-механических свойств кирпича.....	33
Глава 4. Инструментальная исследования динамических характеристик и их анализ.....	41
4.1. Методология натурных испытаний	41
4.2. Натурные испытания сооружений и анализ результатов.....	46
4.3. Результаты натурных испытаний колебаний комплекса Кусама ибн Аббаса.....	48
4.4. Анализ результатов.....	50
Глава 5. Расчеты на статические и сейсмические воздействия.....	51
5.1. Предмет сейсмостойкости её развитие.....	51
5.2. Теории расчета сооружений на сейсмические воздействия.....	53
5.3. Расчет на сейсмические воздействия по СНиП II-7-81.....	60
5.4. Расчет на сейсмические воздействия по КМК 2.01.03-96.....	63
5.5. Сдвиговая жесткость.....	65
5.6. Оценка напряженно-деформированного состояния конструкций объектов исследования.....	65
5.7. Краткое описание метода конечных элементов для линейных задач.....	66
5.8. Результаты расчета на статические и сейсмические воздействия комплекса Кусама ибн Аббаса с помощью ЛИРА версия 9.0	

(Приложения. Электронная версия комплексного расчета комплекса Кусама ибн Аббаса на статические и сейсмические воздействия).....	69
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСИЛЕНИЮ КОНСТРУКЦИЙ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ КОМПЛЕКСА ШОХИ-ЗИНДА.....	70
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ДЕФОРМИРОВАННОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ УСИЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ.....	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	75
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	77

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии со статьей 19, Закона Республики Узбекистан от 30 августа 2001 года «Об охране объектов культурного наследия» объекты культурного наследия, представляющие выдающуюся универсальную ценность с точки зрения истории, искусства, науки, эстетики, этнологии или антропологии, могут быть отнесены к объектам всемирного культурного наследия в порядке, установленном конвенцией об охране всемирного культурного наследия.

Вместе с этим в Законе «Об охране объектов культурного наследия» применяются следующие основные понятия:

- объекты культурного наследия – памятники, ансамбли и достопримечательности, представляющие собой историческую, научную, художественную или иную культурную ценность;

- памятники – отдельные постройки, здания и сооружения со связанными с ними произведениями живописи, скульптуры, декоративно - прикладного искусства и с исторически сложившимися территориями указанных построек, зданий сооружений, мемориальные дома, квартиры, некрополи, мавзолей отдельные захоронения, произведения монументального искусства, объекты науки и техники (включая военные), материалы антропологии, этнографии, фольклора, нумизматики, эпиграфики, картографии, фотографии, кинофильмы, аудио видеозаписи и записи на других носителях, произведения литературы и искусства, архивные, рукописные и графические документы, книги – манускрипты, антикварные и редкие издания, ноты, реликвии предметы мемориального характера, каменные изваяния, наскальные изображения, а также памятники археологии, представляющие собой историческую, научную, художественную и иную культурную ценность;

- ансамбли – четко локализуемые на исторически сложившейся территории группы изолированных или объединенных памятников, строений и сооружений фортификационного, религиозного, административного, торгового, производственного, научного, учебного и другого назначения со связанными с ними произведениями живописи, скульптуры, декоративно – прикладного ис-

куства архитектуры, единство или связь с пейзажем которых представляют историческую, археологическую, архитектурную, эстетическую или социально – культурную ценность, а также фрагменты исторических планировок и застроек поселений, произведения ландшафтной архитектуры и садово – паркового искусства.

- достопримечательности – совместные творения человека и природы, а также территории, представляющие собой историческую, археологическую, градостроительную, эстетическую, этнологическую или антропологическую ценность, в том числе места бытования народных промыслов, центры исторических поселений или градостроительной планировки и застройки, памятные места, природные ландшафты, связанные с историческими (в том числе важными) событиями, памятниками, жизнью выдающихся исторических личностей, а также культурные слои, остатки построек древних городов, городищ, поселений стоянок, места совершения обрядов. Меры по сохранению объектов культурного наследия включают в себя консервацию, ремонт, реставрацию, приспособления для современного использования, а также связанные с ними научно – изыскательские, проектные и производственные работы.

В древнем Самарканде для восстановления и поддержания уникальной жемчужины народного зодчества – мемориального комплекса «Шахи Зинда» создан специальный общественный фонд. Об этом говорится в обнародованном в постановлении кабинета министров Узбекистана. В документе отмечается, что «средство фонда образуются за счет спонсорских средств юридических и физических лиц – резидентов и нерезидентов Республики Узбекистан, правительственных международных организаций, иностранных граждан, а также других источников, не противоречащих законодательству». Этим же постановлением правительство поручило министерству финансов Узбекистана «выделить в 2004 году фонду средства в размере 300 миллионов сумов (около 300\$ тысяч) для организации восстановительных, реставрационных и благоустроительных работ в мемориальном комплексе «Шахи Зинда» с внесением соответствующих изменений в утвержденный параметр государственном бюджете».

Актуальность проблемы. В Узбекистане много уникальных архитектурных памятников имеющих всемирное значение. Глубокий анализ литературных источников показывают, что в этих сооружениях достаточно хорошо изучена вопросы археологии, архитектуры, истории искусствоведения. К сожалению, конструктивные особенности этих сооружений, являющиеся несущей нагрузкой, от которой, главным образом зависит устойчивость сооружений мало изучена.

Это проблема является актуальной, имеет большое научное и практическое значение. Кроме того, последнее десятилетие по различным причинам сильно ухудшается состояние архитектурно – исторических памятников. В этих условиях особую актуальность приобретает забота о сохранении, реставрации и восстановлении архитектурных памятников, представляющих национальную гордость и культурное наследие отдельных народов и государств.

По этому прогнозирование их состояние, обеспечения устойчивости и сейсмостойкости с целью сохранение на долгие годы являются исключительно важной проблемой.

В настоящая время за короткий срок с большой ответственностью необходимо изучить состояние и прогнозировать дальнейшее поведение архитектурно – исторических комплексов, состояние которых ухудшаются ежедневно. Для того необходимо разработать систему постоянного наблюдения поведения основания фундамента и конструкции сооружения архитектурного комплекса. По результатам системой наблюдения возможно прогнозировать ухудшение той или иной части конструкции сооружений, предпринимать меры по их укреплению и предотвратить возможные осадки, перемещение или крена элементов комплекса сооружений.

Целью диссертации является оценка технического состояния, проанализировав конструкций памятника Кусамы ибн Аббаса, выявления всех необходимых усилий под статических и сейсмических воздействия для дальнейших работ по обеспечению устойчивости и долговечности комплекса.

Задачи исследований:

- анализ архивных материалов и опубликованных работ;
- анализ конструкций комплекса Кусам ибн Аббаса;
- анализ физико механических свойств грунтов основания;
- выбор расчетной схемы;
- расчет на статических и сейсмических воздействия;
- выявления усилий при статического и сейсмического воздействия.

Объектом исследования является комплекс Кусам ибн Аббас ансамбля Шахи Зинда в г. Самарканде.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, пяти глав, выводы и рекомендации, списка использованной литературы. Объем пояснительной записке 79 страниц (А4), 5шт (А1 формат) демонстрационные материалы.

Диссертационная работа на соискание академической степени магистра выполнена на кафедре «Здания и сооружения» Ташкентской архитектурно – строительного института и магистрант выражает свою благодарность членом кафедры и особенно благодарен кафедры «Строительная механика и сейсмостойкость сооружений» д.т.н. проф. Абдурашидову К.С. за советы и консультации при выполнении работы.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДУЕМОГО ВОПРОСА

Архитектурный комплекс Шахи-Зинда расположен на южной окраине древнего городища Афрасиаб на его северо-восточном склоне крепостной стены, среди холмов и могил древнего и действующего по сегодняшний день кладбища (рис. 1.1.). Данный уникальный архитектурный ансамбль складывался с XI-XII веков вокруг могилы погибшего здесь Кусам ибн Аббаса - дяди пророка, создавая узкий коридор, располагая по обеим сторонам уникальные строения, вплоть до конца XVIII века, представляющую всю архитектурную школу Мавераннахра, включая монументально-декоративное искусство.

Территория овражистая с большим перепадом высот, мощным культурным слоем (до 12 м.). Окружающая территория ансамбля изрезана оврагами, вымоинами постепенно увеличивающимся из-за отсутствия организованного отвода атмосферной влаги, неорганизованной сети водопровода, сброса воды в арыки и ямы, которые вымывают почву подвергая ее эрозии..

Большие утраты на памятниках ансамбля произошли во времена сильных землетрясений, происходивших на территории Центральной Азии за последние 200 лет.

Первоначальные мавзолеи возникли здесь в XI-XII веках. Впоследствии, при правлении Амира Тимура над мнимой могилой Кусам ибн Аббаса был возведен мавзолей и с тех пор эта территория стала местом паломничества верующих мусульман. Учитывая эти обстоятельства Амир Тимур стал здесь создавать свою родовую усыпальницу. К этому периоду в архитектуре Мавераннахра сложился монументальный парадный стиль, появление которого было во многом обусловлено стремлением правителя прославить свое имя и величие образованного им государства. [22, 24]

Во внешнем облике Шахи-Зинды уделялось особое внимание архитектурным объемам, создающие силуэт зданий, основному массиву и четверику, завершающему его куполу и главному фасаду. В облицовке фасадов получает преимущество изразцовая мозаика. Интерьеры украшались монументаль-

ными росписями.

Комплекс Шохи-Зинда условно разделен на три части. В первую часть входят мавзолеи нижней группы со входными воротами, во вторую часть – мавзолеи средней группы со входным чартаком (ротонда), в третью часть группа мавзолеев и комплекс Кусам ибн Аббас расположенные в верхней части склона стены Афросиаба. На всей территории ансамбля Шахи-Зинда, расположены 44 объекта признанные на основе научных исследований объектами культурного наследия. Из 44 памятников 20 объектов ансамбля представляют наибольший интерес как в историческом, так и в архитектурно-художественном отношении. [14]



Рис. 1.1. Ансамбль Шохи-Зинда.

Подойдя к portalу входа, можно прочесть надпись: «Это величественные здание основано Абдулазиз-Бахадуром сыном Улугбека Гурагана, сына Шахруха, Сына Эмир-Тимура Гурагана в 838 (1434-1435) году».

Для аналитического обзора состояния исследуемого вопроса изучены и анализированы следующие архивные материалы:

1. Комплексная программа научно – исследовательских, проектных и реставрационно-производственных работ по мемориальному комплексу Шахи-Зинда в г. Самарканде, на 2004-2005 гг. Ташкент-2004. АООТ «Таъмиршунослик» НИИПИ.
2. № С6166/Л-26. Комплексная программа (основные направления) охраны, исследования, реставрации, музеефикации и благоустройства объектов историко-архитектурного ансамбля Шахи-Зинда в городе Самарканде на период до 2000 года.
3. № С 4823/С-16. Пояснительная записка к проекту благоустройства территории ансамбля Шахи-Зинда в городе Самарканде.
4. С 476/В49. Дневник научного надзора за 1953 г.
5. С 2116/Ш33. Шваб Ю.З. Расширенный акт технического состояния и соображения о намечаемых научно – исследовательских и ремонтно-реставрационных работах по мавзолею 1360-61 гг. из ансамбля Шахи Зинда в г. Самарканде. (май 1960).
6. С 2538/Ш33. Архитектор Шваб Ю.З. Пояснительная записка к проекту благоустройства территории северного дворика ансамбля Шахи-Зинда в городе Самарканде 1962 г.
7. С689/Н49. Неим Е.О. Расчетно-пояснительная записка к проекту подводки фундамента по мавзолею Эмир-Заде. 1956 г.
8. С2777/Ш33. Архитектор Шваб Ю.З. Пояснительная записка к проекту консервации мавзолеев, вскрытых в ансамбле Шахи-Зинда в 1964 г. 2-вар.
9. С 7349/С-16. Институт «Узбектаъмиршунослик» книга-2. том-1. Ташкент-1995.
10. С 7346/7190. Самарканд шахрининг Шохи-Зинда мажмуасидаги Шодимулк-око макбарасини таъмирлаш илмий-лойиха хужжатлари. Самарканд-1998.
11. С 561/3-36. Вопросы изучения и реставрации ансамбля Шахи- Зинда в Самарканде.

12. С 4714/Г-12. Исследование и проект реставрации медресе «Давлята-Кушбега в ансамбле Шахи –Зинда в г. Самарканде. Ташкент-1981.
13. С6911/Н-90. Научно – исследовательские работы памятников комплекса Кусам-Ибн-Аббас в г. Самарканде. Ташкент-1991.
14. С 6944/Л-11. Предварительные работы по комплексу Ибн-Аббас в г. Самарканде. Ташкент 1981 г.
15. С 2769/Ш33. Шваб Ю.З. Научное обобщение результатов исследовательских, проектных и реставрационных работ по мавзолею 1360-64 гг. из Шахи –Зинда в г. Самарканде. Ташкент 1964 г.
16. С7344 / Т-50 Неизвестный мавзолей 1360 /61 г. Комплекса Шахи –Зинда в г. Самарканде. Книга-1 Предварительные работы. Ташкент 1992 г.
17. С 1812/3-36. Засыпкин Б.Н. Ансамбль Шахи-Зинда. Ташкент-1949.
18. С 6974/С-16. Институт «Узбектаъмиршунослик» мавзолей Ходжа Ахмада в ансамбле Шахи-Зинда в г. Самарканде. Книга-2. том-1. Ташкент-1995.
19. С 539/3-36. Засыпкин Б.Н. Реставрация мавзолея «Гур-Эмир». 1949 г.
20. С 6862/3-98. АООТ «Таъмиршунослик» Т.1998 г.
21. С 2562/Г34. По причинам образования повреждений в стенах мавзолея Шади-Мульк-ака по укреплению стен этого здания. 1962 г.
22. С 2115/2117. 186-С/202-С. Ш-33. Предварительные работы по мавзолею 1360-61 г. Предварительные работы.
23. Гендель Э.М. Заключение по вопросам закрепления сооружений расположенных в Шахи-Зинда. Ташкент-1950.

Одним из них является отчет В.Д.Жукова о проведении археологического наблюдения за земляными работами на Шахи Зиндой весной 1951г. Археологические работы осуществлялись в основном с восточной стороны северной группы мавзолеев, в частности у мавзолея Ходжа Ахмада и доходило, включая так называемый Мион – сарай у большей части мечети Кусам ибн Аббаса. В процессе работ установлено, что материковый лесс на этом участке приходится на глубине 7м от условного репера принятого нижней гранью святого проема в восточной стене Мион – сарая на высоте 3,5м от пола.

Весь культурный на этом участке имеет хронологию, начиная с IX по XVII веков включительно. Более того, зафиксировано, что этот участок, начиная с XIV века, вплоть служил местом захоронений.

Фундамент Мион – сарая возведен на остатках намогильных сооружений относящихся к XIV веку.

Кроме того, имеется описание находок зарегистрированных в ходе наблюдений.

В архиве ГлавНПУ памятников культуры имеется рукописный материал с описанием результатов двух археологических шурфов заложенных в комплексе Кусам ибн Аббаса Н.Б.Немцовой.

По мнению Н.Б.Немцовой результаты одних из шурфов показали, что Гурхана, Зиаратхана и Чилляхана строились одновременно в XI столетии. Чилляхана была подземной. В XIV веке перестроена верхняя часть Зиаратханы, устроен свод вместо плоского перекрытия, что привело к повышению уровню полов. К этому времени относится и установление панели. В данное время устанавливаются панели и в Гурхане.

В архиве ГлавНПУ памятников культуры имеется еще одно заключение Н.Б.Немцовой под повторным номером 2. Как отмечает автор, в юго – западном углу между так называемой малой и большой Чилляханой связи в кладке нет. Кладка малой Чилляханы выложенной из кирпича 16х30х4 выступает по отношению к большой на 15см, и кончается ниже ее на 25см. таким образом, на основании перечисленных фактов автор считает что большая и малая Чилляхана разновременны. Далее приводится стратеграфическое описание культурных слоев на основании, которого приходит к выводу, что здесь до XIX века не было культового сооружения. Все археологические материалы датируются не ранее чем XI веком и могила Кусам ибн Аббаса появилось здесь в период владычества Караханидов.

В 1962 году Н.Б.Немцовой были продолжены археологические исследования комплекса и по ним составлен отчет. В результате автор констатирует следующее, что на месте гурханы мавзолея Кусам ибн Аббаса какое либо

другое более раннее захоронение исключается включая конец XI века.

Шурфами, заложенными на площади мечети XVI в. под стенами последней обнаружено полуподземное прямоугольное помещение.

По мнению автора в XIV в. одновременно с перестройкой всего мавзолея Кусам ибн Аббаса (1334г.) было перестроено и указанное помещение, особенно на участке стены смежной с Чилляханой. Н.Б.Немцова считает, что оно выполняло функции второстепенного подсобного помещения при мавзолее Кусам ибн Аббаса. Более того, автор утверждает, что полуподземное помещение, разрушенное до постройки мечети и обнаруженное под ее стенами было забито мусором с декором от других мавзолеев конца XIV начала XV веков и бытовой керамикой, которую можно отнести ко времени не ранее начала XVI века. Здесь же автор подчеркивает, что мавзолеем Кусам ибн Аббаса по отношению к другим строениям находился на более возвышенном участке.

Большая работа по исследованию комплекса Кусам ибн Аббаса выполнена архитектором В.М. Филимановым. В архиве ГлавНПУ памятников культуры имеются описания шести зондажей – выписка из литературных источников и обобщения. Кроме того, им опубликована большая статья по истории сложения ансамбля и дана характеристика древнему резному дереву обнаруженному в стене между Зиаратханой и Мианханой в комплексе Кусам ибн Аббаса.

В результате всех исследований автор утверждает, что купол в так называемой Зиаратхане был возведен в 1334-1335гг. К тому же времени отнесено мозаичная панель, майоликовое надгробие, деревянная резная решетка и деревянные резные двери. Время возведения Гульханы предположительно датировано в XI веке, а время возведения большой мечети, ссылаясь на мнение Б.И. Засыпкина датированное в XVI веке. [25]

Более того, В.И. Филимонов считает, что для XVI века складывается отличная от ныне существующая взаимосвязь помещений. На месте Зиаратханы образовали Гульхану со строительством купола в 1334-35гг., и декора-

тивной отделкой интерьера. [25]

Такое предположение высказано и в результатах исследований росписей в интерьерах Зиаратханы, проведенное художником реставратором Г.Н. Никитиным.

На этом были ограничены круг исследовательских работ на комплексе. Полученный материал был использован для выполнения частичных реставрационных работ. В 1990 году по заданию ГлавНПУ памятников культуры, институтом «УзНИПИ реставрации» была разработана программа по широкому научному исследованию всего архитектурного ансамбля Шахи – Зинда. Эти работы были начаты в зоне комплекса Кусам ибн Аббаса. За истекший период выполнено часть научно – исследовательских работ по комплексу:

- а) историко – архивные и библиографические изыскания;
- б) архитектурно – археологический обмер комплекса;
- в) археологические исследования, шурфы, зондажи;
- г) инженерное обследование состояний конструкций памятника;
- д) фотофиксация памятника.

Архитектурно – археологическим обмером фиксирована объемно - планировочная ситуация и состояние декора наземной части комплекса.

Составлена карта исследований с учетом ранее выполненных шурфов. На стыке северо-западного угла большой мечети и минарета конструктивная перевязка не обнаружена. Основание фундамента большой мечети (-2,7м) по отношению к основанию минарета висит в воздухе.

Стратегически шурф дает следующую характеристику:

1. Верхний слой мощностью в 50-70см насыщен строительным мусором разновременных ремонтов, который на основании археологических находок можно датировать XVIII – XIX вв.

2. На уровне третьего и включительно четвертого яруса (ярус – 50см) от дневной поверхности просиживается уровень выбранной кирпичной отмычки. Размеры кирпичей 25х25х5см. То есть сугубо характерные для XIV – XV вв. Этот уровень по видимому являлся дневной поверхностью у мавзолея Ку-

сам ибн Аббаса в период его капитальной перестройки или же времени строительства большой мечети.

Весь культурный слой, залегающий ниже, с западной стороны шурфа представляет собой рыхлый кладбищенский грунт.

Хронологично, этот слой можно разделить на два. Первый – прослеживается на глубину более трех метров и представлен смешанной бытовой керамикой XIV – XVIII вв. Большое место среди находок занимает облицовочные материалы.

Нижний слой почти до материка представлен археологическими находками, относящимися к X – XI вв., и многочисленными фрагментами бытового кирпича караханидского типа. В нижней половине шурфа с его южной стороны местами видны обгорелые слои с золой и угольками с керамикой X – XI вв.

Судя по значительному количеству керамического материала характерного материала характерного для XI – XII вв. Можно констатировать, что до превращения территории под священную могилу Кусам ибн Аббаса территория ансамбля Шахи – Зинда был обжит, а кладбище появилось, возможно, одновременно с появлением культа Кусам ибн Аббаса. Такой результат подтверждается данными, полученными в результате закладки других шурфов в зоне святого, а так же исследованиями предшествующих специалистов. Шурфом, заложенным на западном фасаде был обнаружен проем (0,85x1,82м) расположенный на левой стороне махраба. У южной грани проема в кладке преднамеренно оставлена штраба в западном направлении. Низ проема на 28см ниже по отношению современного пола мечети.

Ниже (-2,30) снаружи сохранились остатки выстилки из речной гальки фракции 5÷12см.

На отметке -3,60 на основании южной стены большой мечети вскрыты остатки фундамента здания сложенные из жженного прямоугольного кирпича размером 36x18x6см, 38x19x6,5см. фундамент имеет общее направление восток – запад, на который устроена конструктивная стена большой мечети.

По отношению к вертикальной плоскости этой стены выступает на 15см. данная кладка не доходя 0,5м к западной стене Зиаратханы обрывается. Место обрыва неровное и носит следы преднамеренного характера вызванный последующей строительной деятельностью. На уровне верхней грани этого фундамента в основании пилястры мечети на месте стыка двух стен вскрыты остатки полуистлевшей деревянной балки имеющее направление север – юг, то есть, уложен поперек вскрытому фундаменту.

С целью анализа имеющихся исследовательских материалов и сравнения их в натуре нами повторно обследованы 3 археологических шурфа – два из которых находится с южной стороны интерьера большой мечети и один в северо – западном углу Мианханы (шурфы не были засыпаны. Над ними устроена металлическая решетка).

Южная сторона фундамента начинается под мраморной панелью высотой в 21см. Под ним уложены два ряда кирпичной кладки, ниже фундамент бывшего здания. При чем размеры не одинаковы, что часть фундамента бывшего здания достраивалась за счет повторного использования. В особенности это касается четырех верхних рядов.

На основании изучения имеющихся архивных материалов и обобщения с результатами исследований в натуре можно констатировать следующее:

1. Здания нынешнего мавзолея Зиаратханы и Чилляханы построены в XI веке. Главный вход в нынешний мавзолей первоначально был организован с южной стороны стены с неглубокой арочной нишей.

2. Дошедший до нас комплекс во многом отличается от описанного мавзолея Ибн – Батутой, посетивший его в 1333-34гг. За Самаркандом находится могила Кусам ибн Абд Аль – Мутталиба – да будет Аллах доволен Аббасом и сыном его! – который пал захвате этого города. [25]

Анализ архивных материалов и опубликованных работ позволил сделать следующие выводы:

1. Ни в одной из этих работ нет комплексного подхода к инженерному анализу состояния конструкций памятников архитектуры ансамбля Шохи Зинда;
2. Нет оценок напряженно-деформированного состояния конструкций;
3. Нет глубокого анализа гидрогеологических состояний оснований, а также расчетных данных напряжений, приходящихся на грунт в данный момент;
4. Нет конкретных конструктивных мероприятий по усилению деформированных конструкций мавзолея;
5. Отсутствуют расчетные данные о сейсмостойкости сохранившейся части мавзолеев ансамбля Шохи Зинда;
6. Нет глубокого анализа и инструментальных измерений крена и осадок конструкций, а также данных динамических параметров конструкций. Поэтому для достоверной оценки технического состояния объекта необходим комплексный подход к инженерному анализу сооружения в целом.

ГЛАВА 2. КОНСТРУКЦИИ ПАМЯТНИКА АРХИТЕКТУРЫ КУСАМА ИБН АББАСА

В истории формирования ансамбля Шахи Зинда особая роль сводится мавзолею Кусам ибн Аббаса.

В настоящее время комплекс Кусам ибн Аббаса, состоит из небольшого, почти квадратного (3.67х3.36м) помещения Гурханы с купольным перекрытием покрытия неоднократной ремонтной штукатуркой (рис.2.1). Нижняя - украшена панелью из терракотовых квадратных плит, с росписью геометрическим орнаментом.

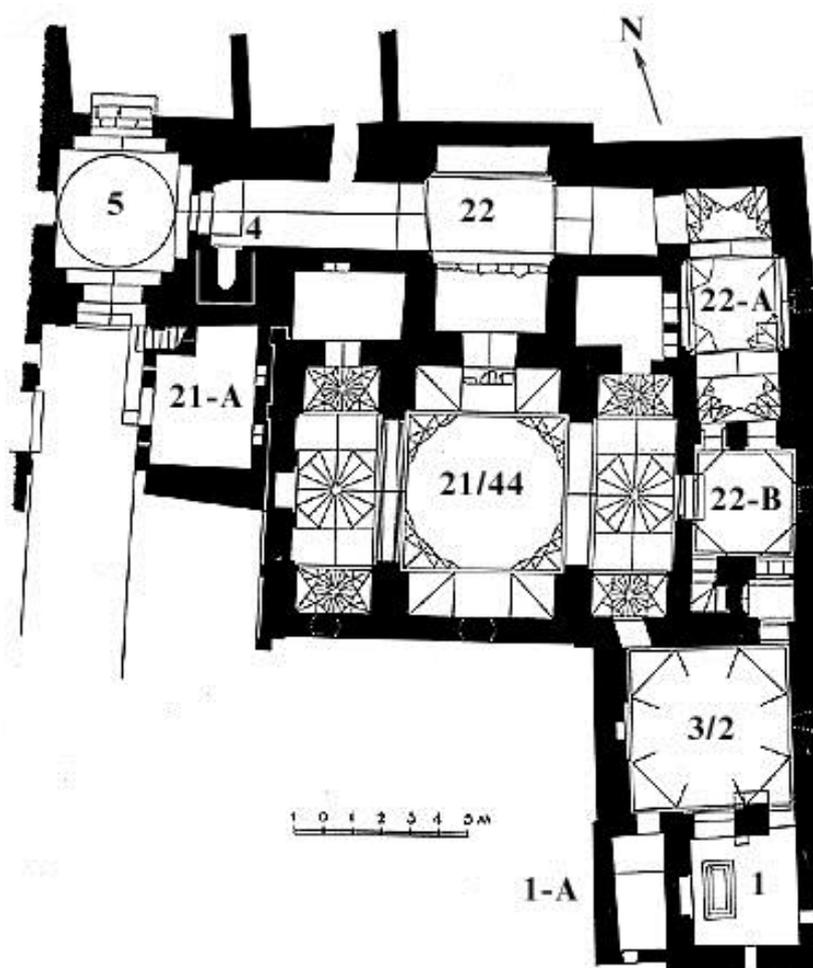


Рис.2.1. План комплекса Кусам ибн Аббаса



2.2.Комплекс Кусам ибн Аббаса.

С запада к гурхане примыкает сводчатое помещение именуемое Тугханой. С севера оба эти помещения замыкаются зиаратханой с богато декорированным интерьером. По данным Д.Ремпеля она датирована 1334-1337гг.

С западной стороны зиаратханы располагается небольшая михрабная ниша. По единодушному мнению большинства исследователей мавзолеей Кусам ибн Аббаса и зданиями примыкающими к нему является наиболее древней частью ансамбля Шахи Зинда и представляют собой наиболее сложный архитектурный узел, хотя изучение ансамбля, было начато в XIX в.

С севера к зиаратхане примыкает помещение мионхана и вытянутая на запад большая прямоугольная в плане мечеть, перекрытая треугольным сводом.

Северо-западнее мечети имеется минарет XI-XII вв обстроенным позднее кладками последующие сооружения.

Наименование объекта: Мавзолей Кусам ибн Аббаса в ансамбле

Шахи-Зинда.

1. Состояние внешних архитектурно-конструктивных элементов памятника:

а) цоколи и отмостки. Цоколи фасадов скрыты под кладбищенскими напластованиями, отмостки отсутствуют.

б) стены сложены из древнего квадратного кирпича, сохранились в черновой кладке - повсеместное вымывание раствора, расслоение кладки, трещины, нижняя часть восточного фасада вся сырая.

в) своды и купола ремонтировались, покрывались выстилкой на цементном р-ре, нуждаются в профилактическом ремонте.

2. Состояние внутренних архитектурно-конструктивных и декоративных элементов памятника:

а) СТЕНЫ. На южной и северной стенах зиаратханы в ярусе парусов наблюдаются трещины в керамической облицовке - явное следствие трещин в кирпичной кладке. Стены помещения гуржаны в удовлетворительном состоянии. Помещение с вмурованными деревянными конструкциями XI в., сильно загрязнено, имеются трещины и расслоения в кладке стен.

б) КОЛОННЫ. На памятнике сохранились вмурованные в стены поздних кладок остатки колонн и других резных деревянных элементов строения XI-XII в.в. Дерево нуждается в антисептической обработке, расчистке.

в) КОНСТРУКЦИИ ПЕРКРЫТИЯ И ПОКРЫТИЯ. Состояние купола гуржаны удовлетворительное. О конструктивной кладке купола зиаратханы судить трудно, так как он полностью облицован керамической плиткой. Возможно, что деформации, имеющиеся в ярусе сталактитов затронули и купол.

В своде чилля-ханы наблюдается отставание штукатурки.

г) ПОЛЫ. Полы в помещениях мавзолея выстланы квадратным кирпичом, видны следы давних ремонтов и замен, есть разбитые кирпичи. Пол в помещении чилля-ханы земляной.

д) ЛЕСТНИЦЫ. На лестнице, ведущей в чилляхану необходимо произвести профилактический ремонт ступеней.

ж) ДВЕРИ И ОКНА. Древний южный дверной проем гурханы заложен в древности. Сохранился древний оконный проем между гур-ханой и зиарет-ханой. В него вставлены древняя резная деревянная решетка, она ремонтировалась, но сейчас имеет утраты. В проеме между зиарет-ханой и мион-ханой сохранилась древняя (предположительно XIV века) резная деревянная дверь, которую необходимо расчистить и антисептировать. В проходе, пробитом в связи со строительством мечети в северной стене зиарет-ханы дверь простая филенчатая, возраст не известен.

Наименование объекта: Большая мечеть у мавзолея Кусам ибн Аббас в ансамбле Шахи-Зинда, вторая половина XV – XVI вв.

1. Состояние внешних архитектурно-конструктивных элементов памятника:

а) ЦОКОЛИ И ОТМОСТКИ. Западный и южный участки цоколя скрыты под землей, северный и восточный участки скрыты примкнувшими с этих сторон к мечети помещениями, цоколи которых также заглублены под землю. Отмостки отсутствуют.

б) СТЕНЫ. Южная и западная стены на половину своей высоты скрыты под культурными наслоениями. В лицевом слое они переложены европейским кирпичом в конце XIX века. Тогда же разрушающуюся западную стену подперли мощным контрфорсом. Над оконными проемами южной стены наблюдаются глубокие вертикальные трещины. В черновой кладке северной и восточной стен также наблюдаются мелкие трещины расслоения и вымывание раствора. Низ восточной стены промочен.



Рис. 2.3. Трещины в южной и юго-западных стенах комплекса.

в) ПЕРЕКРЫТИЯ, КРОВЛЯ. Мечеть перекрыта, куполами и системой сводов.

Последний раз кровля ремонтировалась в начале 60-х годов. Сейчас покрытие представляет собой выстилку комбинированную из квадратного и прямоугольного кирпича, состояние неудовлетворительное - об этом говорят сырые пятна на сводах и куполах в интерьере мечети.

2. Состояние внутренних архитектурно-конструктивных и декоративных элементов памятника:

а) СТЕНЫ. Состояние стен внутри помещений определить трудно, поскольку они оштукатурены и производят впечатление хорошо сохранившихся. Внужает опасение западная стена главного зала, подпертая снаружи контрфорсом - ее состояние может определиться после понижения грунта у фасада и определения его характеристик.



Рис. 2.4. Частичное выпучивание растворов из кладки стен комплекса Кусам ибн Аббаса (Западная стена).



Рис. 2.5. Трещины в западной стене комплекса.

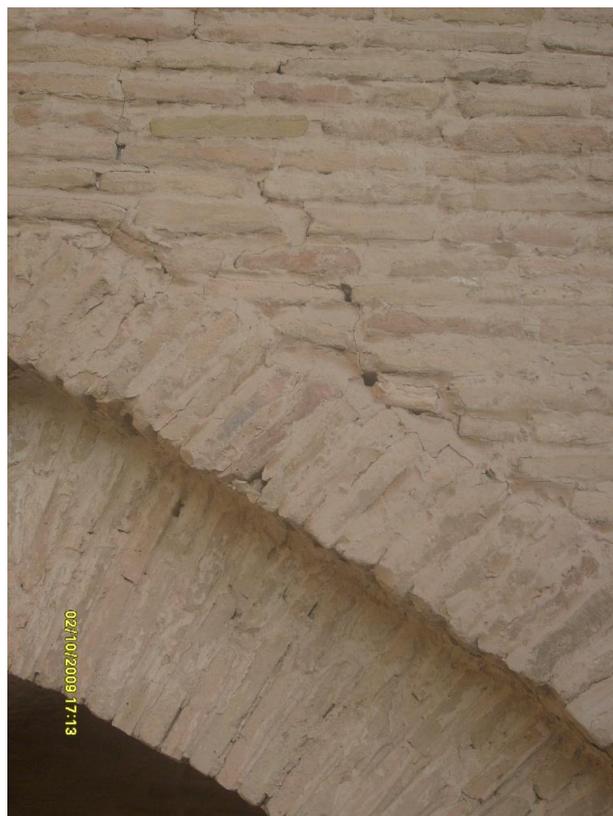


Рис. 2.1.6. Мелкие трещины в верхних частях арочного входа.

б) КОЛОННЫ. Отсутствуют.

в) КОНСТРУКЦИЯ ПЕРЕКРЫТИЯ И ПОКРЫТИЯ. Основное помещение мечети трехчастное - центральная часть перекрыта сфероконическим куполом, боковые звездчатыми куполками. Конструктивное состояние их удовлетворительное. Свод западного отсека в северном проходном помещении выполнен из европейского кирпича - состояние хорошее. Свод над входом в основной зал из северного прохода перекладывался в 1962 году, тогда же был оштукатурен. Состояние хорошее. Состояние конструктивных кладок сводов и куполов в северо-восточном помещении внешне удовлетворительное - поверхности кладок скрыты под ремонтной штукатуркой, как и во всей мечети - это обстоятельство не позволяет сделать однозначный вывод.

г) ПОЛЫ. Пол главного зала мечети выложен квадратными плитами, из которых до 70% поломаны. В северо-восточном помещении полы выстланы разноформатным кирпичом - до 50% выстилки разбито. В северном проходном помещении пол ремонтный из крупных плит, обломков, европейского кирпича - до 50% требует замены.

д) ПОТОЛКИ. См. п. в)

е) ЛЕСТНИЦЫ. Отсутствуют.

ж) ДВЕРИ И ОКНА. В основном зале мечети заложены два дверных проема на южной стене, здесь же вверху расположены два оконных проема, форма которых искажена, в них вставлены деревянные рамы европейского образца. Снаружи окна прикрыты тяжелыми металлическими решетками прикрепленными к стене, дверной проем в восточной стене зала также заложен, но сохранилась деревянная дверь, перекрывающая закладку. На восточном конце южной стены зала расположен вход в зиарет-хану мавзолея - он пробит в стене последней при строительстве большой мечети, имеет скошенные по отношению к стене грани.

В северо-восточном помещении в южной, торцевой стене заложено два проема, ведущих в мион-хану. Хорошо сохранилась входная дверь, ведущая в комплекс из дарваза-ханы через северное проходное помещение, дверь бо-

гато декорирована и представляет собой произведение искусства XV века. Её необходимо очень аккуратно расчистить соответствующими специалистами.

Наименование объекта: Минарет XI века в ансамбле Кусам ибн Аб-бас в Шахи-Зинде.

1. Состояние внешних архитектурно-конструктивных элементов памятника:

а) цоколи и отмостки. Цоколь минарета скрыт в толще поздних стен, Квадратное в плане основание частично вскрыто и отреставрировано с северной стороны – здесь находится декоративная полуовальная в плане ниша перекрытая стрельчатым сводом.

б) стены. Ствол минарета цилиндрической формы скрыт в теле поздних кладок, состояние кладки определить невозможно, но судя по вскрытому на севере фрагменту, стены сохранились не плохо. Поверхности стен свободной от закладки части ствола переложены в древности с использованием старого кирпича - состояние стен удовлетворительное.

в) перекрытие. Минарет завершается фонарем, по всей видимости, тоже ремонтным. Купол венчающий фонарь, утрачен. Верхний обрез ствола несколько обрушен. Выход из шахты винтовой лестницы в фонарь заложен.

2. Состояние внутренних архитектурно-конструктивных и декоративных элементов памятника:

а)СТЕНЫ. Ствол шахты минарета засыпан мусором, состояние стен изнутри определится после разборки.

б)КОЛОННЫ. Отсутствуют.

в)КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕКРЫТИЯ И ПОКРЫТИЯ. Перекрытие фонаря в виде купола утрачено, перекрытие над винтовой лестницей не исследовано, т.к. шахта заполнена мусором.

г)ПОЛЫ. Отсутствуют

д)ПОТОЛКИ. См, п.в)

е)ЛЕСТНИЦЫ. Часть лестницы сохранилась с восточной стороны, она подводит к входу в ствол минарета. Этот участок лестницы отремонтирован.

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ФИЗИКО МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ

3.1. Краткий исторический обзор производства и применения строительной керамики в Средней Азии

Исторические памятники архитектуры нашей родины отличаются грандиозностью, неповторимой красотой и высоким уровнем архитектурного и конструктивного решения, которые показывают, насколько была богата и развита культура наших предков.

Как известно, что для строительства зданий и сооружений самым распространенным сырьем является – глина. Все материалы из обожженной глины называют керамическими. Слово «керамика» греческого происхождения, которое означает в переводе – посуда. Исторически это объясняется тем, что в глубокой древности из глины изготавливали посуду сначала необожженную, только высушенную, а впоследствии обожженное. Далее стали изготавливать из глины высушенный, а затем и обожженной.

Рассматривая исторические памятники можно узнать, что наши предки вначале строили из пахсы или сырцового кирпича. Подтверждением этого могут быть стены Афрасиеба, Ичан-Кала, Бухарского Арка, а также стены крепости в Усть-Юрте.

Н.С.Гражданкина в результате многочисленных анализов глиняной керамики различных типов и времен установила [16,17], что керамический материал начал использоваться при строительстве объектов в начале I-II вв. до нашей эры.

Обожженный материал применяли лишь в тех случаях, когда сырость угрожала сырцу разрушением. Все зависело исключительно от важности и назначения объекта.

Начиная с IX-X веков в качестве стенового материала, начато использование обожженного кирпича.

Обожженный кирпич по сравнению с сырцовым кирпичом имеет ряд положительных свойств – высокая прочность, вода и морозостойкость и др. еще

из положительных свойств кирпича при строительстве специфично на наших конструкциях при возведении куполов, т.е. сферического свода, можно выкладывать без устройства арочных кружал. Для этого кладку купола выполняли горизонтальными рядами, образующими замкнутые кольца, постоянно уменьшающимися в диаметре.

Однако изготовление керамических изделий всегда отличалась большой трудоемкостью. Составление глиняной массы требовало огромного опыта, ручная формовка - мастерства, а нанесение глазури являлось тайной, передаваемой из поколения в поколение. Работа у открытых печей, где обжигалась керамика, является крайне тяжелой.

Шли века, но труд гончаров, особенно, рабочих кирпичеделателей, так же как и работа каменщиков на постройке существенного облегчения не получили.

Как предполагается, перед строительством объекта мастера всегда делали карьер глины для изготовления кирпича и на данном месте для чего специально были построены обжиговые печи – хумдоны.

Формовочную массу готовили способом, сохранившимся в некоторых местах до настоящего времени. После тщательного удаления почвенного покрова культурных наслоений в лёссе выкапывали яму, в которой разрыхлённый кетменями грунт заливали водой и многократно перелопачивали для лучшего измельчения. Воду периодически сливали и заливали вновь для промывки грунта от солей. На зиму тесто складывали в кучи и оставляли для промораживания, которое способствует разрыхлению грунта.

Считали, что длительная обработка грунта (промораживания, промывка, перелопачивание) значительно повышает, качество будущего материала. Это совершенно правильно - измельчение повышает пластические свойства формовочной массы, способствует плотности изделия, которое приводит к долговечности материала. Удаление солей обеспечивает отсутствие, высолив, на обожженном материале и уменьшает размокаемость сырцовых изделий.

Кирпич с самых отдалённых времён чаще всего формовали в рамках, ко-

торые устанавливали на выровненной площадке. Рамку набивали формовочной массой, срезали при помощи деревянного бруска или же просто рукой и осторожно рамку снимали. Если формовочная масса была очень пластичной, то при набивке её в рамку, часть массы выползала из-под края рамки, образуя продольный рубец вдоль формы. Иногда керамические изделия вместо формования вырезали ножом из выровненного пласта глины.

Сушку изделий по всей вероятности производили естественным способом открытых площадках, где формовали. Высушенные изделия подвергали обжигу в печах - хумдонах. Температура обжига в различных участках печи, наверное, была непостоянной, вследствие чего и степень обжига изделий была различной. Температура обжига, вероятно, находилась примерно 850-1000° С, подтверждением этого может служить довольно часто встречающийся недожог, пережог почти не встречается, редки случаи задымленного обжига. Вследствие неравномерности температуры обжига в печи изделия, т.е. кирпичи, имеют различную окраску.

Сортировку изделий, как вероятно, производили визуально по степени обжига по внешнему виду.

При строительстве памятников архитектуры в IX-X веках применялся керамический квадратный кирпич (мусульманский) для возведения стен, настила полов помещений и дворов размерами: 23x23x3 см; 12x12x3 см; 60x53x6,5 см. В X-XI веках также применяли кирпич 21x21x2,5 см; 24x24x4 см; XII-XVI веках также применяли кирпич размерами сторон 24÷28 см и толщиной 4,5 ÷ 7 см [16].

Водопоглощение стеновой керамики колеблется в пределах от 18 до 30% в зависимости от материала.

Предел прочности при сжатии 50-300 кг/см (5-30 МПа). Морозостойкость выше 50 циклов.

В исследованиях были, изучены физико-механические характеристики строительных материалов, использованных при строительстве объектов исследований, а именно кирпич и строительные растворы.

В исследованиях были изучены следующие характеристики кирпича:

- средняя плотность;
- плотность
- пористость;
- водопоглощение;
- предел прочности при сжатии.
- скорость прохождения ультразвука и др.

Испытание образцов проводили в соответствии действующих стандартов и методик:

- размер и правильность размеров - ГОСТ 530-95. Межгосударственный стандарт. Кирпич и камни керамические. Технические условия;
- Водопоглощение и плотность - ГОСТ 7025-91. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости;
- предел прочности при сжатии ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе;
- пористость кирпича определяли по формуле:

$$P = (1 - \rho_0 / \rho) 100\%,$$

Где, ρ_0 и ρ соответственно средняя и истинная плотность кирпича.

Водопоглощение по массе и объёму определяли по формуле:

$$W_m = [(m - m_1) / m_1] 100\%;$$

$$W_v = [(m - m_1) / V] 100\%,$$

Где, W_m и W_v соответственно водопоглощение кирпича по массе и по объёму;

m - масса кирпича в сухом состоянии; m_1 - масса кирпича в водонасыщенном состоянии; V - объём исследуемого образца.

Предел прочности при сжатии кирпича определяли испытанием образцов кубов вырезанных из кирпичей.

3.2. Приборы и оборудования

Сушку образцов производили при температуре 105 ± 5 °С до постоянной массы в лабораторном сушильном шкафу СНОЛ-3,5.

Плотность кирпича определяли с помощью колбы Ле-Шателье.

Массу образцов определяли на весах, максимальная масса взвешивания до 200 г. (точность взвешивания до 0,01 г) и KERN 440-33 максимальная масса взвешивания до 6000 г. (точность взвешивания до 1 г).

Предел прочности при изгибе определяли в лабораторном гидравлическом прессе.

Прохождение ультразвука через образцы проводили с помощью Ultrasonic Tester BRV Steinkamp.

Силу сцепления кладочного раствора с кирпичом определения $0,01 \text{ N/mm}^2$ при максимальном усилии натяжения 16 кН.

3.3. Исследование физико-механических свойств кирпича

Объектами исследований являются:

- комплекс Кусам ибн Аббаса;
- мавзолей 1361-1362 гг.;
- мавзолей Эмира Хусейна;
- мавзолей Ширин-бегим око;
- мавзолей Шади-Мулк око.

Как уже отмечалось выше в объектов исследований использованы квадратный кирпич (мусульманский). Размеры кирпичей весьма разнообразны. Оно колеблется от 15 см до 29 см по ширине и от 4,0 см до 5,0 см по толщине. Кирпичи, отобранные из комплекса Кусам ибн Аббаса имеет размеры 16x29x4см, а остальных мавзолеях применены кирпичи размерами 25x25x5 см.

Визуальный осмотр образцов показывает, что они формировались вручную пластическим методом. Углы у некоторых образцов отколоты. Почти все образцы имеют некоторые искривления.

В качестве физических свойств вышеуказанных образцов определены - средняя и истинная плотность, пористость, а также водопоглощение по массе и объему.

Истинную плотность определяли с помощью колбы Ле-Шателье, который основан на использовании закона Архимеда. Для этого образцы измельчали на ступке и просеивали через сито 02. Полученный порошок засыпали в колбу, в которой находилась, вода и по объёму вытесненной жидкости определяли истинную плотность кирпичей (рис.3.1-3.4).

Водопоглощение определяли на образцах кубов, выпиленных из кирпичей. Полученные результаты приведены в табл. 3.1.

Физические свойства испытываемых образцов кирпичей

Таблица 3.1

Название объекта	Средняя плотность, г/см ³	Плотность, г/см ³	Пористость, %	Водопоглощение по массе, %	Водопоглощение по объёму, %
Комплекс Кусам ибн Аббаса	1,5	2.78	46	24,75	36,67

При распиловке образцов установлено, что образцы имеют значительные внутренние поры, которые показывают на плохое уплотнение массы при формовке изделий.

Для определения механической прочности образцов из кирпичей с помощью распиловке готовились кубики, которые испытывались с помощью лабораторного гидравлического пресса (рис. 3.3). Параллельно образцы испытывались с помощью ультразвукового прибора. Из-за ограниченного количества испытываемых образцов, как уже отмечалось выше, испытания проводились на кубиках. Ограниченное количество образцов не позволяет определения переходного коэффициента для определения марки кирпича, в соответствии требованиям стандартов, действующих в настоящее время. Поэтому в табл. 3.2. приводятся полученные данные, соответствующие размерам испытываемых образцов.

Скорость прохождения ультразвука определяли по формуле:

$$v = \frac{S}{t},$$

где, S – расстояние между электродами, мм;

t – время прохождения ультразвука, с.

Для постройки тарировочного графика зависимости «марка кирпича-скорость прохождения ультразвука» также помешало ограниченное количество образцов. Поэтому в табл. 3.2 приводятся, полученные касающихся для испытываемых образцов.

В натуральных исследованиях также применялся ультразвуковой прибор. При этом на объекте изучали скорость прохождения ультразвука через кирпич.

Скорость прохождения ультразвука через кирпич и динамический модуль упругости последнего приведены в табл. 3.3.

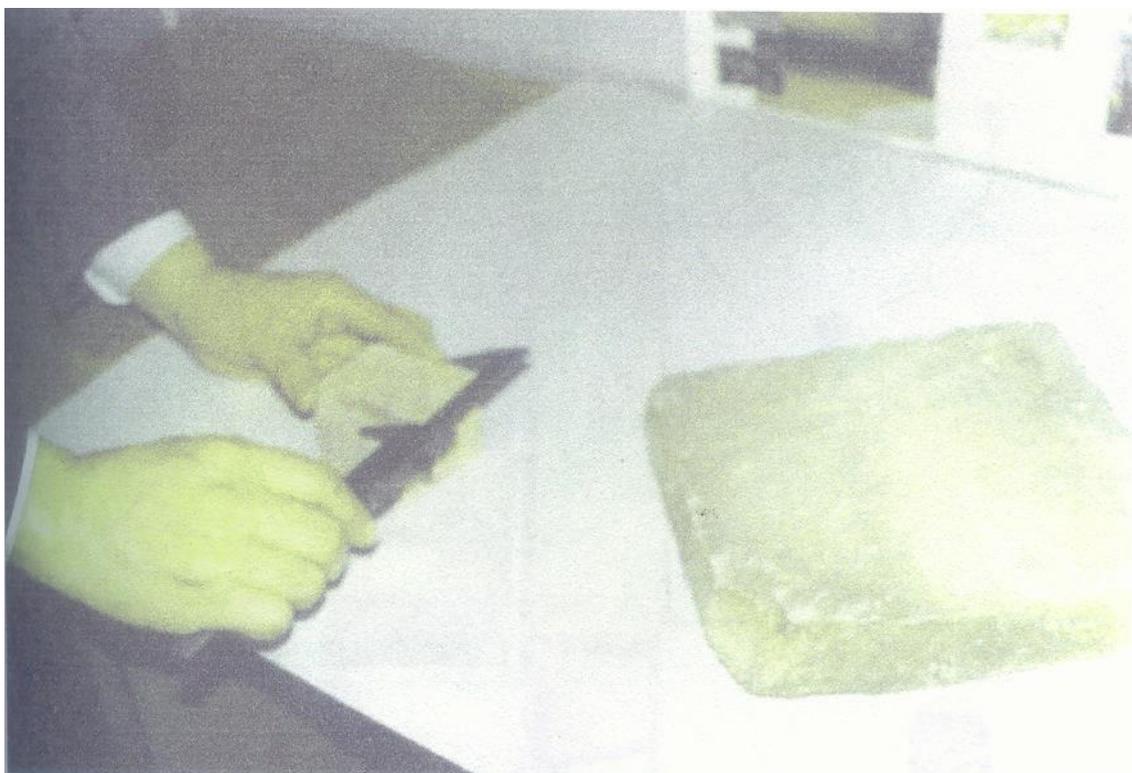


Рис. 3.1.



Рис. 3.2.

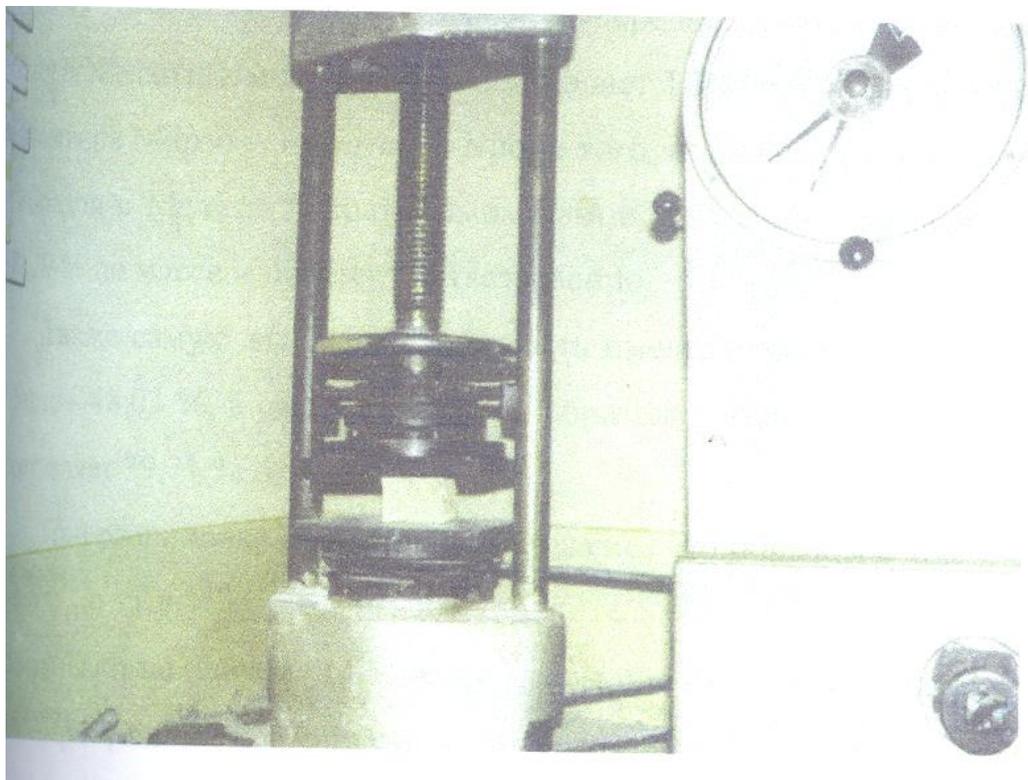


Рис. 3.3.

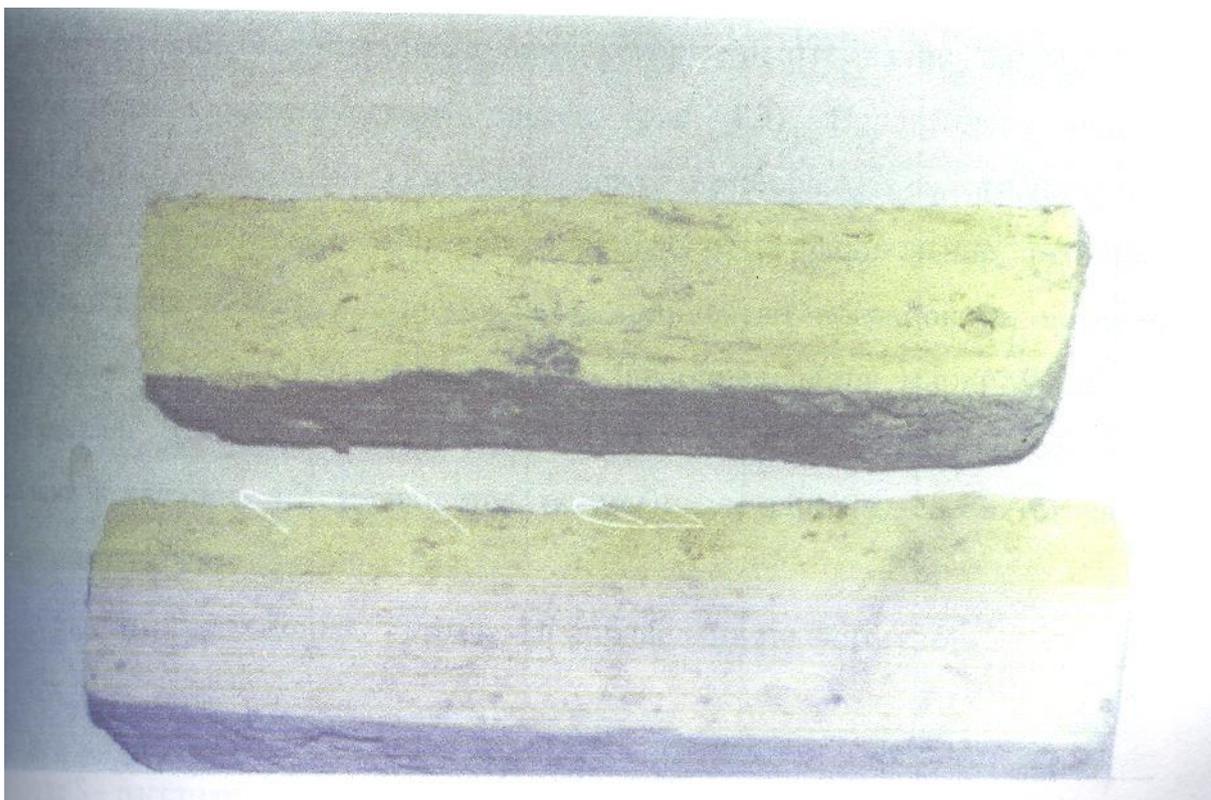


Рис. 3.4.

Предел прочности образцов при сжатии и скорость прохождения ультразвука

Таблица 3.2

Название объекта	Размеры куб, см	Предел прочности при сжатии, МПа	Скорость прохождения ультразвука, км/с
Комплекс Кусам ибн Аббаса	6,5x6,6x6,6	8,6	3,4

Для определения марки растворной части были отобраны образцы из объекта исследования. Из растворов были приготовлены образцы кубов размерами 1x1x1 см, которые были испытаны при помощи пресса Р5 диапазон испытаний, которого составляет 50 кгс и 500 кгс. Получены следующие результаты:

Результаты испытаний в натуральных условиях ультразвуковым импульсным методом

Таблица 3.3

Название объекта	№ образца				
	1	2	3	4	5
Комплекс Кусам ибн Аббаса	3,2	2,8	3,4	2,8	3,0
	27 ,3	20 ,9	30 ,9	20 ,9	24 ,0

Примечание: в числителе скорость прохождения ультразвуковых волн (км/с); в знаменателе динамический модуль упругости (100 МПа).

3.4. Физико-механические свойства грунтов основания памятников архитектуры ансамбля Шахи Зинда.

Определение физико-механических характеристик грунтов оснований и материалов конструкций производилось закладкой шурфов, бурением, так и геофизическими методами в естественных условиях, что позволило изучить их в условиях естественного залегания без нарушения структур.

Для выполнения инженерно-геологических исследований на территории ансамбля Шахи-Зинда в 2009 г. были заложены в каждом объекте исследований несколько шурфов, в результате которых получены данные о состоянии фундаментов, глубины их заложения, материала, а также данные об инженерной геологии.

По результатам инженерно-геологических и геофизических исследований площадки ансамбля Шахи-Зинда грунтами основания памятников архитектуры являются насыпные грунты и подстилающие их лессовые суглинки и супеси. Насыпные грунты залегают непосредственно под фундаментами мощностью 2,0 до 2,3 м, лессовые грунты составляют нижнюю часть сжимаемой толщи. Насыпные грунты по литологическому составу являются более разнородными. Они представлены в основном уплотненными суглинками с включением строительного мусора.

Согласно инженерно-геологическим изысканиям участка комплекса Кусам ибн Аббаса и мавзолея 1361-1362 гг. представлен:

1. Насыпные грунты – маловлажные, рыхлого сложения мелкоземы с включениями строительного мусора, обломков керамической посуды, костей

животных и человека. Вскрытая мощность насыпного грунта 3.0-5.0м;

2. Лессовидные суглинки, пылеватые, макропористые, сухие и маловлажные.

Для расчетов даны следующие физико-механические характеристики грунтов:

а) $\gamma=1.50\text{т/м}^3$;

$\varphi=29^\circ$;

$C = 0.5 \text{ кг/см}^2$;

б) Тип грунтовых условий территории по просадочности – II.

в) Грунтовые воды 40-50м от поверхности земли;

г) Сейсмичность района – 8 баллов; Сейсмичность участка мавзолея 9 баллов (согласно КМК2.01.03 – 96).

д) Категория грунтов по сейсмическим свойствам – III;

е) Агрессивность грунта – слабоагрессивный к бетонам на сульфатостойких цементах.

Согласно инженерно-геологическим изысканиям участка мавзолеев Эмира Хусейна, Ширин-бегим око и Шади-Мулк око представлен:

1. Насыпные грунты - маловлажные, рыхлого сложения мелкоземы с включениями строительного мусора, обломков керамической посуды, костей животных и человека. Вскрытая мощность насыпного грунта 3,0 -5,0 м.

2. Лессовидные суглинки, пылеватые, макропористые, сухие и маловажные.

3. Для расчетов даны следующие физико-механические характеристики грунтов:

а) Несущая способность грунтов:

$\gamma= 1,50 \text{ т/м}^3$;

$\varphi = 29^\circ$

$C = 0,05 \text{ кг/см}^2$;

б) Тип грунтовых условий по просадочности – II категории.

- в) Грунтовые воды 40 – 50 м от поверхности земли.
- г) Сейсмичность района - 8 баллов. Сейсмичность участка мавзолея 9 баллов (согласно КМК 2.01.03 – 96).
- д) Категория грунтов по сейсмическим свойствам – II.
- е) Агрессивность грунта – слабоагрессивная к бетонам на сульфатостойким цементе.

ГЛАВА 4. ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ИХ АНАЛИЗ

4.1. Методология натуральных испытаний

При натуральных исследованиях сооружений возбудителями колебаний служили искусственные (вибромашины, взрывы, оттяжка раскачка, удар по зданию) и естественные (землетрясения, микросейсмы) источники; наиболее простыми были микроколебания сооружений, вызванные микросейсмами.

Достоверность результатов колебаний сооружений, вызванных микросейсмами, ставится под сомнение. Например, С. Черри и Н. Бреди, считают, что иррегулярный характер сейсмограмм, зарегистрированных для сооружений, способствует уменьшению точности определения периодов. Отмечена возможность расхождений в экспериментально найденных частотах и записях микросейсмоколебаний зданий, имеющих жесткое конструктивное решение. Однако результаты опытов, проведенных Таджикским институтом сейсмологии и сейсмостойкости, наши опыты свидетельствуют о том, что периоды, полученные по этим записям искусственными способами возбуждения колебаний (взрыв, оттяжка, раскачка) и землетрясению, одинаковы. Основной недостаток определения параметров колебаний зданий по микросейсам состоит в невозможности получения достоверных данных по характеристикам затухания колебаний. Этому требованию удовлетворяют такие способы возбуждения колебаний, как оттяжка – внезапное снятие приложенной нагрузки, раскачка удар и др.

Раскачка осуществляется приложением периодических импульсов, частота которых совпадает с частотой исследуемого объекта. Она легко устанавливается визуальным наблюдением по движению «зайчиков» осциллографа, запись колебаний при этом напоминает осциллограммы, получаемые при вибрационных испытаниях.

Известны простые способы возбуждения колебаний, которые можно применить даже в период эксплуатации зданий, – удар по зданию грузом с маятниковым подвесом, падение тяжелого груза на грунт рядом со зданием.

Однако полученные данные характеризуют упругую стадию работы сооружения, по ним невозможно оценить характеристики второго и более высоких тонов собственных колебаний.

Характеристику работы сооружения на более высоких уровнях напряженного состояния можно получить сейсмозрывными волнами и с помощью различных вибрационных машин, причем можно собрать более детальные сведения о динамических характеристиках и сейсмостойкости зданий, так как по интенсивности и характеру воздействия этот способ имитирует землетрясение лучше, чем другие. Натурные исследования колебаний зданий можно провести с использованием взрывов различной мощности, однако высокая стоимость таких испытаний в городских условиях ограничивает применение этого способа.

Широко используемый вибрационный метод испытаний зданий позволяет «сравнительно быстро и просто, с небольшими затратами, проводить в любом месте массовые испытания зданий с любым заданным уровнем напряжений». Можно изучить колебания зданий при значительных амплитудах, когда здание работает в пределах и за пределами упругости, и получить характеристики зданий для первых нескольких тонов свободных колебаний. Собранный этим методом информация необходима для расчета конструкций на сейсмические воздействия.

Вибрационный метод испытания сооружений предложен в 1927 г. И. М. Рабиновичем. Первые вибромашины построены и испытаны в 1928—1929 гг. в Германии. Вибромашины отечественного производства) появились в 1933 г. В американской практике вибрационный метод испытания используется с 1934 г. Экспериментальные исследования этим методом проводятся в Японии, Мексике, США, Новой Зеландии и других странах.

Систематические испытания с использованием мощных вибрационных машин в СССР начаты с 1964 г. после появления вибромашин конструкции ЦНИИСК (ВИД-2, ВИД-12), ЦНИИЭП жилища (В-1, В-2), и Института строительной механики и сейсмостойкости АН Груз ССР (ВПМ-2).

В динамических экспериментах применяется многоканальная дистанционная аппаратура с гальванометрической или механической регистрацией колебательного процесса во времени. Это позволяет одновременно синхронно регистрировать колебания большого количества точек, строить пространственную форму деформации изучаемого объекта и одними и теми же приборами регистрировать широкий диапазон амплитуд и частот колебательного процесса.

Е. С. Борисевич, Д. П. Кирнос, Д. А. Харин, М. А. Садовский, Г. Л. Шниерман, В. В. Токмаков, К. К. Запольский и др. разработали вибродатчики инерционного действия (ВЭГИК, ВВП-III, С-5-С, ВВП-II, СБГБП, СМ-2М, ОСП, АПТ), осциллографы (ПОБ-9, ПОБ-12, ПОБ-14, (Н-700), ОСБ-VI с гальванометрами ГБ-III, ГБ-IV), шунтовые коробки, т. е. приборы, широко используемые в лабораториях, где выполняются динамические исследования сооружений. При землетрясениях и взрывах используются приборы типа АИС, разработанные в ИГИС АН АрмССР А. Г. Назаровым, Б. К. Карапетяном, Г. А. Арутюновым и др.

Экспериментальные исследования сооружений и зданий при действии динамических и статических воздействий можно проводить двумя способами. Первый из них обуславливается использованием условий подобия созданной модели исследуемого объекта и внешних возмущений, действующих на объект. При этом можно широко поставить опыты по изучению напряженно-деформированного состояния системы «сооружение-грунт», включая и предельные случаи. Этот метод изучения состояния сооружений и грунтового основания имеет широкий диапазон возможности по повторяемости опытов, исследованию влияния на напряженно-деформированные состояния различных фактов, таких как свойства грунтового основания, характер нагрузок, конструктивные особенности сооружений и т.д.

Второй способ изучения состояний сооружений, грунтового основания и их взаимодействия состоит в проведении опытов в натуральных условиях. Для этого необходимо использовать существующий или построенный объект в

конкретных грунтовых условиях.

В обоих способах экспериментальных исследований сооружений и оснований особую роль играет создание динамических возмущений, действующих на исследуемые объекты. К этому вопросу необходимо отнестись с особенно большой ответственностью, так как ожидаемые результаты во многом зависят от характера внешних воздействий.

В настоящее время при испытании зданий и сооружений в натуральных условиях в качестве источника сейсмических колебаний используют вибромашины, подземные взрывы и сброс груза на определенных расстояниях от исследуемых объектов. Но ни один из перечисленных способов создания сейсмической нагрузки не охватывает полный диапазон спектра частот, наблюдаемых в акселерограммах землетрясений.

Бесспорно, оба способа проведения экспериментальных исследований, т.е. модельные и натурные опыты имеют свои специфику, трудности и преимущества. Оба способа независимые и взаимно дополняют друг друга, позволяют получить результаты ближе к истинным.

Последующим моментом в методике проведения экспериментальных исследований колебаний зданий и сооружений при динамических воздействиях является выбор приборов, аппаратуры и оборудования, идентификация их характеристик и методы регистрации. Идентификации характеристик и выбор комплекса измерительных систем производятся в соответствии с постановкой эксперимента, изменением диапазона регистрируемых величин, прочности приборов, максимальной чувствительности измерительных каналов, степени детализации динамических процессов при различных интенсивностях и направленных воздействий и т.д.

При экспериментальных исследованиях до установки регистрируемых приборов в грунтовых основаниях и сооружениях необходимо определить характеристики измерительных каналов для обработки результатов инструментального наблюдения на выходе. Определения характеристики измерительного канала производится, в основном, двумя методами: путем ка-

либровки приборов, входящих в систему измерительного комплекса или расчетным способом. Калибровка измерительных каналов производится на специальном вибростенде при определенных амплитудах и частотах колебаний исследуемого объекта. По результатам калибровки экспериментальным способом при стационарных условиях строятся тарировочные кривые, с помощью которых производится обработка результатов инструментальных данных. Такой подход определения основных постоянных приборов, характеристики измерительного канала, в основном, осуществляется на станциях инженерно - сейсмометрической службы, в лабораторных экспериментальных исследованиях, проводимых в стационарных условиях.

Другой метод определения основных характеристик измерительных каналов сейсмометрии аналитико-расчетный способ, основанный на строгом математическом подходе реализации способа гальванометрической регистрации колебаний исследуемых объектов. Аналитико-расчетный способ определения характеристик сейсмических измерительных каналов основан на методе затухающих колебаний. Согласно этому методу собираются электрические схемы и производятся записи для определения коэффициентов электромагнитного затухания сейсмодатчика и гальванометра.

При этом производится пять записей для каждого измерительного канала, причем эти записи повторялись несколько раз для достижения достаточной точности.

Для проведения эксперимента по определению динамических характеристик конструкции медресе Кукалдош, Баракхан и мавзолея Каффол Шоший при подготовке приборов и аппаратуры, мною выбран второй метод определения измерительных каналов. Это связано с тем, что, во-первых, вывозить и устанавливать в местах проведения опытов тарировочный стенд является затруднительным: в связи с его крупными габаритами и подготовкой специального основания. Во-вторых, при проведении опытов пункты регистрации каждого датчика меняются несколько раз, что требовало бы проверки каждый раз правильности тарировочных кривых. В первом методе этот вопрос решается проще, т.е. датчик регистрации пе-

реставляется с одного пункта на другой пункт без изменения характеристик канала

Таким образом, учитывая вышеизложенное при планировании эксперимента по исследованию динамических характеристик конструкции медресе Кукалдош, Баракхан и мавзолея Каффол Шоший мною соблюдены следующие этапы:

1. Подготовка к эксперименту;
2. Постановка круга задач эксперимента;
3. Выбор в соответствии с идентификацией характеристики аппаратуры;
4. Выбор метода возмущения для исследуемых объектов;
5. Порядок проведения эксперимента;
6. Определение необходимого числа наблюдений;
7. Прогнозирование ожидаемых погрешностей эксперимента;
8. Обработка экспериментально полученных данных;
9. Интерпретации обработанных результатов;
10. Выводы и заключения по результатам эксперимента;

4.2. Натурные испытания сооружений и анализ результатов

В процессе расчета сейсмической нагрузки в связи с тем, что оно зависит от периода свободных колебаний, ширины, длины, высоты, свойств грунта, конструкции и от коэффициента определяющего деформированное состояние сооружения, натурное измерение интегрированного значения T , учитывает нынешнее состояние сооружения. Поэтому этот метод дает точную величину сейсмической нагрузки изучаемой конструкции.

При натурных испытаниях сооружения, основываясь на новые полученные результаты, совершенствуются расчетные схемы и расчетные модели.

Натурные испытания сооружений, является не только источником проверки теоретических выводов, может быть самостоятельно определяет расчетные характеристики и в конечности дает возможность определить сейсмостой-

кость при воздействиях динамической силы и несущую способность сооружения, при воздействии статической силы воплощая их.

Испытание сооружений классифицируется по следующим видам:

1. Цель испытания:

а) испытание сооружений после окончания строительных работ до сдачи его в эксплуатацию;

б) испытание эксплуатируемых сооружений в целях определения настоящей несущей способности до восстановления сооружений после аварий;

в) испытание деталей и элементов конструкции в заводских условиях;

г) испытание в целях ведения научно – исследовательских работ;

2. Испытываемые сооружения:

а) идентификация и оценка долговечности сооружений в натуральном состоянии;

б) испытание в специальных испытательных площадках или в лабораторных условиях, на стендах или с помощью специального оборудования отдельных конструкций и её элементов;

По характеру наружного воздействия:

а) статические воздействия;

б) динамические воздействия;

Каждое исследование проходит в следующем порядке:

Проверка всех размеров, определение недостатков и качества материала, а также изучение включающего в себе состояния сооружения.

1. Испытание на статическую, динамическую силу и на температуру.

2. Перерасчет на прочность, жесткость и на трещиностойкость.

В изучении состояния сооружения входят следующие:

а) ознакомление с проектными и расчетными документами;

б) осмотр сооружений в натуре;

в) проверка и переизмерение геометрических размеров конструкции (пролет, высота, поперечное сечение и т.д.);

г) фиксация трещин и повреждений;

д) проверка качества материала и контроль состояния соединенных и закрепленных узлов;

Кафедрой «Строительная механика и сейсмостойкость сооружений» Ташкентского Архитектурно – Строительного Института разработаны планы комплексных работ. Это работы по определению технического состояния архитектурных памятников, классифицирование их, измерение динамических характеристик инструментальным методом, наблюдения с высокой точностью состояния сооружения геодезическим методом, расчеты на статические и динамические нагрузки, а также определение конструктивных решений по усилению архитектурных памятников.

4.3. Результаты натуральных испытаний колебаний комплекса Кусамы ибн Аббаса

В результате проведенных экспериментальных работ получены записи колебаний объектов в поперечном направлении. Периоды изменения колебаний объектов комплекса Шахи -Зинда в 2006-2011 гг. приведены в табл.45.1. При обработке записей полученных при микросейсмических возбуждениях выбраны участки осциллограмм, на которых записи колебаний имели более закономерный характер. Значение периодов колебаний определялось путем выше указанной методике обработки записей колебаний.

Таблица 4.1

№	Наименование объекта	Период колебаний, Т, сек					
		2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	Комплекс Кусам ибн Аббос	0,25	0,26	0,28	0,31	0,33	0,35

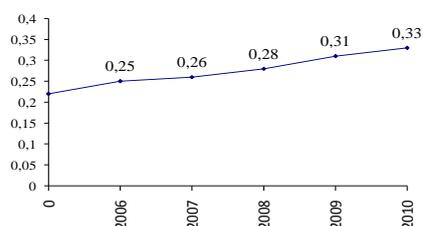


Рис. 5.1. Динамика изменения периода колебаний комплекса Кусам ибн Аббас по 2006-2011 гг..

4.4. Анализ результатов

Согласно комплексной научно-технической теме: «Оценка технического состояния и обеспечения долговечности памятников архитектуры Шахи-Зинда в г. Самарканде» специалистами Ташкентского архитектурно-строительного института, начиная с 2006 года проводятся мониторинговые наблюдения за объектами Шахи-Зинда в г. Самарканде.

При мониторинговом наблюдении применяется метод наблюдение за общими деформациями, применяя для этого сверхчувствительные сейсмометрические приборы.

Анализ результатов, полученных в натуральных условиях, показывает об увеличении деформаций. На рис. 4.15 приведены графики изменения периода свободных колебаний, полученных натурными измерениями 5 раз в течении 2006-2011 годы. Как видно из табл. 4.1 и рис. 5.1 периоды колебаний объекте Кусам ибн Аббаса от $T = 0,25$ с до $T = 0,33$ с, Основными причинами этого являются разнообразные техногенные воздействия на сооружение.

Результаты натурных измерений динамических характеристик показали увеличение периода колебаний, что также подтверждает увеличение деформации.

Результаты исследований позволяют сделать следующие рекомендации:

Для оценки степени деформированности и эффективности методов усиления необходимы последовательные натурные исследования динамических характеристик памятников архитектуры. Этот метод рекомендуется для применения оценки степени деформированности и эффективности методов усиления архитектурных памятников республики Узбекистан.

ГЛАВА 5. РАСЧЕТЫ НА СТАТИЧЕСКИХ И СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ

5.1. Предмет сейсмостойкости её развитие

Свыше 80% площади Республики Узбекистана относится к зонам сильного землетрясения.

С 1950 года в сейсмических зонах зарубежных стран (Англии, Японии, Мексики, Турции, Италии и др.) принят метод динамического расчета на сейсмостойкость сооружений. Основой этого метода являются динамические характеристики сооружений.

После того (1957 г.) как была принята первоначальная норма (СН-8-57) основанная на теорию динамики, в течении четверти века были проведены большие исследования по этой науке, случилось множество землетрясений. Землетрясения показывают ошибки и недостатки, допущенные в строительстве и в проектировании зданий. Всё это является причиной для введения изменений и поправок в строительные нормы. Принятые нормы в 1962 году СНиП П-А.12-62 применялись до 1970. С 1 июля 1970 года по 31 декабря 1981 года применялись СНиП П-А.1269. С 1 января 1982 года СНиП П-7-81. После независимости нашей республики, среди стран СНГ впервые были приняты нормы КМК для сейсмостойких сооружений. Принятые нормы определяют проектирование строящихся и реконструирующихся зданий и сооружений в зонах с сейсмичностью 7, 8, 9 и более баллов, а также поставленные им требования в процессе строительства.

В нормах расчетная сейсмическая нагрузка зданий и сооружений принимается как статически действующая нагрузка.

В сущности, динамические нагрузки по отношению к статическим нагрузкам выглядят довольно сложнее, потому что величина этих нагрузок характеризуется не только направлением и точкой положения, но и переменной времени. Сила, возбуждающая ускорение в массах сооружений называется динамической нагрузкой. Напряжения, деформации и перемещения в сооружении возникающие при воздействии динамической нагрузки изменяются по време-

ни. В результате этого в сооружении возникает колебание. Существует много видов колебаний, но мы рассмотрим только механические колебания, которые встречаются в деятельности инженера.

При воздействии на механическую систему под действием наружной силы и её отнятия, в системе возникнет колебательное движение. Такое колебание системы называется свободное или собственное колебание.

Если колеблющаяся система находится под воздействием постоянной возбуждающей силы, такое колебание системы называется вынужденное колебание. Колебания, повторяющиеся непрерывно за определенное время называются периодическими колебаниями.

Существуют нижеследующие виды динамических воздействий (нагрузок) вызывающие разные виды колебаний:

1. Периодические нагрузки. Такая нагрузка возникает с помощью стойки поддерживающей механизм с вращающейся неуравновешенной массой установленной, на какое либо место сооружения. Периодические нагрузки, которые непрерывно действуют по закону синусов или косинусов называются вибрационными или гармоническими нагрузками;

2. Ударные нагрузки. К примеру, можно привести нагрузку, воздействующую ударом с помощью механизмов;

3. Импульсивные нагрузки. Характеризуются их внезапным и кратковременным действием, часто большой интенсивности. Эти нагрузки могут быть однократными или повторного действия. Например, взрывы являются кратковременной нагрузкой;

4. Подвижные нагрузки. Эти нагрузки возникают в связи с движением транспорта, грузовых кранов и т.д.;

5. Сейсмические нагрузки. Это нагрузки, воздействующие во время землетрясения на здания и сооружения.

Процесс расчета сооружения на динамические воздействия, ведется с помощью динамической расчетной схемы сооружения. Масса сооружения в схеме динамического расчета рассматривается как собранная в некоторых точках

или распределенная по всей системе. Степень свободы системы бывает различна, смотря по выбору массы. Число геометрических параметров определяющих положение всех масс системы во время её деформации.

Любая реальная конструкция имеет распределенные по объемам её элементов массы, и поэтому представляет собой систему с бесконечным числом элементарных масс. Чем больше числа степени свободы, тем больше усложняются расчетные работы. Поэтому степень свободы системы выбирается с ограничением. И тогда массы собираются в некоторые точки системы, например в местах, где расположены тяжелые грузы в сооружении.

К динамическим характеристикам сооружения входят: частота колебаний, период и скорость затухания колебаний (логарифмический декремент). Частота бывает циклической и технической. Циклической частотой называется количество колебаний совершенных за время 2π секунд. Технической частотой называется количество колебаний совершенных за 1 секунду. Время, пройденное за один цикл колебания называется периодом колебания.

5.2. Теории расчета сооружений на сейсмические воздействия

«Беспорядочное» колебание земли во время землетрясения возрождает сложности в разработке конкретных и полное решению теорий расчета сооружений на сейсмические нагрузки. В последствии этого в первой четверти XX века властвовала предложенная «статическая теория» (1900 г.) японского ученого Омори. В этой теории он представлял, что сооружение принимается как абсолютно твердое тело, которое колеблется вместе с землей, т.е. все её точки набирают одинаковое ускорение вместе с основанием. Проще говоря, это понятие можно представить себе примером трясения спичечного коробка на ладони. Инерция, образовавшаяся в любом элементе сооружения равна произведению массы “ m ” и ускорения колебаний основания y_0'' . т.е.

$$S = m \cdot y_0'' \quad (1)$$

Известно что, $Q=mg$ (2) это связь между тяжестью и тела « Q » и её массой

«т»). Здесь g – ускорение силы тяжести. Сопоставляя (1) и (2) формулы образуем:

$$S = \frac{y_o}{g} \ddot{Q} = K_c \cdot Q \quad (3)$$

Коэффициент K_c в этом выражении называется коэффициентом сейсмичности и определяется по степени сейсмичности района.

Если известно максимальное ускорение основания, а также вес здания, то по формуле (3) не сложно определить максимальную силу инерции, сейсмическую нагрузку, возникающую в сооружении. Анализ состояния зданий и сооружений в процессе землетрясения указывает на недостатки, имеющиеся в статической теории. Как известно, что малая численность зданий входит в состав абсолютно жестких сооружений. Стало известно, что деформация сооружений играет важную роль в колебании.

В 1920 году ещё один японский ученый Мононобе предложил учесть деформацию в определении сейсмических нагрузок. Он принял степень свободы сооружений системой равной единице и представил, что земля совершает колебание по гармоническому закону. А это в свою очередь даёт возможность использования нижеследующей формулы в качестве коэффициента β :

$$\beta = \frac{1}{1 - \frac{T^2}{T_o^2}}; \quad (4)$$

где T и T_o – период собственных колебаний системы и оснований.

Формула Мононобе для определения сейсмической нагрузки выглядит так:

$$S = \beta \cdot K_c \cdot Q \quad (5)$$

для абсолютно твердого тела $T=0$. Тогда из формулы (4) получается $\beta=1$. А это показывает что (3) и (5) формулы взаимно соответствуют.

В 1927 году советский ученый К.С. Завриев первым доказал что собственные колебания играют большую роль в начальной фазе землетрясения. В этих

делах К.С. Завриев положил основу в теорию динамики определения сейсмических нагрузок. К.С. Завриев заметил, что коэффициент динамичности β в начальных минутах колебаний равен:

$$\beta = \frac{2}{1 - \frac{T}{T_o^2}}; \quad (6)$$

Сравним (4) и (6) формулы и увидим большую разницу между значениями сейсмических нагрузок определенных по формулам Завриева и Мононобе. Более успешными оказались исследования, проведенные в США и получившие отражение в работах М. А. Био, Г. В. Хаузнера, Р. Р. Мартеля и Дж. Л. Альфорда и др.

В 1954 году И. Л. Корчинский предложил считать закон колебания земли в виде затухающей синусоиды.

$$Y_o(t) = \sum_{n=1}^t a_{on} \cdot e^{-E_{on} \cdot t} \cdot \sin \omega_n t \quad (7)$$

Практический расчет действий сейсмических нагрузок сооружений, он считал что хватает применение лишь одной затухающей синусоиды.

$$Y_o = a_o \cdot e^{-E_{on} \cdot t} \cdot \sin \omega_n t \quad (8)$$

где ω частота может иметь разные значения в известных пределах.

Для определения сейсмической нагрузки возникающей при i -ой форме колебаний в точке “к”, И. Л. Корчинский предложил следующую формулу:

$$S_{ik} = \frac{a_o \omega^2}{g} \cdot \beta_{it} \cdot \frac{X_i(X_k) \sum_{j=1}^n Q_j X_i(X_j)}{\sum_{j=1}^n Q_j X_i^2(X_j)} Q_k \quad (9)$$

Перед сборным весом элемента Q_k существуют три характерных множителя:

1. $\frac{a_o \omega^2}{g}$ - не зависит от параметров сооружения, характеризует отношение

ускорения земной поверхности $a_o \omega^2$ к ускорению силы тяжести g . Значит, этот множитель связан с силой землетрясения и характеризует балльность зем-

летрясения, т.е. K_c . Значение K_c определяется по таблице зависимо от степени сейсмичности.

β_{it} - зависимый от частот собственных и вынужденных колебаний, характеризует динамический эффект сейсмического воздействия на сооружение и называется коэффициентом динамичности.

Величина β_{it} представляет собой переменную, зависящую от времени t непрерывно изменяющуюся как в пределах каждого отдельного цикла колебаний сооружения.

$$\frac{X_i(X_k) \sum_{j=1}^n Q_j X_i(X_j)}{\sum_{j=1}^n Q_j X_i^2(X_j)} - \text{зависит только от формы колебания системы распо-}$$

ложения масс. Этот множитель обозначается буквой η_{ik} и называется коэффициентом формы. Первый индекс обозначает форму колебания, а второй место сбора массы. Учитывая сказанное, величина полной сейсмической нагрузки, действующей в точке «к» записывается так:

$$S_k = \sum_1^n S_{ik} = K_c \sum_1^n \beta_{it} \eta_{ik} \cdot Q_k \quad (10)$$

формулу (10) для расчета сейсмических нагрузок в 1982 году заменили другой формулой, т.е.:

$$S_{ik} = K_1 K_2 S_{oik} \quad (11)$$

где, K_1 - коэффициент, учитывающий возможные степени повреждения зданий и сооружений, значение этого коэффициента принимается по таблице;

K_2 - коэффициент конструктивных решений зданий и сооружений, значение этого коэффициента принимается по таблице;

Когда здание состоит из более 5 этажей, с помощью коэффициента K_2 увеличивается запас прочности частей здания. Потому что с увеличением количества этажей, увеличиваются вертикальные нагрузки и нарастает угроза хрупкости конструкции. Эту угрозу ликвидирует нижеследующий коэффициент:

S_{oik} - значение сейсмической нагрузки возникающей при i -ой форме свободных колебаний, представляя, что конструкция деформируется на эластичной зоне и определяемая по следующему выражению:

$$S_{oik} = Q_k A \beta_i K_{\psi} \eta_{ik} \quad (12)$$

где, Q_k – вес собранных частей сооружений в точке «к»;

$$A = \frac{y_{o \max}}{g} - \text{коэффициент, выражающий среднее относительное значение максимального ускорения оснований, значение этого коэффициента зависит от расчетной сейсмичности, т.е., при 7 баллах – } A=0,1; \text{ при 8 баллах – } A=0,2; \text{ при 9 баллах – } A=0,4;$$

β_i - коэффициент динамичности i -ой формы свободных колебаний зданий и сооружений;

Значение этого коэффициента определяется графику или по категории грунта, в зависимости от периода собственных колебаний здания, по следующей формуле:

$$\text{для I – категории грунтов: } \beta_i = \frac{1}{T}, \text{ не более } <3;$$

$$\text{для II – категории грунтов: } \beta_i = \frac{1,1}{T}, \text{ не более } <2,7;$$

$$\text{для III – категории грунтов: } \beta_i = \frac{1,5}{T}, \text{ не более } <3;$$

во всех случаях значение β_i должно быть не менее 0,8.

Период “ T_i ” собственных колебаний системы определяется на основе метода динамики сооружений.

K_{ψ} - коэффициент, учитывающий конструктивные виды и пространственные размеры зданий и сооружений, принимается по таблице;

η_{ik} - коэффициент, зависящий от формы собственных колебаний сооружения по i -ому тону и места расположения нагрузки на расчетной схеме, определяемый по следующей формуле:

$$\eta_{ik} = \frac{X_i(X_k) \sum_{j=1}^n Q_j X_i(X_j)}{\sum_{j=1}^n Q_j X_i^2(X_j)} \quad (13)$$

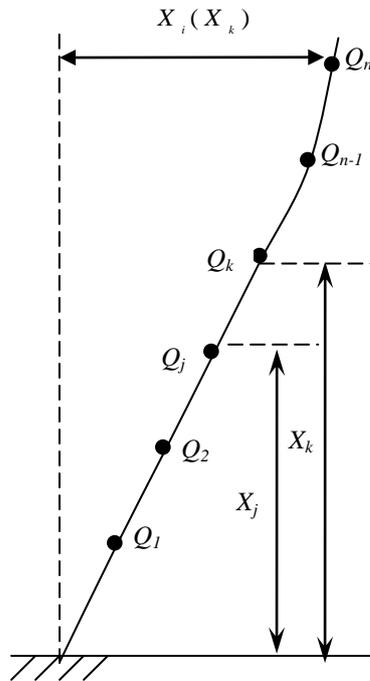


Рис.5.1.

где, $X_i(X_k)$ и $X_i(X_j)$ - перемещение, возникающее в точке «к» и в точке «j» собранной массы в процессе колебаний сооружения по i -ому тону;

Q_j – собранная масса сооружения в точке «j».

В зданиях высотой до 5 этажей в состоянии, когда $T_i < 0,4$ с, коэффициент η_{ik} определяется по следующей формуле:

$$\eta_{ik} = \frac{X_k \sum_{j=1}^n Q_j X_j}{\sum_{j=1}^n Q_j X_j^2} \quad (14)$$

где X_k и X_j - расстояние от верхней части фундамента до точек «к» и «j».

Сейсмическая нагрузка, воздействующая на сооружение по нормам КМК принятым в Республики Узбекистан определяется по формуле:

$$S_{ik} = K_o K_n K_{эм} K_p S_{oik} \quad (15)$$

$$S_{oik} = \alpha Q_k W_i K_\delta \eta_{ik} \quad (16)$$

где, Q_k – вес здания (сооружения), отнесенный к точке «к» расчетной схемы;
 S_{oik} – инерционная сила, определяемая в предположении упругого деформирования конструкций;

α - коэффициент, определяемый в зависимости от сейсмичности площадки строительства;

W_i – спектральный коэффициент;

K_δ – коэффициент диссипации;

η_{ik} - коэффициент, зависящий от формы собственных колебаний здания;

K_o – коэффициент, ответственности;

K_n – коэффициент, учета повторяемости землетрясений;

$K_{эм}$ – коэффициент, зависит от этажности здания;

K_p – коэффициент, регулярности;

При определении сейсмической нагрузки по формуле (16) для любого сооружения коэффициенты α , Q_k , K – остаются постоянными, а нагрузка действующая на сооружение зависит от периода T свободных колебаний и от коэффициента η_{ik} формы колебаний.

Итак, $W_i = f(t)$, а $T = f(a, b, h, c, \varphi, z,)$ период свободных колебаний сооружения.

Значит T зависит от коэффициентов (a) – ширины сооружения, (b) – длины, (h) – высоты, (c) – свойств грунта, (φ) – угловой частоты, а также от коэффициента (z) – определяющего состояние деформации.

Каждая форма колебаний по своему имеет сейсмическую нагрузку. Эти нагрузки возбуждают усилия в элементах конструкции. Чтобы рассчитать общее воздействие сейсмических нагрузок на элементы конструкций, первоначально определяются максимальные значения сейсмических нагрузок на основе формул для каждой формы колебаний; после того строятся эпюры усилий (M, Q, N) определенных действующих нагрузок. И после этого рассчитывается

и определяется их сумма.

Самые большие усилия возникают при первой форме колебаний. И поэтому при расчете сооружений на сейсмические воздействия, учитываются начальные три формы собственных колебаний. Если $T=0,4с$, то тогда можно ограничиться только первой формой колебаний.

Формой колебаний называется кривой линией соединяющей перемещения точек масс расположенных в сооружении в определенную минуту колебаний.

При расчете зданий с пролетом более 30м, кроме горизонтальных сейсмических нагрузок, надо учитывать и действие крутящего момента, возникающего относительно вертикальной оси проходящего через центр жесткости здания. Расчетное значение крутящего момента возникающего в точке «к» здания, определяется по формуле:

$$M_{ik}=a_k S_{ik} \quad (.17)$$

где, $a_k \geq 0,02B$, и где B – размер на плане здания в перпендикулярном направлении действию силы S_{ik} .

5.3. Расчет на сейсмические воздействия по СНиП II–7–81

Сейсмическая нагрузка S_{ik} согласно по СНиПу II-7-81 определяется по формуле [24]

$$S_{ik} = K_1 K_2 S_{oik} \quad (18)$$

где, K_1 – коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения зданий и сооружений, принимаемый по табл. 3. Значения коэффициента K_1 по табл. 3 принимаем – $K_1 = 1,0$.

K_2 – коэффициент, учитывающий конструктивные решения зданий и сооружений, принимаемый по табл. 4. Значения коэффициента K_2 по табл. 4 принимаем – $K_2 = 1,3$.

S_{oik} – значение сейсмической нагрузки для i -го тона собственных колебаний здания или сооружения, определяемое в предположении упругого дефор-

мирования конструкций по формуле

$$S_{oik} = Q_k A \beta_i K_\psi \eta_{ik} \quad (19)$$

где Q_k – вес здания или сооружения, отнесенный к точке K , определяемый с сочетанием расчетных нагрузок на конструкции (рис. 6.2.).

A – коэффициент, значения которого следует принимать равной 0,2 соответственно расчетной сейсмичности (г. Самарканд) 8 баллов.

β_i – коэффициент динамичности, определяемое в зависимости от периодов собственных колебаний T_i здания или сооружения по i -му тону и категорий грунтов по сейсмическим свойствам.

Грунты основания площадки комплекса Шохи Зинда по данным инженерно-геологических изысканий соответствует категории – II.

Коэффициент динамичности для грунта второй категории в поперечном направлении определяется по формуле

$$\beta_i = \frac{1,1}{T_i}, \text{ но не более } 2,7 \quad (20)$$

Полученные по формуле (2.3) значения коэффициента динамичности β_i превышает значения 2,7. Поэтому значения принимаем равной – $\beta = 2,7$.

K_ψ - коэффициент, принимаемый по табл. 5. $K_\psi = 1$.

η_{ik} - коэффициент, зависящий от формы деформации сооружения при его собственных колебаниях.

Коэффициент формы колебаний для одноэтажных зданий - $\eta = 1$.

Результаты расчетов приведены в табл. 5.1.

5.4. Расчет на сейсмические воздействия по КМК 2.01.03-96

Расчетно-сейсмическая нагрузка в выбранном направлении, приложенная в точке K и соответствующая i -му тону собственных колебаний здания (сооружения), определяется по формуле [19]

$$S_{ik} = K_o K_{II} K_{эт} K_p S_{oik} \quad (21)$$

где, K_δ – коэффициент диссипации, определяемый по табл. 2.16;

K_p – коэффициент регулярности, определяемый по табл. 2.12;

K_o – коэффициент ответственности, определяемый по табл. 2.3;

K_{II} – коэффициент учета повторяемости землетрясений, принимаемый по табл. 2.4;

$K_{эт}$ – коэффициент, зависящий от этажности здания, определяемый по табл. 2.10;

S_{oik} – инерционная сила, определяемая в предположении упругого деформирования конструкций; определяемое по формуле [19]

$$S_{oik} = \alpha Q_k W_i K_\delta \eta_{ik} \quad (22)$$

где, α – коэффициент, определяемый по таблице 2.7 в зависимости от сейсмичности площадки строительства;

Q_k – вес здания отнесенный к точке K расчетной схемы (рис. 2.2);

W_i – спектральный коэффициент, определяемый по таблице 2.8;

η_{ik} – коэффициент, зависящий от формы колебания здания по i -му тону и местоположения нагрузки на расчетной схеме.

Расчет начинаем с определения значений коэффициентов формул 21-22. Согласно табл. 2.3 ответственность рассчитываемого здания соответствует II – категории, поэтому $K_o = 1,2$.

Коэффициент учета повторяемости землетрясений согласно табл. 2.4 – $K_{II} = 1,0$.

Коэффициент этажности согласно табл. 2.10 - $K_{эт} = 1,0$.

Коэффициент регулярности согласно табл. 2.12 - $K_p = 1,0$.

Из табл. 2.7 в зависимости от сейсмичности площадки строительства для 8 баллов коэффициент сейсмичности принимаем - $\alpha = 0,5$.

Спектральный коэффициент W_i определяется по табл. 2.8 или по графикам на рис. 2.2 в зависимости от периода собственных колебаний проектируемого объекта по i -му тону, индекса региона (города) по табл. 2.2 и категории грунтов по сейсмическим свойствам. Для г. Самарканда индекс региона – IV, категория грунта – II, период собственных колебаний памятников мавзолеев имеет различные значения. Поэтому значения спектрального коэффициента для каждого объекта приведена в табл. 5.1.

Коэффициент диссипации определяется по формуле:

$$K_{\delta} = e^{(0,548 - \sqrt{\delta})(0,1 + \frac{0,7}{\sqrt{T_1}})} \quad (23)$$

где, δ – декремент колебаний, принимаемый по результатам натуральных испытаний зданий аналогичных проектируемым, а при их отсутствии по табл. 2.9.

По табл. 2.9 значение декремента колебаний принимаем $\delta = 0,3$. Тогда коэффициент диссипации принимается равной - $K_{\delta} = 1,0$.

η_{ik} - коэффициент, зависящий от формы деформации сооружения при его собственных колебаниях.

Коэффициент формы колебаний для одноэтажных зданий - $\eta = 1$.

Результаты расчетов приведены в табл. 5.1.

Характеристики расчетных схем объектов и расчетные результаты

Таблица 5.1.

№	Объект исследования	Высота $H_k, \text{ м}$	Площадь сечения $F_k, \text{ м}^2$	Масса $m_k, \frac{\text{т} \cdot \text{с}^2}{\text{м}}$	Нагрузка $Q_k, \text{ т}$	W_i	Значения сейсмической нагрузки		Нормальная сила $N_k, \text{ т}$
							СНиП II-7-81	КМК 2.01.03-96	
1	Комплекс Ку-сам ибн Аббос	8,0	72,5	129,97	1275	1,15	895	880	2550

5.5. Сдвиговая жесткость

Модуль равномерного сжатия, по данным натуральных обследований кладки - $E = 14435 \text{ т/м}^2$.

Модуль сдвига - $G = 0,4 \cdot 14435 = 5774 \text{ т/м}^2$.

Коэффициент неравномерного распределения касательных напряжений - $\mu = 1,15$

Жесткости стен объектов исследования определяются по формуле

$$K_i = \frac{G \cdot F_i}{\mu \cdot \ell_i}$$

Жесткость стен комплекса Кусам ибн Аббос - $K = \frac{5774 \cdot 120,5}{1,15 \cdot 8} = 75627 \text{ т / м}$

5.6. Оценка напряженно-деформированного состояния конструкций объектов исследования

Проверка прочности кладки

Комплекс Кусам ибн Аббос

Максимальная перерезывающая сила

$S_{\max} = 895 \text{ т}$.

Общая площадь сечения

$F = 120,5 \text{ м}^2$

Главные растягивающие напряжения

$$\sigma_{\text{ра}} = \frac{1,5 S}{F} = \frac{1,5 \times 895}{120,5} = 11,0 \text{ т / м}^2$$

По имеющимся данным прочности сцепления древней кладки можно принять

$$R_p^6 = 10 \text{ т / м}^2$$

$$R_{\text{сл}} = 0,8 R_p^6 = 8 \text{ т / м}^2$$

Вертикальная нагрузка

$Q = 1275 \text{ т}$.

Нормальное напряжение, с учетом вертикальной сейсмической нагрузки в размере 15% от веса сооружения.

$$\sigma_p = 0,85 \frac{1275}{120,5} = 8,99 \text{ м / м}^2$$

Прочность кладки на главные растягивающие усилия

$$[R_{zt}] = \sqrt{R_{zt}(\sigma_0 + R_{zt})} = \sqrt{8(8 + 8,99)} = 11,66 \text{ м / м}^2 > 11 \text{ м / м}^2$$

Выше рассмотренные методы определения сейсмических нагрузок считаются приблизительными. Все расчеты зданий ведутся на основе этих методов. Однако особо важные и высокие здания рассчитываются на действия реальных акселерограмм в качестве добавления к расчетам.

Такие расчеты невозможно произвести без ЭВМ.

5.7. Краткое описание метода конечных элементов для линейных задач

Метод конечных элементов (МКЭ) является теоретической основой ПК ЛИРА, реализованный в форме перемещений. Выбор именно этой формы объясняется простотой ее алгоритмизации и физической интерпретации, наличием единых методов построения матриц жесткости и векторов нагрузок для различных типов конечных элементов, возможностью учета произвольных граничных условий и сложной геометрии рассчитываемой конструкции.

Реализованный вариант МКЭ использует принцип возможных перемещений

$$a(u, v) = (f, v) \quad (24)$$

где u - искомое точное решение; v - любое возможное перемещение;

$a(u, v), (f, v)$ - возможные работы внутренних и внешних сил.

Занимаемая конструкцией область разбивается на конечные элементы Ω_r , назначаются узлы и их степени свободы L_i (перемещения и углы поворота узлов).

Степеням свободы соответствуют базисные (координатные, аппроксимирующие) функции μ_j , отличные от нуля только на соответствующих звездах элементов и удовлетворяющие равенствам

$$L_j \mu_i = \begin{cases} 1, i = j \\ 0, i \neq j \end{cases} \quad (25)$$

Приближенное решение U_h ищется в виде линейной комбинации базисных функций

$$U_h = \sum_{i=1}^N u_i \mu_i, \quad (26)$$

удовлетворяющей главным (кинетическим) условиям,

где: u_i - числа; N - количество степеней свободы.

Далее излагается МКЭ для линейных задач, поскольку решение нелинейных задач сводится к последовательности линейных.

Подставляя в (24) U_h вместо U и μ_j ($j=1, \dots, N$) вместо V , получим систему уравнений МКЭ:

$$\sum_{i=1}^N u_i a(\mu_i, \mu_j) = (f, \mu_j), i = 1, \dots, N \quad (27)$$

Обозначив K матрицу жесткости с элементами $k_{i,j} = \alpha(\mu_i, \mu_j)$, P - вектор нагрузок, с элементами $P_i = (f, \mu_i)$ и X - искомый вектор с элементами u_i , запишем систему (27) в матричной форме

$$KX = P \quad (28)$$

Таким образом, применение МКЭ сводит задачу к системе линейных алгебраических уравнений (28).

Решив ее, находим вектор X , затем из (26) - остальные компоненты напряженно-деформированного состояния.

Важным преимуществом излагаемого метода является то, что матрицу K и вектор P получают суммированием соответствующих элементов матриц жесткости и векторов нагрузок, построенных для отдельных конечных элемен-

тов.

Для МКЭ в перемещениях известны условия сходимости и оценки погрешности. Условиями сходимости являются линейная независимость и полнота системы базисных функций, а также их совместность (конформность), либо условия, компенсирующие несовместность. Совместность означает, что все базисные функции являются возможными перемещениями. Линейная независимость следует из (25). Известны легко проверяемые условия, позволяющие установить полноту базисных функций, их совместность или выполнение условий, компенсирующих несовместность. Эти условия имеют вид равенств, которым должны удовлетворять базисные функции на каждом конечном элементе. Такая теоретическая основа позволяет не только исследовать корректность применения известных конечных элементов, но и разработать принципы конструирования новых совместных и несовместных элементов и получить для них оценки погрешности.

Библиотека конечных элементов (БКЭ) содержит элементы, моделирующие работу различных типов конструкций:

- элементы стержней;
- четырехугольные и треугольные элементы плоской задачи, плиты, оболочки;
- элементы пространственной задачи - тетраэдр, параллелепипед, трехгранная призма.

Кроме того, в библиотеке имеются различные специальные элементы, моделирующие связь конечной жесткости, упругую податливость между узлами, элементы, задаваемые численной матрицей жесткости.

Все конечные элементы, включенные в библиотеку, теоретически обоснованы, для них получены оценки погрешности по энергии и по перемещениям.

Погрешность по энергии оценивается величиной, пропорциональной h^τ ; где h – максимальный из размеров конечных элементов, $\tau=2$ для прямоугольных и четырехугольных элементов плиты, $\tau=1$ для остальных элементов. По-

грешность по перемещениям оценивается величиной, пропорциональной h' , где $t=4$ для совместных прямоугольных и четырехугольных элементов плиты, $t=2$ для остальных элементов. Теоретически обоснована также возможность задания криволинейных стержней прямолинейными элементами и произвольных оболочек треугольными и прямоугольными (для цилиндрических оболочек) элементами плоской оболочки. Погрешность по энергии и перемещениям оценивается в этом случае величиной, пропорциональной h .

5.8. Результаты расчета на статические и сейсмические воздействия с помощью ЛИРА версия 9.0.

Некоторые максимальные усилия, возникшие при статических и сейсмических воздействиях:

При постоянной нагрузке (Загружения №1)

$$\sigma_x=3.9 \times 10^4 \text{ Т/м}^2; \sigma_y=6.6 \times 10^4 \text{ Т/м}^2;$$

$$\tau_{xy}=3.4 \times 10^4 \text{ Т/м}^2;$$

$$M_x=1.3 \times 10^3 \text{ Т*м}; M_y=1.1 \times 10^3 \text{ Т*м};$$

$$Q_x=4.4 \times 10^4 \text{ Т/м}; Q_y=1.7 \times 10^4 \text{ Т/м}.$$

При кратковременной нагрузке (Загружения №2)

$$\sigma_x=339.0 \text{ Т/м}^2; \sigma_y=575.0 \text{ Т/м}^2;$$

$$\tau_{xy}=298.0 \text{ Т/м}^2;$$

$$M_x=11.0 \text{ Т*м}; M_y=9.4 \text{ Т*м};$$

$$Q_x=37.0 \text{ Т/м}; Q_y=154.0 \text{ Т/м}.$$

При сейсмической нагрузке по оси X (Загружения №3)

$$\sigma_x=737.0 \text{ Т/м}^2; \sigma_y=277.0 \text{ Т/м}^2;$$

$$\tau_{xy}=727.0 \text{ Т/м}^2;$$

$$M_x=637.0 \text{ Т*м}; M_y=691.0 \text{ Т*м};$$

$$Q_x=3.1 \times 10^3 \text{ Т/м}; Q_y=3.4 \times 10^3 \text{ Т/м}.$$

При сейсмической нагрузке по оси Y (Загружения №4)

$$\sigma_x=743.0 \text{ Т/м}^2; \sigma_y=181.0 \text{ Т/м}^2;$$

$$\tau_{xy}=811.0 \text{ Т/м}^2;$$

$$M_x=559.0\text{т*м}; M_y=484.0\text{т*м};$$
$$Q_x=1.9\times 10^3\text{т/м}; Q_y=2.6\times 10^3\text{т/м}.$$

6. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСИЛЕНИЮ КОНСТРУКЦИЙ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ КОМПЛЕКСА ШОХИ ЗИНДА

Каждый памятник уникален и представляет ценное культурное наследие. Как известно, выбор методов восстановления и укрепления зависит от степени полученных повреждений конструкций памятника.

Инженерных обследование технического состояния комплекса Кусам ибн Аббос 2009 году были зафиксированы имеющиеся трещины и причины их возникновения. При натурном обследовании выявлено, что некоторые конструкции комплекса Кусам ибн Аббос и мавзолея Амир Хусейн сильно деформированы. Основной причиной ухудшения технического состояния конструкций объектов исследования является разные техногенные воздействия (движение тяжелого транспорта, землетрясения, атмосферные осадки и др.) и неравномерная осадка основания. Например, ширина раскрытия трещин(южная стена и внутренние стены мечети) комплекса Кусам ибн Аббос достигает до 2-3 см, а в мавзолее Амир Хусейн(лестничная клетка) соответственно составляет 5-6 см. Это критическое состояние для мавзолеев. Это доказывает расчеты на сейсмические воздействия соответственно расчетное главное растягивающее напряжение превышает нормативного на 6 процентов.

Поэтому для усиления деформированных частей объектов исследования разработана рекомендация.

Учитывая аварийное состояние, а также продолжающихся деформаций установленных сейсмометрическими, геодезическими и гидрогеологическими наблюдениями рекомендуется производить усиление мавзолеев в три этапа.[1, 8]

В первом этапе объект усиления в нескольких ярусах прикрепляется с

помощью бандажами с землей с целью предотвращения от разрушения при усилении подземной части.

Во втором этапе производится укрепление основания фундамента методом инъектирования. Состав, прочность, сцепляемость раствора тщательно изучается. Но сначала требуется устранить имеющиеся утечки воды из коммуникаций в зоне усиления.

Для осуществления этих задач в Узбекистане существуют научно-исследовательский, проектный институт и производственные организации.

Разработку проекта может выполнить головная республиканская организация по проектированию оснований и фундаментов зданий и сооружений ЗПЛИТИ (НИИ оснований и подземных сооружений) им. К. М. Жумаева.

Раздел ППР проекта - Ташкентский СП «Гидроспецпроект».

Производство работ и опытно-контрольные работы по закреплению грунтов основания может выполнить организация «Гидроспецстрой», который имеет большой производственный опыт и все необходимое оборудование.

В третьем этапе после набора прочности и стабильности деформации основания производится усиление надземной части. Для этого под большим давлением продувается и промывается все трещины и заделываются специально подготовленными жидкими сильно сцепляющими материалами.

Только после полного завершения всех укрепительных работ, обеспечивающие устойчивости, сейсмостойкости и долговечности объектов исследования снимают все внешние металлические бандажи крепления.

При этом все работы проводятся по строгим инструментальным и мониторинговым наблюдениям. После окончания работ по конструктивным мероприятиям проводить систематический контроль за техническим состоянием конструкций объектов исследования и контроль за разрушением кладочного раствора, раскрытие трещин путем установки маяков и геодезическое измерения согласно требований и норм.

7. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ДЕФОРМИРОВАННОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ УСИЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ

Достаточно частое повторяемость землетрясений наряду с такими обстоятельствами, как продолжительный срок службы, недостаточно высокое качество производства работ при ликвидации деформативных повреждений, просадочность грунтов и др. приводят преждевременному выходу памятников архитектуры из эксплуатации, при условии несвоевременного принятия мер по ремонту и ликвидации конкретных ослаблений.

В связи этим возникает острая необходимость оценивать степень деформированности архитектурных памятников.

Период собственных колебаний является величиной, которая характеризует динамическую жесткость памятника.

Натурные замеры периодов собственных колебаний интегрально учитывают пространственную работу памятника, что позволяет использовать их для оценки деформированности памятников архитектуры.

Особенностью большого количества памятников архитектуры, которое мы назвали деформированные является большой срок (500-2000 лет) службы и подверженность значительным сейсмическим воздействиям.

По данным сейсмологов (Институт сейсмологии АН РУз) за период существования памятников архитектуры в Бухаре произошло 5 сильных землетрясений интенсивностью 7-8 баллов, в Самарканде - 6, в Ташкенте и в Шахрисабзе -2, в Термезе -3 и др.

Эти данные показывают, что за период существования исторические памятники были неоднократно подвержены сильным сейсмическим воздействиям, и при этом они сохранились до наших дней.

Но интенсивные различные техногенные воздействия за последние годы увеличили их уязвимость.

Для оценки степени деформированности в памятниках архитектуры Шахи-Зинда проводятся последовательные инструментальные наблюдения с измерением натуральных значений периода колебаний (глава 5).

Таким образом, наряду с такими факторами, как размеры памятников архитектуры плане «в», «l» и по высоте «Н» характеристики грунтов в оснований «с» и несущей конструкции памятника «φ» влияющим на «Т» значительную роль играет деформированное состояние памятника, которое можно оценить через величину «Z». Общее выражение для величины «Т» может быть записано в виде $T = f(b, l, H, C, \varphi, Z)$. В свою очередь величина, характеризующая деформированность памятника архитектуры, может быть выражена зависимостью $Z = F(\varphi, N, R_{\text{кл}}, t)$.

Где, $R_{\text{кл}}$ – расчетное сопротивление кладки;

φ – коэффициент, характеризующий несущей конструкции.

N – повторяемость землетрясений свыше четырех баллов в год для соответствующего района.

t – срок эксплуатации (или год возведения памятника).

Для оценки степени деформированности памятника необходимо знать критическую величину периода собственных колебаний, которая соответствует предельному состоянию памятника по прочности.

Таким образом, инструментальным методам путем последовательных мониторинговых наблюдений, возможно, оценить степень деформированности и эффективности конструктивных мер по усилению памятников архитектуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализом архивных материалов и опубликованных работ за 1880-2000 годы установлено отсутствия конкретных данных о состояниях конструкций, физико-механических характеристик строительных материалов и грунтов оснований, инструментально-мониторинговых исследований, а также расчеты по оценке НДС и сейсмостойкости конструкций памятников архитектуры ансамбля Шахи-Зинда.
2. Визуальным и детально-инженерным обследованием и с помощью фотофиксацией повреждений и деформаций обнаружено деформированное состояние конструкций комплекса Кусам ибн Аббаса и мавзолея Эмира Хусейна. Встречаются частичные утраты облицовок в стенах порталов и барабанов. Основными причинами выше изложенных деформаций служили проникновения влаги и различные техногенные (слабые и сильные землетрясения и др.) воздействия.
3. Проведены инженерные исследования по оценке физико-механических характеристик и определены в лабораторных условиях физические и механические свойства строительных кирпичей отобранных из объектов исследований. Механические характеристики колеблется от 7,5 (мавзолей Шади-Мулк око) до 8,6 МПа (комплекс Кусам ибн Аббаса).
4. В результате проведенных инженерно-геологических изысканий площадки ансамбля Шахи-Зинда и определены в лабораторных условиях физические и механические свойства грунтов основания.
5. Учитывая результатов детальных инженерных обследований и инженерно-геологических условий техническое состояние мавзолея комплекса Кусам ибн Аббаса оценивается не удовлетворительным. Техническое состояние остальных мавзолеев можно считать удовлетворительным.
6. Разработана методика инструментальных исследований динамических характеристик памятников архитектуры.

7. По разработанной методике проведены инструментальные исследования динамических характеристик объектов исследования в период 2006-2011 годы. Анализ результатов инструментальных исследований подтверждает, что увеличение периодов колебаний в среднем составляет от 5 до 10 % в год.
8. Выполнены расчеты на сейсмические воздействия конструкций объектов исследования по действующим нормам. Расчеты производились с учетом результатов натурных испытаний. Значения расчетных сейсмических нагрузок по СНиП II-7-81 и КМК 2.01.03-96 дали одинаковые результаты.
9. На основе расчетов на сейсмические воздействия конструкций объектов исследования оценены НДС конструкций. Полученные результаты показывают, что главные растягивающие напряжения на 6% превышает допустимого (Комплекс Кусам ибн Аббос), что представляет небольшую опасность.
10. Анализируя результаты оценки технического состояния, инструментальных исследований и НДС конструкций разработаны рекомендации по усилению сильно деформированных конструкций меры по обеспечению долговечности памятников архитектуры ансамбля Шахи-Зинда.
11. Разработана методика инструментальных исследований динамических характеристик памятников архитектуры.
12. В целях углубления и расширения исследований в области сохранения архитектурных памятников необходимо продолжить НИР.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. И.А. КАРИМОВ «Мечта о совершенном поклонении» Ташкент «Шарк» - 1999г.
2. АБДУРАШИДОВ К.С., КАБУЛОВ Ф.Р., РАХМАНОВ Б.К. *Инженерные проблемы архитектурных памятников*. Монография. Ташкент, изд-во “Фан”, 2011. 354 стр.
3. АБДУРАШИДОВ К.С., ШАДМАНОВА З.С. *Анализ состояния конструкций архитектурных памятников*. //Проблемы механики. Ташкент, Фан -1998. -№ 3. - С. 42.
4. АБДУРАШИДОВ К.С. *Ўзбекистондаги архитектура ёдгорликлари конструкцияларининг ҳолати ва келажаси*. //Архитектура и строительство Узбекистана. Ташкент, -2001. -№1. - С. 16-17.
5. АБДУРАШИДОВ Қ.С., РАХМАНОВ Б.К. *Архитектура ёдгорликлари техник ҳолатини инструментал усуллар орқали аниқлаш*. //Меъморчилик ва қурилиш муаммолари. Самарқанд, СамДАҚИ-2004. №2, 3-4 б.
6. АБДУРАШИДОВ К.С. *Ўзбекистондаги архитектура ёдгорликлари конструкцияларини мустахкамлаш ва умрбоқийлигини таъминлаш муаммолари ҳақида*. //Ўзбекистон архитектураси ва қурилиши. Тошкент, ООО “AL-VAIR” - 2006. № 4, 29 б.
7. АБДУРАШИДОВ К.С., НИЗОМОВ Ш.Р. *Архитектура ёдгорликлари мустахкамлаш ва zilзилабардошлик сирлари, уларни умрбоқийлигини таъминлаш муаммолари*. //Ўзбекистон архитектураси ва қурилиши. Тошкент, ООО “AL-VAIR” - 2007. № 3, 59-61 б.
8. АБДУРАШИДОВ К.С. *Архитектура ёдгорликларида муҳандислик муаммолари*. Материалы международной научно-технической кон-

ференции “Современные проблемы механики”. Самарканд, СамДАҚИ - 2007. 3-6 б.

9. АБДУРАШИДОВ К.С. *Анализ конструкции, оценка технического состояния и конструктивные меры по обеспечению долговечности памятников архитектуры Узбекистана*. Материалы международной конференции по теме: «Марказий Осиёда маданият ёдгорликларни сақлаш». Тошкент, 2008.
10. АБДУРАШИДОВ К.С. *Архитектура ёдгорликларида муҳандислик муаммолар*. «Бино, иншоотлар ва меъморий обидаларнинг техник ҳолатини баҳолаш» мавзусидаги халқаро конференция материаллари. Самарқанд, СамДАҚИ - 2008.
11. АБДУРАШИДОВ К.С. и др. *Ўзбекистондаги архитектура ёдгорликлари конструкцияларини мустаҳкамлаш ва умрбоқийлигини таъминлаш муаммолари*. “Жанубий Оролбўйи тарихий меъморий ёдгорликларини сақлаш муаммолари” мавзусидаги Республика илмий-амалий конференция материаллари. Хива, Хоразм Маъмун академияси - 2008. 4-7 б.
12. АБДУРАШИДОВ К.С., ЮСУПОВ У.Т., ЖУМАНОВА С. *Архитектура ёдгорликлари конструкцияларини таҳлили*. Материалы международной научно-технической конференции “Современные проблемы механики”. Ташкент, изд-во Центра “Фан ва технологиялар” 2007. -С. 225-228.
13. АБДУРАШИДОВ К.С. *Инженерный анализ конструкций, оценка технического состояния и разработка конструкций по обеспечению долговечности памятников архитектуры*. Материалы республиканской научно-практической конференции “Архитектура ёдгорликларининг инженерлик муаммолари”. Ташкент, ТАСИ - 2009. -С. 5-11.
14. АБДУРАШИДОВ К.С., РАХМАНОВ Б.К. *Архитектура ёдгорликлари конструкцияларини мустаҳкамлаш технологияси*.

- “Архитектура ёдгорликларининг инженерлик муаммолари” мавзусидаги республика илмий-амалий анжуман материаллари. Ташкент, ТАҚИ 2009. -Б. 21-24.
15. АБДУРАШИДОВ К.С., АБДУВАСИКОВА М.Х., РАХМАНОВ Б.К. *Анализ конструкций и оценка технического состояния памятника архитектуры комплекса Шохи-Зинда в Самарканде.* “Архитектура ёдгорликларининг инженерлик муаммолари” мавзусидаги республика илмий-амалий анжуман материаллари. Ташкент, ТАҚИ 2009. -Б. 62-70.
16. АБДУВАСИКОВА М.Х., РАХМАНОВ Б.К. *Самарқанд шаҳридаги Шоҳи-Зинда обидалар мажмуасининг конструкциялари ечими ва уларнинг деформацияланиш ҳолатлари.* “Архитектура ёдгорликларининг инженерлик муаммолари” мавзусидаги республика илмий-амалий анжуман материаллари. Ташкент, ТАҚИ 2009. -Б. 92-94.
17. ВИНОГРАДОВ А.И. Научный отчет по исследованию и ремонту мавзолея Хазрати-Имам. Архив ГУОМПК РУз.
18. ГРАЖДАНКИНА Н.С. *Архитектурно-строительные материалы Средней Азии.* Ташкент, Узбекистан-1989, 208 с.
19. ГРАЖДАНКИНА Н.С., РАХИМОВ М. К., ПЛЕТНЁВ И.Е. *Архитектурная керамика Узбекистана.* (очерк исторического развития и опыт реставрации). Ташкент, Фан-1968.
20. ГИНСБУРГ В.П. *Керамика в архитектуре.* -М., Стройиздат, 1983. 200 с.
21. ГОСТ530–95. Межгосударственный стандарт. Кирпич и камни керамические. Технические условия.
22. ГОСТ 7025–91. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения плотности и контроля морозостойкости.

23. ГОСТ 8462–85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.
24. ИБРАХИМ МИКОИЛ УГЛИ (ВАЛИЕВ). *«Шахи Зинда»*. Ташкент «Янги аср авлоди»-2005. 147 стр.
25. КЛАВИХО Р.Г. Жизнь и деятельность великого Темирлана. Дневник путешествия ко двору Тимура в Самарканде в 1403-1406 гг. перевод с примечаниями И.Н.Средневского. сборник отд. рус. яз. и слов. Академия Наук, XXVIII №1 СПб, 1881.
26. *«Научно – исследовательские работы памятников комплекса Кусам ибн Аббас в г. Самарканде»*. Книга 1. Ташкент-1993. 24 стр.
27. Магистерская диссертация на тему: *“Анализ конструкций, оценка технического состояния, расчеты на сейсмическое воздействие ансамбля Шахи Зинда в г. Самарканде”*. Ташкент, ТАСИ - 2008. 77
28. РАХМАНОВ Б.К., РАХМАНОВА Х.К., НОСИРОВА Н. Шахрисабз мажмуаларига Афғонистон зилзиласини таъсири. “Архитектура ёдгорликларининг инженерлик муаммолари” мавзусидаги республика илмий-амалий анжуман материаллари. Ташкент, ТАҚИ 2009. -Б. 52-56.
29. Рекомендации по обследованию и оценке технического состояние крупнопанельных и каменных зданий/ЦНИИСК. -М.: Стройиздат, 1988. -57с.
30. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных: конструкций промышленных зданий и сооружений / ЦНИИСК. -М.: Стройиздат, 1989. - 104 с.
31. САИДИЙ С.А. Основы причины повреждений и разрушений памятников архитектуры. *«Узбекистонда архитектура ёдгорликларини асраш муаммолари»*. Тез. докл. Респ. конф., ТАСИ, 2003.
32. www.google.uz/Архитектурные памятники Узбекистана.
33. [www.google.uz /Google search: Архитектурные памятники](http://www.google.uz/Google search: Архитектурные памятники).
34. <http://www/germanembassy.uz/ru/kultur/kuerhlt.htm>

35. /<http://jahon.mfa.uz/ARHIV/2003/7/08072003.htm>.