

*Боронбаев Э.К., Абдылдаева А.М., Абрамов Б.В., Муханова К.К., Поляков Ю.В.*

**ШАХ-ФАЗИЛДИН КҮМБӨЗҮНҮН ЖЫЛУУЛУК РЕЖИМИН ӨЗҮНДӨ  
ЖҮРГҮЗҮЛГӨН ЭКСПЕРИМЕНТТИК ИЗИЛДӨӨ**

*Боронбаев Э.К., Абдылдаева А.М., Абрамов Б.В., Муханова К.К., Поляков Ю.В.*

**НАТУРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА  
МАВЗОЛЕЯ ШАХ-ФАЗИЛЬ**

*E.K. Boronbaev, A.M. Abdylidaeva, B.V. Abramov, K.K. Muhanova, Yu.V. Polyakov*

**SITE EXPERIMENT RESEARCHES OF THE SHAH-FAZIL MAUSOLEUM'S THERMAL  
REGIME**

УДК: 726.822:628.8

*Макалада мемориалдык имарат үчүн алгачкы жолу эксперименталдык изилдөөлөрдүн максаты, милдеттери, ыкмалары, өлчөө куралдары жана жылуулук режимин өзүндө жүргүзүлгөн изилдөөсүнүн жыйынтыктары келтирилди. Шах-Фазиль күмбөзүндө табигый жагымдуу жылуулук абалды түзүү мүмкүн эгер андагы жылуулук режимин багыттуу жагдайлатууну айлана чөйрөнүн энергиясын жана күндүн илебенин туздөн-туз колдонуу аркылуу аркаласа.*

**Негизги сөздөр:** жылуулук режим, табигый жылуулук абал, айлана-чөйрөнүн энергиясы, күн нурунун энергиясы, өзүндө жүргүзүлгөн өлчөөлөр.

*Впервые для мемориального сооружения представлены цели, задачи, методика, приборы и результаты натурных экспериментальных исследований теплового режима. Установлено, что в мавзолее Шах-Фазиль можно создать такое благоприятное естественное тепловое состояние, которое обеспечивается при целенаправленном тепловом режиме, формируемом за счет пассивного привлечения энергии окружающей среды и солнечной радиации.*

**Ключевые слова:** тепловой режим, естественное тепловое состояние, энергия окружающей среды, энергия солнечной энергии, натурные измерения.

*For the first time for the memorial construction presented goals, objectives, methods, tools and results of site researches of its thermal regime. In the Shah-Fazil mausoleum a natural favorable thermal condition can be achieved when the single-minded thermal regime is formed under the appropriate and passive attracting of ambient energy and solar thermal energy.*

**Key words:** thermal regime, natural thermal condition, ambient energy, solar thermal energy, site measurement.

**Введение**

Мавзолей Шах-Фазиль, как одна из видных сокровищниц мировой культуры, памятник истории, культуры, науки, архитектуры и художественного творчества, является ярким представителем монументальной архитектуры Средней Азии. Актуальна задача улучшения сохранности мавзолея. До настоящего времени не были изучены особенности и причины формирования его теплового режима, вызывающего отрицательный эффект на состояние строительных конструкций. Музей Шах-Фазиль в подавляющий период года находится лишь под действием энергии окружающей среды и солнечной радиации [1]. Особое беспокойство вызывают явления, связанные с неблагоприятным воздей-

ствием на сооружение колебаний погодных условий. Не изучены вопросы, которые касаются динамического теплового состояния строительных конструкций и декоративного убранства, испытывающих на себе сезонные и суточные изменения температуры, влажности и скорости движения воздуха, как в объеме, так и вокруг сооружения.

**Цель и задачи исследований.** Цель настоящих исследований – максимально улучшить сохранность музея за счет улучшения его теплового режима. Такая формулировка связана со следующими условиями. Известно, что мавзолеи, являясь представителем, мемориальной архитектуры, призваны для достижения специальной и исторически значимой цели – создать укрытие над захоронением, увековечить и возвеличить имя усопшего. Справедливо предположить, что средневековые решения по архитектуре и строительству рассматриваемого мавзолея принимались в основном для обеспечения монументальности сооружения. В настоящее время мавзолей используется как музей. Новое его предназначение накладывает свой отпечаток на формирование теплового режима внутреннего объема, связанного, в частности, с увеличением количества посетителей, новым графиком открывания и закрывания входных и других проемов для прохода воздуха, а также наличием вентиляционного проема в центре купола.

С позиции поставленной цели определены следующие главные задачи исследований: а) изучение природно-климатических условий места строительства; б) изучение теплового режима сооружения, включающего динамику изменения температуры, влажности и скорости движения воздуха в сооружении; в) изучение динамики изменения температуры на внутренних и наружных поверхностях ограждений сооружения. Рассмотрение теоретических положений теплового режима показало, что целесообразны и возможны натурные исследования на основе измерений термодинамических параметров воздуха и ограждений, влияющих на тепловой режим.

**Объект исследований.** Мавзолей Шах-Фазиль (Рис. 1, а) вписан на пологий склон небольшого холма, расположенного на юго-восточной части хорошо проветриваемой долины около с. Гулистан Ала-Букинского района Джалал-Абадской области. Он как представитель мемориальной архитектуры [2]

эпохи Караханидов X-XII веков<sup>1</sup>, относится к однокамерной центрической категории (см. рис. 1, б). План его основания в виде квадрата с внутренними размерами 7,84 x 7,84 м, внешними – 11,12 x 11,16 м. На северном фасаде мавзолея имеются один большой проем в центре и два дверных проемов по бокам. Музей построен на скальной породе. Стены сооружения выполнены из жженого кирпича с приблизительными размерами 15x27x3,5 см. Над нижней частью с указанным квадратным поперечным сечением, образован объем из восьмигранника, а верхняя часть сооружения выполнена в виде изящного купола. Общая высота мавзолея составляет около 15 м. Композиция узора интерьера включают орнаментальные ленты-пояса, бордюры и розетки. Фундамент и цоколь сложен из блоков известняка на лессовом растворе. Северо-восточный угол верха цоколя возвышается над уровнем двора на высоте 0,3 м. Толщина ограждающих конструкций уменьшается по мере приближения к концу купола: от 1,68 м – нижней кирпичной стены до 0,27 м – в верхней части купола.

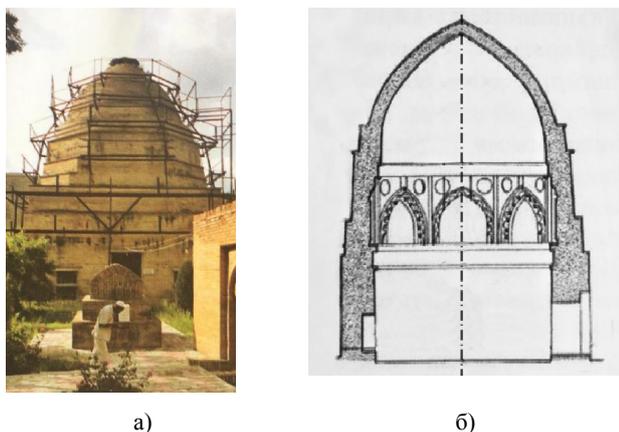


Рис. 1. Внешний вид (а) и схема-разрез (б) мавзолея Шах-Фазиль [2].

**Методика натурных исследований.** Разработанная методика измерения подчинена главной цели и основным задачам исследований. Рассмотрение научных основ формирования теплового режима сооружения показало целесообразны натурные исследования на основе измерений термодинамических параметров воздуха и ограждений. За основу приняты теоретические положения [1], по которым мавзолей, как и любое здание, представляет собой открытую термодинамическую систему, имеющую замкнутую теплозащитную оболочку, через границу которой проникает различные физические тела, включая воздух. Эта оболочка взаимодействует с окружающей средой в зависимости от разности средних температур наружного воздуха и воздуха в сооружении, скорости их движения, а также температуры на внутренних и внешних поверхностях ограждений.

В натурных исследованиях были измерены вышеуказанные четыре параметра. Учитывая значительную термическую массу ограждений и относительно малых поступлений явной теплоты от людей, измерения производились через каждые 3 часа. В некоторых сериях измерений температур на внутренней и наружной поверхности стен, ориентированных на северо-восток (СВ), СЗ, ЮВ, и ЮЗ, указанный промежуток времени увеличен до 5-5,5 часов. Такой подход оправдан из-за высокой теплоустойчивости стен. Выбраны измерительные приборы с учетом особенностей объема помещения и строительных материалов ограждений. Требуются измерения температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха в тех точках в пространстве сооружения, чтобы изучить динамику их изменения, как на уровне нижнего сечения сооружения на уровне 2 м от пола, так и по его высоте. Для измерений в верхних точках были установлены строительные леса. Следует измерять также температуру и относительную влажность наружного воздуха. График этих измерений определен с учетом времени посещения людей, влияния солнечной радиации и возможных атмосферных осадков. Особую важность приобретают бесконтактные измерения температуры на поверхностях ограждений, поскольку эта температура является одним из главных параметров формирования теплового режима сооружения.

**Приборы экспериментальных измерений.** В соответствии с принятой методикой исследований выбраны измерительные приборы. При этом учитывались особенности внутреннего объема и строительных материалов ограждений. Для измерения температуры, относительной влажности и скорости движения внутреннего и наружного воздуха, а также влажности и температуры на поверхностях ограждений неразрушающими методами были использованы следующие современные приборы.



Рис.2. Приборы, использованные при натурных измерениях: а) testo 425 термометр-анемометр, б) инфракрасный бесконтактный термометр Fluke 68, в) testo 606-2 для измерения температуры и влажности воздуха, влажности материала

**Натурные исследования.** При предварительном обследовании было отмечено следующее состояние ограждающих конструкций: а) наблюдаются наибольшие участки отсыревших зон ЮЗ, СЗ и СВ стен, примыкающих к фундаменту. Из-за накопления атмосферных осадков на отстойках наблюдается интенсивное увлажнение фундамента и, как следствие, капиллярное поднятие влаги по наружной стене. б) на внешней и внутренней сторо-

<sup>1</sup> У исследователей мавзолея нет единого мнения о времени его строительства.

ны северо-восточной части купола заметны также отсыревшие зоны. Опрос местных жителей и сотрудников мавзолейного комплекса свидетельствует, что это связано, в частности, с частыми снежными заносами на этой части купола. Повреждения облицовочных слоев заметны и на юго-западной, северо-западной стороне купола. Наблюдаются также разрушения швов кирпичной кладки стены СЗ ориентации. в) попадание атмосферных осадков вовнутрь мавзолея через нижние проемы приводит к накоплению влаги в бетонной конструкции пола.

Были проведены серии пробно-предварительных краткосрочных натурных измерений. На основе результатов этих измерений разработана общая методика натурных исследований, процедура и временной график детальных и долгосрочных измерений<sup>2</sup>. Измерены температуры на внутренней поверхности стен (2 м от уровня пола) СЗ, СВ, ЮВ и ЮЗ ориентации и определены значения температур точки росы воздуха в мавзолее (рис. 3). Как видно, в дневное время не ожидается выпадение конденсата на поверхности стен, так как значения температуры точки росы ниже температур на внутренних поверхностях. В этот период в верхних зонах менее вероятно выпадение конденсата из-за наличия градиента температур воздуха по высоте помещения. Установлено, что в холодные сутки возможны конденсация влаги на внутренних поверхностях, особенно купола, в ночные часы, когда снижается температура внутреннего воздуха и повышается его относительная влажность. Этого можно исключить, если принимать меры по накоплению теплоты в массе ограждений в дневные часы путем увеличения интенсивности воздухообмена. При этом в ночные часы следует принимать, такие его интенсивности, которые обеспечивают несущественное увеличение относительной влажности воздуха, особенно в верхних зонах помещения.

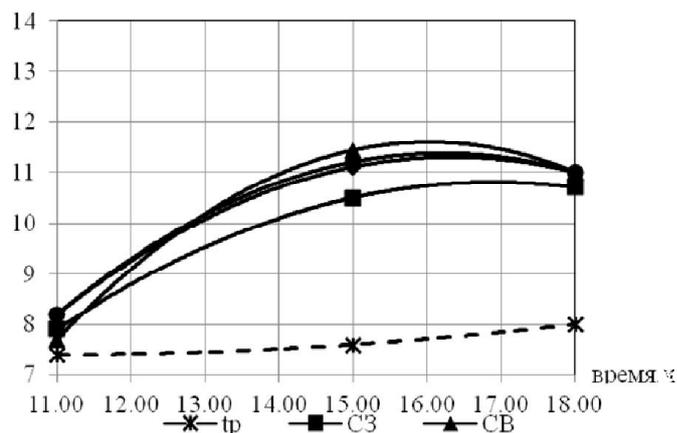


Рис. 3. Графики температур точки росы воздуха в мавзолее и температур на внутренних поверхностях стен (2 м от отметки пола) различной ориентации.

Сопоставление значений температур на внутренних и наружных поверхностях нижнего пояса (2 м от отметки пола) стен различной ориентации (Рис. 4) в безоблачные дни показали, что теплота поступающей солнечной радиации, вызывает значительное повышение температуры на фасадах, ориентированных ближе к югу. Температуры и на наружной, и на внутренней поверхности стен СЗ и СВ ориентации остаются стабильными с некоторым их увеличением после солнечного полудня. Температуры на наружной поверхности стен ЮВ и ЮЗ ориентации принимают максимальные значения, соответственно, около 11 ч и 16.30 ч, когда максимальна интенсивность поступающей прямой солнечной радиации. При этом значения этих температур на наружных поверхностях, соответственно, были равны 31 °С и 33 °С. В указанные часы температуры на внутренних поверхностях стен СЗ, СВ ЮВ и ЮЗ ориентации, остаются на приблизительно одинаковых уровнях из-за высокой теплоустойчивости этих стен толщиной 1,68 м.

<sup>2</sup> Замеры проводили к.т.н. Абдылдаева А.М. и старший преподаватель Муханова К.К. и соискатель Поляков Ю.В.

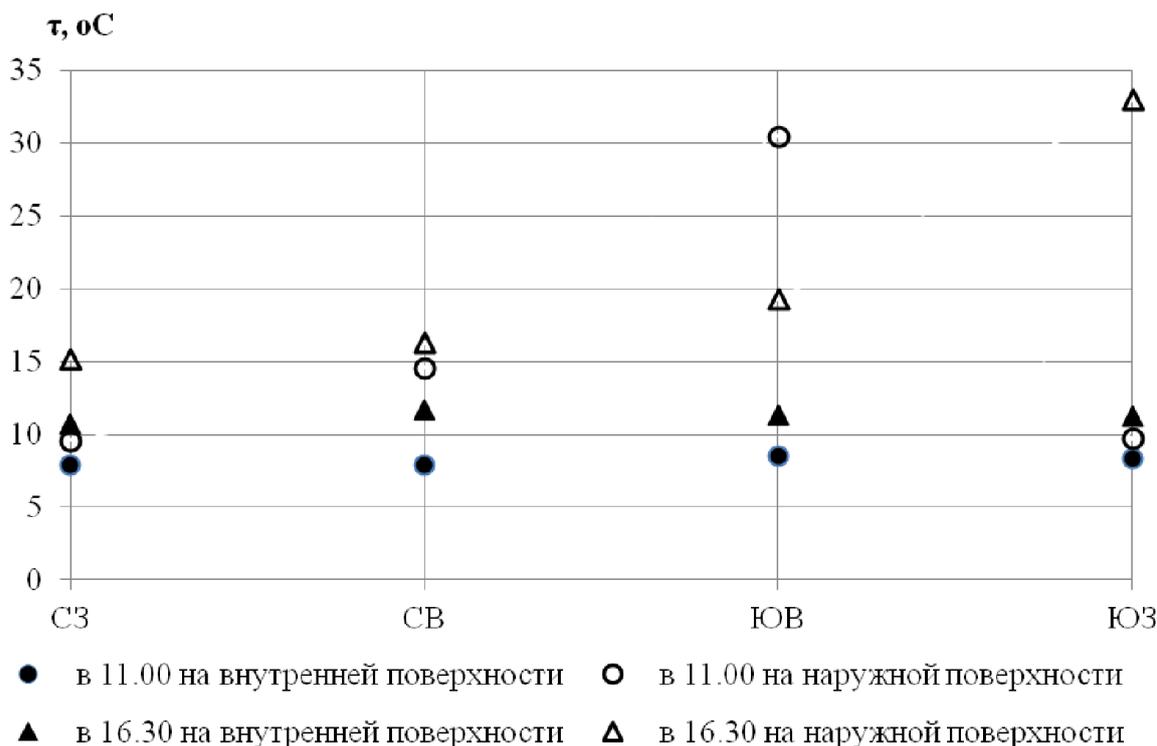


Рис. 4. Сопоставление температур на внутренних и наружных поверхностях нижнего пояса (2 м от отметки пола) стен различной ориентации

**Анализ результатов измерений.** По результатам натуральных измерений проведены соответствующие расчеты и анализ. Внутри сооружения не имеются искусственные источники теплоты и увлажнения, а выделения теплоты и влаги от небольшого количества нечастных посетителей незначительны. В период экспериментальных измерений эти выделения от сотрудников фактически не влияют на динамику теплового режима.

Установлено, что: а) значительна неравномерность распределения температуры воздуха по высоте помещения; б) температура на внутренних поверхностях на СЗ и СВ стен ниже, чем на ЮВ и ЮЗ стенах; в) в ночные и утренние часы температура на внутренних поверхностях ограждений, ориентированных ближе северу, ниже и в эти периоды выше вероятность конденсации влаги на них; г) в часы около солнечного полудня следует повысить кратность воздухообмена для накопления теплоты в массе ограждений, чтобы предотвратить конден-

сацию влаги на их внутренних поверхностях в ночные часы.

**Выводы.** На основе натуральных экспериментальных исследований установлено, что в мавзолее Шах-Фазиль можно создать допустимо благоприятное естественное тепловое состояние, которое обеспечивается при целенаправленном тепловом режиме, формируемом за счет пассивного привлечения энергии окружающей среды и солнечной радиации.

**Литература:**

1. Боронбаев Э.К. Имитационная математическая модель и энергоэффективность здания [Текст] / Э.К. Боронбаев // Энергосбережение – проблемы, современные технологии и управление.– Бишкек: Техник, 2004.– С.233-238.
2. Иманкулов Ж. Архитектура Туркестана эпохи Караханидов (Историко-теоретическое исследование) [Текст] / Ж. Иманкулов, К. Конкобаев. – Анкара: 2014. – 346 с.

Рецензент: д.т.н. Болотбек Темир