УДК 69.059.7: 902/904

# ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛИНФЫ С УВЕКСКОГО ГОРОДИЩА

### Сингатулин Р.А.

ФГБОУ ВПО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Саратов, e-mail: labsgu@mail.ru

Настоящая статья посвящена исследованиям теплотехнических и прочностных характеристик керамической плинфы из археологических сборов с Увекского городища. Целью исследований являлась дефиниция теплофизических и прочностных характеристик керамической плинфы из древних строений для технико-экономического и историко-архитектурного обоснования при проведении реконструкционных и реставрационных работ, для решения разнообразных экспертно-искусствоведческих задач, твердотельного моделирования в системах дополненной и виртуальной реальности. Научная актуальность проблемы состоит в необходимости производить более широкие изыскания в области сохранения памятников культурного наследия, которые отвечают более возросшим требованиям к достоверности и качеству воссозданных строительных материалов. Рассматриваются вопросы взаимодействия современных теплотехнических и прочностных подходов и археологической архитектуры, реконструкции объектов культурного наследия, обеспечивающих качественные измерения и высокую результативность междисциплинарных исследований.

Ключевые слова: плинфа, теплотехнические и прочностные характеристики, реставрация, реконструкция

# THERMAL AND STRENGTH CHARACTERISTICS OF BRICKS WICH THE UVEK SETTLEMENT

## Singatulin R.A.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Saratov State University named after N.G. Chernyshevskiy (National Esearch University), Saratov, e-mail: labsgu@mail.ru

This article is devoted to research of thermal and strength characteristics of bricks from archaeological fees on Uvek settlement. The purpose of researches was definition of thermophysical and strength properties of bricks from old buildings for technical-economic and historical-architectural rationale while conducting the reconstruction and restoration works to solve a variety of experts-art task, solid modeling in virtual reality systems. The scientific relevance of the problem is the need to make a wider research in the field of conservation of cultural heritage, meet the increased requirements for reliable and quality reconstituted building materials. Examines the interaction of modern construction approaches and the archaeological architecture, renovation, ensures quality and high performance of interdisciplinary research.

Keywords: plinth, thermal and strength characteristics, restoration, reconstruction

В настоящее время проблема точности и достоверности при проведении реконструкционных и реставрационных работ на объектах историко-культурного наследия приобретает особую актуальность. В зависимости от категории сложности и состояния объекта культурного наследия формируется технико-экономическое и архитектурное обоснование для проведения реконструкционных и (или) реставрационных работ. При этом особое внимание уделяется диагностике технического состояния несущих конструкций сооружения, требований по прочности и надёжности основных или замещающих (искусственно воссозданных) конструктивных элементов и здания в целом.

Вместе с тем существующие методы реконструкции и реставрации объектов культурного наследия во многом не отвечают возросшим требованиям к достоверности и качеству воссозданных строительных материалов. Во многом благодаря отсутствию системных требований и нормативов к ос-

новному строительному материалу искусственные «замещающие» реконструкции и реставрация современным материалом «под старину» приводят к ошибкам, которые не только искажают облик исторического объекта, но и могут быть источником неверных расчётов несущих конструкций сооружения, серьёзных просчётов при виртуальной реконструкции. В этом отношении важно знание физико-технологических характеристик основного строительного материала древних строений.

В Золотой Орде плинфа (плоский кирпич) была основным строительным материалом [1, с. 95–97; 2, с. 79]. Плинфа широко использовалась для возведения стен и других конструктивных элементов зданий [3, с. 75]. Характерным примером данной технологии являлся город Укек (сейчас Увекское городище, расположенное в городской черте Саратова). Благодаря геолого-археологическим исследованиям последних двадцати лет на территории Увекского городища было выявлено свыше 80 строений, выло-

женных плинфой, часть из которых была вскрыта археологическими раскопками в 2004–2013 гг. [4, с. 8–10]. Сохранившийся историко-культурный потенциал Увекского городища, подтверждённый участниками международной научно-практической конференции «Укек: прошлое, настоящее, будущее» (г. Саратов, 4-6 июня 2015 г.), позволяет претендовать на включение археологического памятника в список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО [5, с. 254– 255]. В настоящее время разработано значительное число проектов по музеефикации Увекского городища, с элементами реконструкции отдельных зданий из плинфы [6, c. 458–464; 7, c. 224–227].

Целью исследований являлась дефиниция теплофизических и прочностных характеристик плинфы из строений Увекского городища для технико-экономического и историко-архитектурного обоснования при проведении реконструкционных и реставрационных работ, твердотельного моделирования в системах виртуальной реальности. Работа выполнена в Саратовском отделении Института истории имени Ш. Марджани АН Республики Татарстан (рук. д.и.н., профессор Ф.А. Рашитов) при участии испытательной лаборатории кафедры «Строительные материалы и технологии» Саратовского государственного технического университета имени Ю.А. Гагарина (зав. лаб., к.т.н., доцент Д.К. Тимохин) и лаборатории информационных технологий в гуманитарных и естественнонаучных исследованиях Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского

(зав. лаб., к.и.н., доцент Р.А. Сингатулин). Консультации исследований осуществляли: к.арх.н., доцент В.К. Ищенко из Института урбанистики, архитектуры и строительства Саратовского государственного технического университета имени Ю.А. Гагарина (СГТУ) и к.т.н., доцент А.П. Рамзаев из Института электронной техники и машиностроения СГТУ.

Материалом для исследований служили данные археологических отчётов 2004—2016 гг., выполненные к.и.н., доцентом СГУ Р.А. Сингатулиным, и коллекция подъёмного материала (плинфы) из фондов Энгельсского краеведческого музея.

Среднестатистические размеры плинфы с Увекского городища по данным археологических отчётов составляют 234х228х5,2 мм. Датировка строительного материала из раскопанных средневековых зданий привязывалась к монетному материалу, чекан которых соответствовал 1361–1362 гг. [8, с. 139–155].

По современной классификации способ формования данного кирпича (плинфы) относится к пластическому. На поверхности исследуемого образца имеются выемки, предположительно нанесённые пальцами руки – вдавливанием на глубину до 4–10 мм (рис. 1). Предположительно, что данные выемки были сформированы для обеспечения лучшего сцепления с раствором в кладке. Подобные плинфы прослеживаются в золотоордынских зданиях по всей территории городища, строго фиксируются на верхней поверхности каменных фундаментов, сложенных из крупных булыжников.



Рис. 1. Общий вид керамического кирпича (плинфы) из Увекского городища

В ходе проведения лабораторных исследований установлено, что внутренняя структура керамического кирпича (плинфы) не является однородной и содержит включения в виде боя керамики, песка и различных органических добавок (рис. 2). Данные наполнители формируют пористость и снижают среднюю плотность кирпича, но и вместе с тем повышают теплотехнические характеристики продукции. Эффективные глинопесчаные композиции плинфы, модифицированные различными органическими добавками, в дальнейшем предлагается выявлять по разработанной технологии для глиноцементных композиций [9, с. 199–205], однако для этого требуется значительный статический материал. В этом случае откроются перспективы по выявлению качественных особенностей приготовления теста плинфы.

Были проведены лабораторные исследования на соответствие представленного образца керамического кирпича действующим нормативным требованиям, согласно ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» [10].

Согласно п. 3 ГОСТ 530-2012 представленный образец относится к керамическому полнотелому кирпичу. Состав керамического образца обычно включает в себя глину и второстепенные наполнители (песок, шамот, органика). Смеси придают необходимую форму и сушат, после чего производят высокотемпературный обжиг.

Представленный на рис. 1 образец для проведения испытаний имеет номинальные размеры 221х220х50 мм. Данные геометрические параметры современной нормативно-технической документацией не регламентируются.

В ходе проведения лабораторных исследований были определены: средняя плотность плинфы, её группа по теплотехническим характеристикам, водопоглощение по массе, пределы прочности изделия при сжатии и изгибе, а также его марка. Полученные результаты сравнивались с регламентируемыми параметрами действующего ГОСТ 530-2012.

Для определения средней плотности были изготовлены три образца-кубика размером 50x50x50 мм (рис. 3).



Рис. 2. Внутреннее строение керамической полнотелой плинфы в разрезе



Рис. 3. Образец размером 50х50х50 мм

#### Испытания образцов по определению пределов прочности при изгибе и сжатии

Маркировка образца	Геометрические размеры образца,	Разрушающая нагрузка при	Разрушающая на- грузка при изгибе,	Предел проч- ности при	Предел прочности при сжатии,
ооризци	мм	сжатии, кН	кН	изгибе, МПа	МПа
1	161x52x40	_	1,48	0,74	_
2	160x51x40	_	1,34	0,67	_
3	159x52x40	_	1,42	0,71	_
1–1	50x52x40	10,92	_	_	5,461
1–2	50x51x40	9,05	_	_	4,524
2–1	50x52x40	10,03	_	_	5,014
2–2	50x52x40	9,12	_	_	4,562
3–1	50x51x40	9,66	_	_	4,833
3–2	50x51x40	9,77	_	_	4,887

Основной материал (глина) и дополнительные включения, применяемые при производстве плинфы, оказывают влияние на её плотность. Согласно п. 5.2.1 (табл. 5) ГОСТ 530-2012 средняя плотность изготовленных образцов составила 1196 кг/м³, что соответствует классу средней плотности изделия 1,2.

Согласно п. 4.1.6 (табл. 1) ГОСТ 530-2012 группы изделий по теплотехническим характеристикам, представленный образец относится к эффективным.

Среднее значение водопоглощения по массе испытанных образцов составило 14%. Согласно п. 5.2.4 данный параметр соответствует требованиям ГОСТ 530-2012, предъявляемым для не клинкерного керамического кирпича.

Для проведения испытаний по определению пределов прочности при изгибе были изготовлены три балочки с размерами 160x50x40 мм. Испытания проводились на специализированном стенде на гидравлическом прессе ПМ-20МГ4 со средней скоростью нагружения 0,2 МПа/с. Среднее значение составило 0,7 МПа.

Для проведения испытаний по определению пределов прочности при сжатии из испытанных на изгиб образцов были изготовлены шесть образцов-кубиков с размерами 50x50x40 мм. Испытания проводились на гидравлическом прессе ПМГ-100МГ4 со средней скоростью нагружения 0,2 МПа/с. Среднее значение составило 4,88 МПа. Результаты испытаний образцов представлены в таблице.

Согласно п. 5.2.3 (табл. 7) испытанный керамический кирпич (плинфа) соответствует марке М35. В данном случае марка М35 означает, что керамическая плинфа способна выдержать нагрузку, равную 35 кг на один квадратный сантиметр или, при общей площади плинфы в 486,2 см², статическая нагрузка составит 17017 кг.

Несколько заниженные прочностные характеристики плинфы связаны с её значительным возрастом (656 лет) и продолжительным нахождением во влажной, неблагоприятной среде. В исследуемой партии были образцы и с более высокими прочностными характеристиками, однако структура, химический состав, технологические особенности и хронологические рамки их существенно отличались от описанной в данной работе плинфы. В значительной степени исследования опирались на хорошо задокументированную базу археологических данных и были направлены на промежуточную задачу – найти нижний предел прочности основного строительного материала.

#### Заключение

Проведённые исследования показали, что средняя плотность золотоордынской плинфы, её группа по теплотехническим характеристикам, водопоглощению массе, пределы прочности изделия при сжатии и изгибе, её марка соответствуют строительным нормам для индивидуального строительства. Несмотря на 656-летний возраст плинфы и её продолжительное пребывание в водонасыщенном грунте, современные регламентируемые параметры действующего ГОСТ 530-2012 позволяют использовать данный строительный артефакт при реконструкции и реставрации как утраченных, так и сохранившихся архитектурных и археологических памятников эпохи Золотой Орды. Вопрос о реконструкции древней технологии производства золотоордынской плинфы необходимо сопоставлять одновременно с аналогичными исследованиями по новгородской, киевской и среднеазиатской плинфе.

#### Список литературы

- 1. Фёдоров-Давыдов Г.А. Статистические методы в археологии / Г.А. Фёдоров-Давыдов. М.: Высшая школа, 1987. 216 с.
- 2. Кульпин Э.С. Цивилизационный феномен Золотой Орды // Общественные науки и современность. 2001. № 3. С. 74—88.
- 3. Егоров В.Л. Сарай, Сарайчик, Бахчисарай ... // Родина. 1997. N2 3–4. С. 72–76.
- 4. Аблязов К.А., Рашитов Ф.А., Сингатулин Р.А. Укек / К.А. Аблязов, Ф.А. Рашитов, Р.А. Сингатулин. Саратов: Изд-во «Научная книга», 2015. 26 с.
- 5. Резолюция конференции. Историко-археологические памятники Золотой Орды на территории Саратовского Поволжья. Укек: прошлое, настоящее, будущее: Сб. материалов межд. науч.-практ. конф., г. Саратов, 4–6 июня 2015 г. Саратов: Изд-во «Научная книга», 2016. С. 254–255.
- 6. Сингатулин Р.А. Проекты музейных комплексов для Увекского городища (исторический обзор) // European Social Science Journal. 2014. N2 5–1 (44). C. 458–464.
- 7. Ищенко В.К. Наследие Укека в контексте устойчивого пространственного развития Саратовского края // Историко-археологические памятники Золотой Орды на территории Саратовского Поволжья. Укек: прошлое, настоящее, будущее: Сб. материалов межд. науч.-практ. конф., г. Саратов, 4—6 июня 2015 г. Саратов: Изд-во «Научная книга», 2016. С. 224—227.
- 8. Сингатулин Р.А. Охранно-спасательные работы на территории Увекского городища в 2005 г. // Археологическое наследие Саратовского края. Вып. 8. Саратов, 2008. С. 139—155.
- 9. Иващенко Ю.Г., Мухамбеткалиев К.К., Тимохин Д.К. Эффективные глиноцементные композиции, модифицированные органическими добавками // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2014. С. 199—205.
- $10.\ \Gamma OCT\ 530\text{-}2012.$  Кирпич и камень керамические. Общие технические условия. Взамен ГОСТ 530-2007; Введ. с 2013.07.01. М.: Стандартинформ, 2013. 39 с.