

## **Выводы**

1. Оптимизирована методика по определению коэффициента теплоотдачи.
2. Проработан алгоритм расчета в табличной форме по определению температуры в любой точке сечения трубы.
3. Выполнен расчет в программном комплексе Mathcad для определения коэффициентов теплоотдачи от газа к стенке.
4. Выполнен сравнительный анализ полученных данных.
5. Полученные результаты дают возможность определить перепады температур в сечениях трубы, используя различные способы получения коэффициентов теплоотдачи.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Сатьянов, В.Г. «Методика расчета нагрузок, прочности и ресурса стволов дымовых и вентиляционных промышленных труб».
2. Михеев, М.А., Михеева, И.М. «Основы теплопередачи».
3. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-43-2006.
4. Номограмма для определения коэффициента теплоотдачи конвекцией от газа к стенке, разработанная РУП «Белнипиэнергопром».
5. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-43-2006.
6. Чиркин, В.С. Теплофизические свойства материалов ядерной техники. – М.: Атомиздат, 1967. – 474 с.

УДК 624

## **К вопросу исторического зарождения, развития и освоения подземного пространства**

Жолнерович О. Н.

Научный руководитель Ловыгин А. Н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Самую яркую характеристику архитектуры первобытного человека, проживавшего на равнинной местности, дает изучение

дошедших до настоящего времени поселений, в которых имелось много заглубленных или насыпных сооружений. В суровую ледниковую эпоху людям приходилось возводить теплые землянки и полуземлянки, которые были разделены на несколько помещений. Иногда полы в землянках были вымощены камнем.

В качестве материала для перекрытия при отсутствии леса использовали бивни мамонтов и их кости. Аналогичные поселения найдены под Курском.

До настоящего времени сохранились скифские архаические подземные жилища на р. Буг близ г. Николаева, относящиеся к IV–III вв. до н. э., оно представляет собой группу овальных в сечении ям глубиной около 3 м., соединенных между собой проходами. Ямы вырыты в лессовых грунтах, имеют сужение кверху. Центром всего поселения является большой колодец глубиной около 4,5 м.

На равнинных территориях России, Украины и Беларуси известны поселения восточных славян, относящиеся к V–VI вв. н. э. В результате раскопок установлено, что в нижней части территории расположения восточнославянского региона все жилища строили из дерева – столбовой, а затем срубовой конструкции. Стены их снаружи обваловывали грунтом, пол углубляли ниже уровня земли. Встречаются постройки различной формы и конструкции. Аналогичные насыпные сооружения известны во многих регионах земного шара [1].

Размер прямоугольной формы жилищ типа землянок обычно был около 4×4 м. Строение не имело окон, вход в него располагался с южной стороны.

Культовые места восточных славян представляли собой открытые площадки, где горели священные костры и стояли идолы. Захоронения этого времени представлены ямами и курганами.

Отсутствие камня не позволяло делать в курганах гробничные помещения, поэтому обычно тело умершего только окружалось рядом камней или укладывалась на подстилку из них. Но встречаются захоронения, внутри которых погребальные камни выполнены в виде срубов, перекрытых досками и брусьями. Аналогичные захоронения можно наблюдать на равнинных территориях Америки. Конечно, говорить о долговечности таких конструкций и специальных мерах защиты от атмосферных воздействий в этом случае нельзя, но иногда при входе в камеру устраивали небольшой порожек,

который предохранял ее от затопления дождевыми водами. Превентивные меры защиты от воды наблюдаются при выборе местности и места захоронения. Старались учитывать рельеф и структуру залегающих пород.

До X в. практически все строительство осуществлялось из дерева, которое использовалось для устройства стен и перекрытий землянок, и не могло сохраняться длительное время. Использование камня и кирпича началось с конца X века и этот процесс можно примерно датировать временем принятия христианства. К этому же периоду можно отнести и появление подземных сооружений, полученных при добыче камня.

На территории Киевской Руси, по данным летописи, подземные сооружения культового характера появились в X-XI вв.. В XI в. близ села Берестово загородной резиденции великих Киевских князей, на двух больших холмах и во впадине между ними был основан монастырь, который получил название «Печерский» – от пещер, где обосновались его первые обитатели – монахи Антоний и Феодосий. Пещеры расположенные в пригороде Киева (Лаврские), являются памятниками подземного зодчества всей Руси. Строители отрывали их в лессовых грунтах, залегающих горизонтальными и наклонными пластами.

Первой крупной подземной постройкой можно считать церковь Рождества Богородицы в Дальних пещерах. Со временем подземные помещения – штольни, кельи, церкви появились в Ближних пещерах, находящихся под ближним холмом.

В XII веке вокруг монастыря были построены каменные крепостные стены, которые далее перестраивали и укрепляли. Одновременно с монастырскими стенами была проведена и система подземных ходов. Эти выработки имели высоту  $\sim 2$  м. и ширину  $\sim 1.2$  м., были обложены кирпичом; через 1.7 м. в них в шахматном порядке были расположены ниши («слушки»), которые не закреплялись кирпичом: они предназначались для прослушивания, а также для рытья встречных для противника подкопов. Ходы рыли на глубине около 7 м., располагали их под подошвой фундаментов и стен.

Пещеры на протяжении своего существования много раз перестраивались. В них отрывали новые выработки и погашали старые, строили подземные церкви и ниши для захоронения.

Постройки выполнены в слое желтого лесса, мощность которого составляет 6–8 м. Особенностью сухих лессовых грунтов является гигроскопичность, которая наряду с постоянной температурой 10–12 °С способствовала естественной мумификации умерших.

Сооружение представляло собой закольцованный лабиринт подземных выработок длиной ~ 220 м., расположенный на глубине от 5 до 20 м. Ширина выработок составляет 1–1.5 м., а высота 2–2.5 м. В пещерном комплексе имелось два входа, что способствовало вентилируемости помещений. Стены и потолки во многих местах обложены кирпичом, оштукатурены и покрашены. В середине XVIII в. пол некоторых помещений был вымощен чугунными плитами.

В Ближних пещерах расположены три церкви: Антониевская (XI в.), Введенская (XI в.) и Варламовская (XVII в.).

Дальние пещеры, как и Ближние, упоминаются в «Повести временных лет» и носят название «Феодосиевых», по имени одного из основателей монастыря, Феодосия. Они, как и Дальние, представляют собой закольцованный лабиринт выработок аналогичного сечения и состоят из ходов, келий, камер и выходов. В них имеется 45 захоронений и расположены три церкви: Рождества Богородицы, Феодосиевская и Благовещенская.

Одно из ответвлений Дальних пещер носит название Варяжских и уже в XI в. упоминается как заброшенные.

Варяжские пещеры ближе к Днепру и отличаются от Дальних тем, что не имеют подземных церквей и ниш для захоронения. Такое их название происходит от варяжских купцов, которые плавали торговым путем «из варяг в греки» или с разбойниками - варягами, которые грабили купцов, путешествующих этим торговым путем.

Дальние пещеры имеют длину до 280 м, расположены в лессах на глубине от 5 до 20 м; ширина выработок 1,2 м, высота – около 2 м. Дальние пещеры, так же как и Ближние имеют два входа.

Кроме главных, Лаврских, пещер в Киеве и его окрестностях имеется много других, среди которых следует отметить Гнилецкую или Пироговскую, Кирилловскую и Межигорскую.

На территории Центральной России, где имеются благоприятные горно-геологические условия, также встречается большое количество подземных сооружений, но построенных в более позднее

время. Особенно широко они представлены культовыми постройками, такими как церкви и монастыри в Воронежской, Курской, Белгородской, Пензенской и других областях, где их строили в выходах меловых и известняковых плотных и устойчивых отложений.

Христианские подземные монастыри России возводились в более позднее время (XVII – XIX вв. н. э.) и отличались асимметрией и аритмией планов подземных выработок, что связано с местным изменением горно-геологических условий и низкой квалификацией производителей работ. Часто сооружения размещались на нескольких уровнях. Например, комплекс Ильинского пещерного монастыря в Болдинской горе вблизи Чернигова располагался на четырех ярусах. Нижний ярус предназначался для некрополя. Галереи этого яруса постепенно, по мере захоронения в них покойных, поднимались вверх. Общая протяженность жилых галерей достигала 300 м. Аналогичная технология захоронения характерна и для римских катакомб.

В Троицко-Скановом монастыре (Пензенская обл.) подземный монастырский комплекс имел доминирующий сводчатый, с колоннами церковный объем, из которого радиально выходили галереи с кельями монахов, расположенные в трех ярусах. Общая протяженность выработок составляла  $\sim 700$  м. Похожее расположение помещений можно увидеть в подземных буддийских монастырях в Индии и Китае.

Культовые подземные сооружения Воронежской области могут быть представлены постройками Дивногодского монастыря.

Подземных инженерных сооружений найдено немного. Однако некоторые из них имеют очень интересную конструкцию. Например, в пригороде г. Ольвия найдено хранилище питьевой воды. Оно расположено в углу двора жилого дома и имеет в плане круглую, а в разрезе грушевидную форму. Глубина заложения емкости 5,9 м. Стены внутри покрыты штукатуркой, верхняя часть ее окружена бутовой кладкой высотой 1,25 м. Углубление в нижней части резервуара предназначено для скопления осадка [2].

Кроме культовых и инженерных гидротехнических построек, возведенных под влиянием греческой и римской архитектуры, на территории Причерноморья имеются подземные сооружения, построенные в более позднее время и не имеющие значительного сре-

диземноморского влияния. Это жилые, инженерные и оборонительные, а также культовые объекты. Большое количество подобных построек пещерной архитектуры находится в Крыму. Они представлены многоярусными техногенными комплексами и их создание приурочено к V-VI вв. н. э.

Наиболее древние подземные сооружения находятся в Черкас-Кермене, где в скалах на нескольких этажах расположено множество пещер в виде отдельных камер. Форма их в плане овальная или прямоугольная. Высота помещений незначительная и не превышает 2.5 м. Породы, в которых они построены, хорошо разрабатываются, плотные, не пропускают воду.

Подземные сооружения возводились в основном в меловых отложениях, известняках, известковых песчаниках. Отмечая характерные особенности подземной архитектуры на территории Древней Руси, следует выделить, что ее развитие происходило в рамках традиционных для общего развития технических и технологических решений. Капитальное строительство в основном приурочено к принятию христианства и имело глубокие византийские корни [3].

#### СПИСОК ИСНОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Раппопорт, П. А. Древнерусская архитектура. – СПб.: Стройиздат, 1993.
2. Всеобщая история архитектуры: – В 2-х т. – М.: Изд-во академии архитектуры СССР, 1948.
3. Шилин, А. А. Освоение подземного строительства. – М.: Изд-во Московского государственного университета, 2005.