

## Закономерности формообразования памятников истории и культуры башенного типа на стадии проектирования жизненного цикла

С.Г. Шеина<sup>1</sup>, Д.К.-С. Батаев<sup>2</sup>, П.Д. Батаева<sup>2</sup>, Я.Д. Батаева<sup>2</sup>, Х.М. Батаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

<sup>2</sup>Комплексный научно-исследовательский институт им Х.И. Ибрагимова  
Российской академии наук, Грозный

**Аннотация:** Одним из важных параметров формообразования памятников истории и культуры башенного типа являются размеры в плане, изменяющаяся по высоте толщина наружных стен и углы наклона внешней и внутренней сторон наружных стен. В статье определены средние значения углов наклона наружной и внутренней сторон стен башенных сооружений от вертикали визуальными и инструментальными методами с использованием оптических приборов, отвесов и угломеров. Составлена система уравнений, определяющая закономерности формообразования памятников культурного наследия башенного типа. Рассмотрен пример расчета геометрических параметров проектируемой башни на основе составленных зависимостей. Параметры формообразования башенных сооружений необходимо учитывать при разработке проектной документации на ремонтно-восстановительные и реставрационные работы, а также при составлении технологических карт на возведение разрушенных или физически изношенных стеновых конструкций.

**Ключевые слова:** памятники истории и культуры, объекты культурного наследия, формообразование, ремонт, восстановление, реставрация, углы наклона, геометрические параметры.

Наша страна богата объектами культурного наследия (памятниками истории и культуры) федерального значения и объектами, обладающими признаками памятников истории и культуры. Значительное количество объектов культурного наследия сосредоточено на Юге России в Северо-Кавказском федеральном округе (СКФО) [1]. К ним относятся монументальные, жилые и оборонительные сооружения, циклопические постройки, жилые, полубоевые и боевые башни, замковые комплексы, погребальные склепы, солнечные усыпальницы, древние языческие святилища и христианские храмы и др. [2, 3].

Размеры памятников истории и культуры представлены в таблице 1.

В статье поставлена цель – выполнить натурные обследования объектов культурного наследия (ОКН) и сделать расчеты для определения

количественных характеристик и закономерностей формообразования памятников истории и культуры башенного типа на стадии проектирования жизненного цикла [4-6].

Таблица № 1

Размеры памятников истории и культуры башенного типа

№№	Наименование	Размеры башен в плане, м	Высота
1	Жилая башня	8÷10 x 8÷12	10÷25
2	Боевая башня	4 ÷ 5x5	18÷25
3	Полубоевые башни	4x5 ÷ 5x5	12÷16

Средние значения углов наклона внешних и внутренних сторон стен памятников истории и культуры башенного типа от вертикали определялись с использованием визуальных и инструментальных методов (отвесы, угломеры, оптические приборы) (рисунок 2-4) [7,8]. Измеренные таким образом средние значения углов наклона стен приведены на рисунке 1 и в таблицах 2, 3 [9,10]:

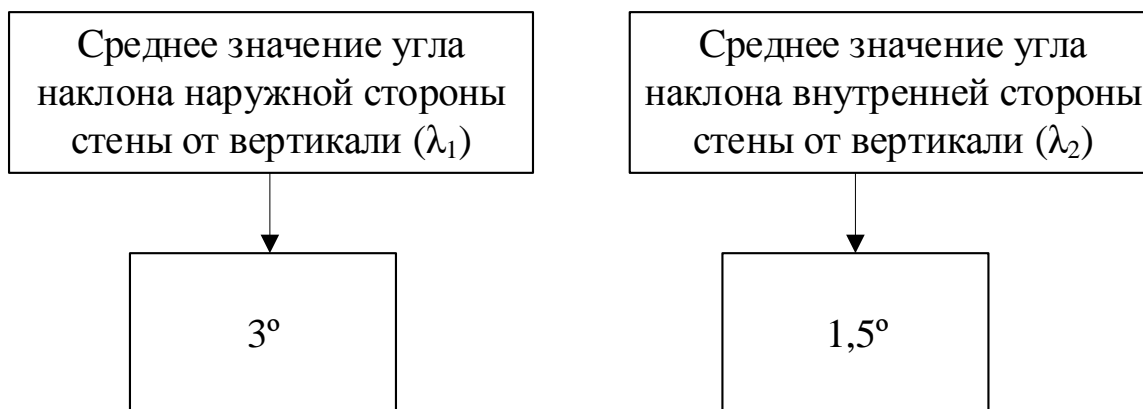


Рис. 1 – Средние значения углов наклона наружной и внутренней сторон стен башенных строений

Параметры формообразования памятников истории и культуры башенного типа, в частности углы наклона наружной и внутренней сторон

стен необходимо учитывать при разработке проектной документации на ремонтно-восстановительные и реставрационные работы, а также при составлении технологических карт на возведение разрушенных или физически изношенных стеновых конструкций.



Рис. 2 – Визуальное и инструментальное обследование конструкций башенных строений



Рис. 3 – Измерение углов наклона стеновых конструкций угломером

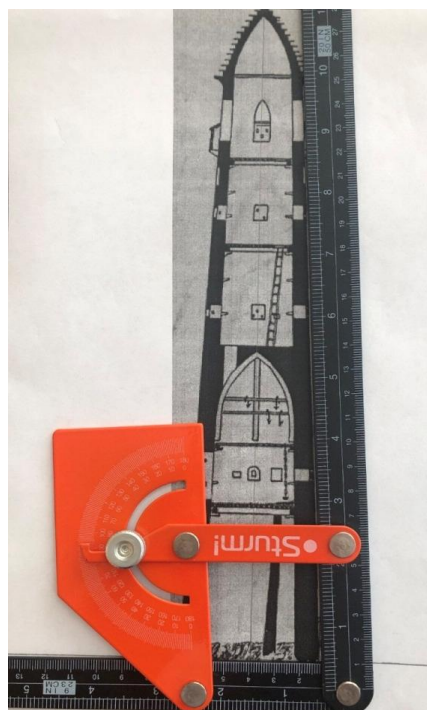


Рис. 4. – Измерение углов наклона стеновых конструкций на эскизах и зарисовках

В результате выполненных исследований удалось установить закономерности формообразования ОКН.

Таблица № 2

Памятники истории и культуры башенного типа (боевые и полубоевые башни)

№ п.п.	Наименование	Среднее значение угла наклона наружной стороны стены от вертикали, $\lambda^\circ$	Среднее значение угла наклона внутренней стороны стены от вертикали, $\lambda_1$
1	Башня с. Хуландой, ЧР	2,5	1,0
2	Башня с. Бекхалой, ЧР	2,5	1,0
3	Башня с. Икалчу, ЧР	2,5	1,0
4	Башня с. Хелды, ЧР	2,0	1,0
5	Башня с. Гучан-Кали, ЧР	2,5	1,0
6	Башня с. Хаскали, ЧР	2,5	1,0
7	Башня с. Хай, ЧР	2,0	1,0
8	Башня с. Хой, ЧР	2,5	1,0
9	Башня на реке Мешхи-хи, ЧР	2,5	1,0
10	Башня с. Никарой, ЧР	2,5	1,0
11	Башня с. Гимрой, ЧР	2,5	1,0
12	Башня с. Хачарой, ЧР	2,5	1,0
13	Башня с. Моцарой, ЧР	2,0	1,0
14	Башня с. Хилдехарой, ЧР	2,5	1,0
15	Башня с. Хайбах, ЧР	2,5	1,0
16	Башня с. Барой, ЧР	2,0	1,0
17	Башня с. Шатой, ЧР	2,5	1,0
18	Башня с. Деро, ЧР	2,0	1,0
19	Башня с. Цой-Педе, ЧР	2,5	1,0
20	Башня с. Лейми, РИ	2,5	1,0
21	Башня с. Келе, РИ	2,5	1,0
22	Башня с. Бишт, РИ (4шт)	2,5	1,0

Таблица № 3

## Памятники истории и культуры башенного типа (жилые башни)

№ п.п.	Наименование	Среднее значение угла наклона наружной стороны стены от вертикали, $\lambda^\circ$	Среднее значение угла наклона внутренней стороны стены от вертикали, $\lambda_1$
1	Башня с. Алкарой, ЧР	3	1,5
2	Башня с. Химой, ЧР	3	1,5
3	Башня с. Терти, ЧР	3	1,5
4	Башня с. Ошни, ЧР	2	1,0
5	Башня с. Дан- Кале, ЧР	3	1,5
6	Башня с. Басаргута, ЧР	3	1,5
7	Башня с. Жогалдой, ЧР	3	1,5
8	Башня с. Цеча- Ахк, ЧР	2	1,0
9	Башня с. Харкарой, ЧР	2	1,0
10	Башня с. Коротак, ЧР	2	1,0
11	Башня с. Верхний Ошни, ЧР	3	1,5
12	Башня с. Кокадой, ЧР	3	1,5
13	Башня с. Кегина, ЧР	2	1,0
14	Башня с. Гимрой, ЧР	3	1,5
15	Башня с. Бечиг, ЧР	3	1,5
16	Башня с. Басхой, ЧР	3	1,5
17	Башня Кезеной, ЧР	3	1,5
18	Башня с. Макажой, ЧР	3	1,5
19	Башня с. Эгикал, РИ (30шт)	2	1,0
20	Башня с. Лейми, РИ (9шт)	2	1,0
21	Башня с. Келе, РИ (5шт)	3	1,5
22	Башня с. Бишт, РИ (7шт)	3	1,5

Нулевую отметку башни обозначаем как центр окружности (рисунок 5).

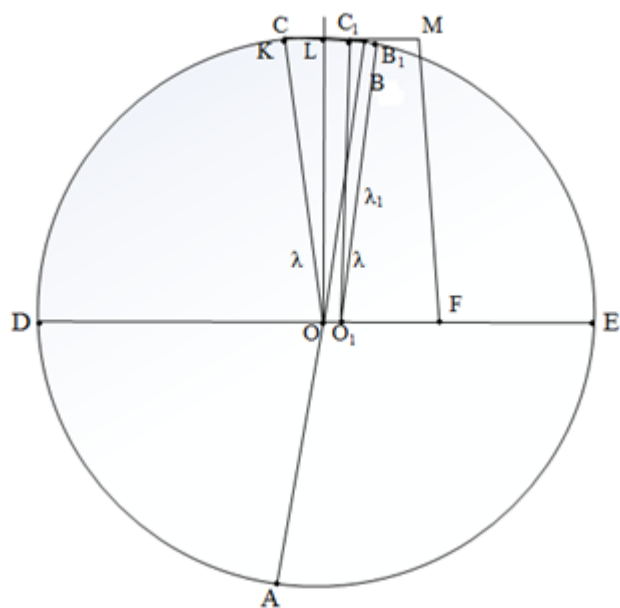


Рис. 5 – Геометрический расчет углов наклона внешней и внутренней сторон стены башенного сооружения (ОВМФ)

$|AB|$  - диаметр круга

$|AO|, |OB|$  - радиусы круга

$|OC|$  - перпендикуляр к  $|DE|$

$\lambda$  – угол наклона  $|OB|$  от перпендикуляра  $|OC|$

Длину окружности  $C$  вычисляем, исходя из:

$$C = \pi d \quad (1)$$

$\pi - 3,14$  – постоянная;

$d$  - диаметр окружности равен  $|AB|$ .

Подставляя данные, получим:

$$C = 3,14 \cdot 200 = 628$$

Находим значение хорды для угла в  $1^\circ$   $|C'B'|$ :

$$|C'B'| = \frac{C}{360^\circ} = \frac{628}{360^\circ} = 1,74 \quad (44)$$

Угол  $\lambda$  равен:

$$\lambda = \frac{5,23}{1,74 (44)} = 3^\circ$$

Сделаем условные обозначения, получим:

$$|LB| = \beta$$

$$|OL| = h$$

$\beta$  – наклон стены OB

$h$  - высота стены

$$\beta = h \cdot \sin \lambda, \quad (2)$$

получим функцию:

$$f(h) = h \cdot \sin \lambda, \quad (3)$$

Для определения закономерности наклона наружной поверхности стены от точки O проводим радиус |OK| под углом  $\lambda$ . Откладываем по горизонтали от точки O – точку  $O_1$ . От точки  $O_1$  проводим радиусы | $O_1C_1$ | и | $O_1B_1$ |, а угол между ними обозначаем  $\lambda_1$ .

$\lambda_1$  – угол наклона | $O_1B_1$ | от перпендикуляра | $O_1C_1$ |

Найдем  $\lambda_1$ .

$$C = \pi d = 3,14 \cdot 200 = 628$$

Найдем значение C для  $1^\circ$ :

$$C_{(1^\circ)} = 628/360 = 1,74 (44)$$

$$\lambda_1 = \frac{2,61}{1,74 (44)} = 1,5^\circ$$

Введем следующие обозначения:

$\beta_1$ - наклон внутренней стороны стены | $O_1B_1$ |

$h_1$  – высота стены

$$\beta_1 = h_1 \cdot \sin \lambda_1 \quad (4)$$

имеем функцию:

$$f(h_1) = h_1 \cdot \sin \lambda_1 \quad (5)$$

$$|O_1F| = |BM| + 2\beta = |BM| + 2h \cdot \sin \lambda_1 \quad (6)$$

Выражение (6) можно записать и в следующем виде:

$$|O_1F| = |BM| + 2\beta_1 = |BM| + 2h_1 \cdot \sin \lambda_1 \quad (7)$$

Тогда

$$|BM| = |O_1F| - 2h \cdot \sin \lambda$$

или

$$|BM| = |O_1F| - 2h_1 \cdot \sin \lambda_1$$

$$h = \frac{\beta}{\sin \lambda}; \quad h = \frac{\beta_1}{\sin \lambda_1}; \quad \frac{\beta}{\sin \lambda} = \frac{\beta_1}{\sin \lambda_1};$$

$$\beta = \beta_1 \frac{\sin \lambda}{\sin \lambda_1} \quad (8)$$

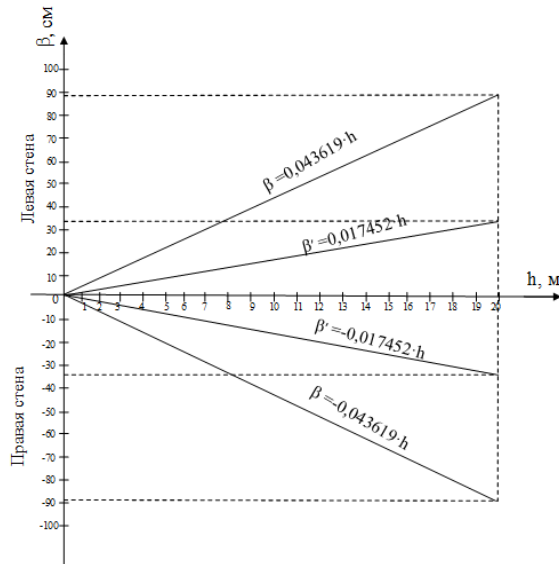
$$\left\{ \begin{array}{l} \beta = h \cdot \sin \lambda \\ \beta_1 = h \cdot \sin \lambda_1 \\ a = b - 2h \cdot \sin \lambda \\ b = a + 2h \cdot \sin \lambda \\ b = b_1 + 2l \\ b_1 = b - 2l \\ a_1 = a - 2g \\ \lambda = 2\lambda_1 \\ \beta = \beta_1 \cdot \frac{\sin \lambda}{\sin \lambda_1} \\ \beta_1 = \beta \cdot \frac{\sin \lambda_1}{\sin \lambda} \\ g = (e - \beta) + \beta_1 \end{array} \right. \quad (9)$$

$\beta$  – наклон наружной стороны;

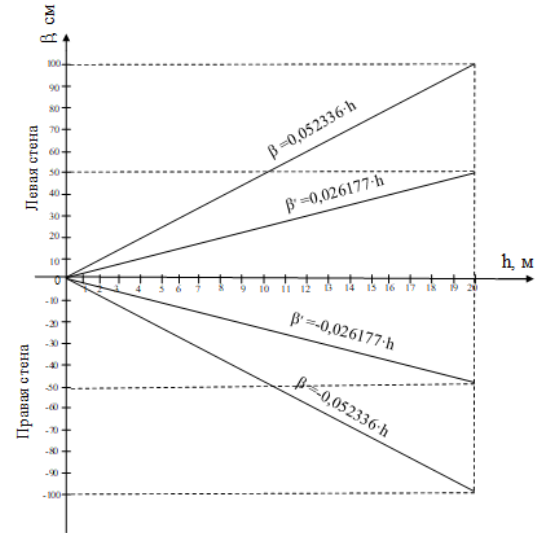
$\beta_1$  – наклон внутренней стороны.



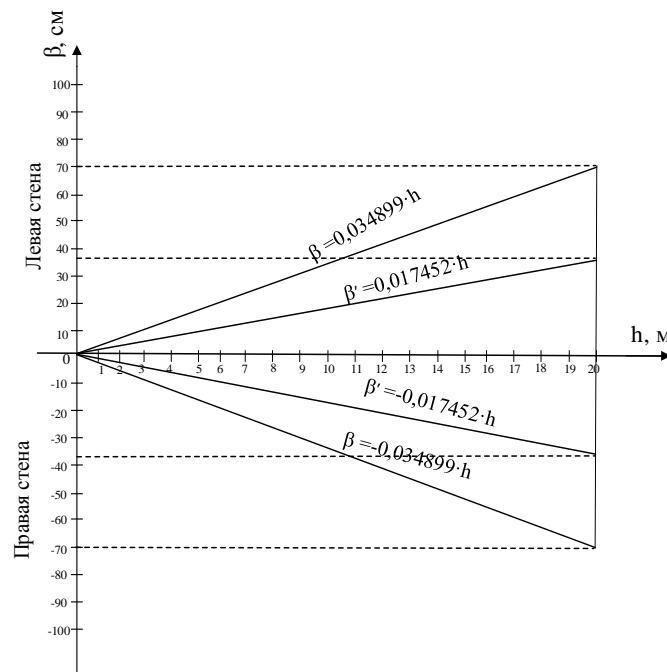
Запишем систему уравнений (9), которая определяет закономерности формообразования ОКН башенного типа (рисунок 6).



а) при  $\lambda = 3,0^\circ$  и  $\lambda_1 = 1,5^\circ$

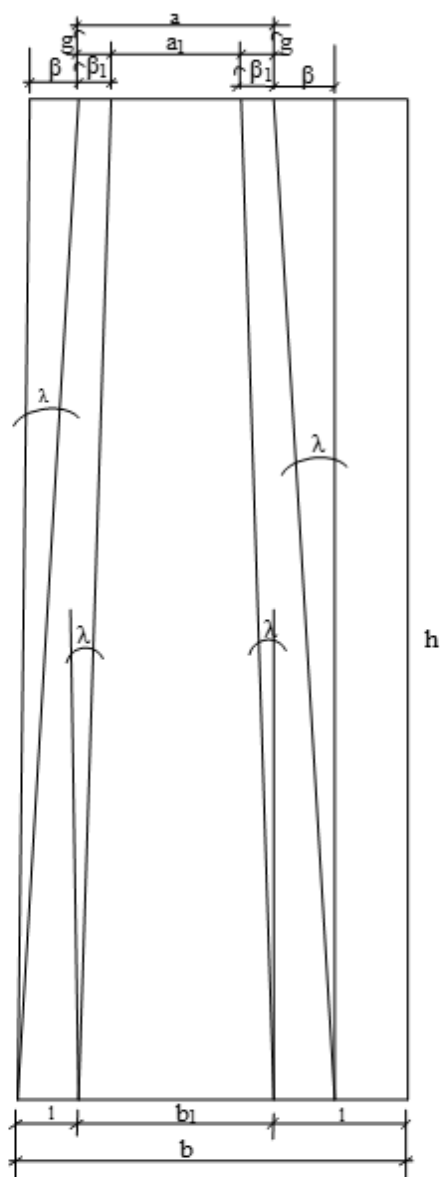


б) при  $\lambda = 2,0^\circ$  и  $\lambda_1 = 1,0^\circ$



в) при  $\lambda = 2,5^\circ$  и  $\lambda_1 = 1,0^\circ$

Рисунок 6. – Зависимость наклона  $\beta$  от высоты  $h$  стены башенного сооружения



$b$  – ширина башни на отметке  $\pm 0,00$ ;  
 $b_1$  – внутренняя ширина башни на отметке  $\pm 0,00$ ;  
 $l$  – толщина стен на отметке  $\pm 0,00$ ;  
 $h$  – высота башни;  
 $\lambda$  – угол наклона наружной стороны стены башни;  
 $\lambda_1$  – угол наклона внутренней стороны стены башни;  
 $\beta$  – наклон наружной стороны стены башни;  
 $\beta_1$  – наклон внутренней стороны стены башни;  
 $a$  – ширина башни на уровне покрытия;  
 $a_1$  – внутренняя ширина башни на уровне покрытия;  
 $g$  – толщина стены на уровне покрытия.

Рис. 7 – Геометрические параметры формообразования башенного строения

Выполним расчет геометрических параметров проектируемой башни размером в плане 5 м x 5 м и высотой 18 м. Толщину стен на отметке  $\pm 0,00$  м принимаем 1,2 м (рисунок 7).

Геометрические параметры рассчитываем на основе зависимостей (9).

Внутренняя ширина башни ( $b_1$ ) на отметке  $\pm 0,00$ :

$$b_1 = b - 2e = 5 - 2,0 \times 1,2 = 2,6 \text{ м}$$

Угол наклона наружной стороны стены башни ( $\lambda$ ) принимаем:

$$\lambda = 3,0^\circ$$

$\lambda$  – колеблется от  $2^\circ$  до  $3^\circ$ .

Угол наклона внутренней стороны стены башни ( $\lambda_1$ ) принимаем:

$$\lambda_1 = 1,5^\circ$$

$\lambda_1$  – колеблется между  $1,0^\circ$  и  $1,5^\circ$ .

Наклон наружной стороны стены башни:

$$\beta = h \cdot \sin \lambda = 18 \cdot 0,052336 = 0,94 \text{ м}$$

Наклон внутренней стороны стены башни:

$$\beta_1 = h \cdot \sin \lambda_1 = 18 \cdot 0,026177 = 0,31 \text{ м}$$

Ширина башни на уровне покрытия:

$$a = b - 2h \cdot \sin \lambda = 5 - 2 \cdot 18 \cdot 0,052336 = 1,88 \text{ м.}$$

Внутренняя ширина башни на уровне покрытия:

$$a_1 = a - 2g = 1,88 - 2 \cdot 0,57 = 0,74 \text{ м}$$

$$g = (e - \beta) + \beta_1 = (1,2 - 0,94) + 0,31 = 0,57 \text{ м.}$$

Форма башни при  $\lambda = 3^\circ$  и  $\lambda_1 = 1,5^\circ$  показана на рисунке 8, б.

Рассчитаем геометрические параметры башни при  $\lambda = 2,0^\circ$  и  $\lambda_1 = 1,0^\circ$ .

$$\beta = h \cdot \sin \lambda = 18 \cdot 0,034899 = 0,63 \text{ м;}$$

$$\beta_1 = h \cdot \sin \lambda_1 = 18 \cdot 0,017452 = 0,31 \text{ м;}$$

$$a = b - 2h \cdot \sin \lambda = 5 - 2 \cdot 18 \cdot 0,034899 = 3,74 \text{ м;}$$

$$a_1 = a - 2g = 3,74 - 2 \cdot 0,68 = 2,38 \text{ м;}$$

$$g = (e - \beta) + \beta_1 = (1 - 0,63) + 0,31 = 0,68 \text{ м.}$$

Форма башни при  $\lambda = 2,0^\circ$  и  $\lambda_1 = 1,0^\circ$  показана на рисунке 8, в.

Далее рассчитаем геометрические параметры башенного сооружения при  $\lambda = 2,5^\circ$  и  $\lambda_1 = 1,0^\circ$ :

$$\beta = h \cdot \sin \lambda = 18 \cdot 0,043619 = 0,78 \text{ м};$$

$$\beta_1 = h \cdot \sin \lambda_1 = 18 \cdot 0,017452 = 0,31 \text{ м};$$

$$a = b - 2h \cdot \sin \lambda = 5 - 2 \cdot 18 \cdot 0,043619 = 3,43 \text{ м};$$

$$a_1 = a - 2g = 3,43 - 2 \cdot 0,53 = 2,37 \text{ м};$$

$$g = (e - \beta) + \beta_1 = (1 - 0,78) + 0,31 = 0,53 \text{ м}.$$

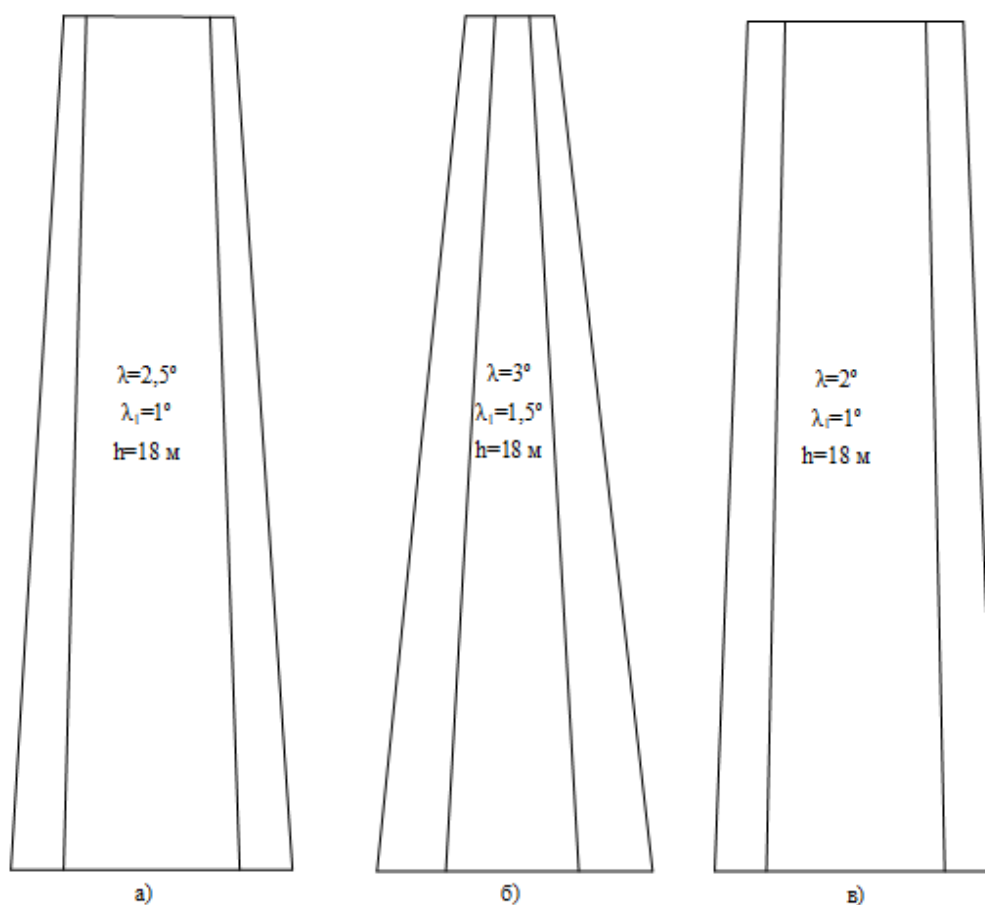


Рис. 8 – Формы башенных сооружений:

- а) наиболее распространенная форма боевых башен при  $\lambda = 2,5^\circ$  и  $\lambda_1 = 1,0^\circ$ ;
- б) форма, используемая для жилых и полубоевых башен при  $\lambda = 3,0^\circ$  и  $\lambda_1 = 1,5^\circ$ ;
- в) форма башен фортификационных сооружений при  $\lambda = 2,0^\circ$  и  $\lambda_1 = 1,0^\circ$ .

Форма башни при  $\lambda = 2,5^\circ$  и  $\lambda_1 = 1,0^\circ$  показана на рисунке 8, а. Данная форма распространена в 70 ÷ 80 % боевых башен. Форма, приведенная на

рисунке 8, в - часто встречается в фортификационных сооружениях, а форма на рисунке 8, б – в жилых и полубоевых башнях.

### Литература

1. Шеина С.Г., Батаева П.Д., Абдуллаев М.А-В. Особенности башенной архитектуры Северного Кавказа // Вестник Комплексного научно-исследовательского института им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук. 2021. № 5. С. 41-48.
  2. Чахкиев Д.Ю. Древности Горной Ингушетии. Том II. ГП КБР РПК. 2009. С. 94.
  3. Ильясов Л.Ч. Тени вечности. Чеченцы: материальная культура, история, духовные ценности/ Российская Академия наук, Ин-т этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая. Изд. 2-е, испр. и доп. М., 2021. С. 173-233.
  4. Баженов Ю.М., Батаев Д.К-С., Муртазаев С-А.Ю. Ресурсо- и энергосберегающие технологии и материалы для ремонта восстановления зданий и сооружений. М.: «Комтех-Принт», 2006. С. 375.
  5. Шеина С.Г., Аль-Фатла А.Н.М., Понеделко А.Ф., Грабовская В.Н. Организационно-технологические подходы проведения экспертизы качества и объема выполненных строительных работ // Инженерный вестник Дона, 2022, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7444](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7444).
  6. Букунов А.С., Нурулин Ю.Р. Экологическая оценка жизненного цикла зданий на основе BIM // Инженерный вестник Дона, 2020, №5. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2020/6464](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2020/6464)
  7. Беляев А.В., Антипов С.С. Жизненный цикл объектов строительства при информационном моделировании зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство, 2019, № 1, С. 65-72.
  8. Tomaszewski A. Politika ochrony dóbr kultury w polsce // Ochrona zabytków. 1995. № 3-4. pp. 249-252.
-



9. Mamillan M. The monument of 1 water in the nurse annals of 1 Technical Institute of Building and Public Works. 1966. pp. 132-141.
10. Шеина С.Г., Батаев Д.К-С., Даукаев А.А., Батаева П.Д., Батаев А.Д. Ресурсный потенциал горной части Чеченской Республики для производства современных ремонтно-реставрационных вяжущих и составов // Инженерный вестник Дона, 2023, №9. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8670](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8670)

### References

1. Sheina S.G., Bataeva P.D., Abdullaev M.A-V. Kavkaza Vestnik Kompleksnogo nauchno-issledovatel'skogo instituta im. Kh.I. Ibragimova Rossiyskoy akademii nauk. 2021. № 5. pp. 41-48.
2. Bazhenov Yu.M., Bataev D.K-S., Murtazaev S-A.Yu. Resurso- i energosberegayushchie tekhnologii i materialy dlya remonta vosstanovleniya zdaniy i sooruzheniy. [Resource- and energy-saving technologies and materials for the repair and restoration of buildings and structures] M.: «Komtekh-Print», 2006. p. 375.
3. Chakhkiev D.Yu. Drevnosti Gornoy Ingushetii. [The antiquities of mountainous Ingushetia] Tom II. GP KBR RPK. 2009. p. 94.
4. Sheina S.G., Al'-Fatla A.N.M., Ponedelko A.F., Grabovskaya V.N. Inzhenernyy vestnik Dona, 2022, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7444](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7444).
5. Bukunov A.S., Nurulin Yu.R. Inzhenernyy vestnik Dona, 2020, №5. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2020/6464](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2020/6464)
6. Belyaev A.V., Antipov C.C. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo, 2019, № 1, p. 65-72.
7. Tomaszewski A. Ochrona zabytkow. 1995. № 3-4. p. 249-252.
8. Mamillan M. Technical Institute of Building and Public Works. 1966. p. 132-141.



9. Плыасов L.Ch. Teni vechnosti. Chechency: material`naya kul`tura, istoriya, duxovny`e cennosti Rossijskaya Akademiya nauk [Shadows of eternity. Chechens: material culture, history, spiritual values]. M., 2021. p. 173-233.
10. Sheina S.G., Bataev D.K-S., Daukaev A.A., Bataeva P.D., Bataev A.D. Inzhenernyy vestnik Dona, 2023, №9. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8670](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8670)

**Дата поступления: 8.10.2024**

**Дата публикации: 12.12.2024**