

Научно-аналитические обзоры

ИСТОРИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МАЛОИЗВЕСТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНСТРУКЦИИ ШАБОЛОВСКОЙ РАДИОБАШНИ

А.В. ЛЕОНОВ, кандидат физико-математических наук
Центр виртуальной истории науки и техники Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук, 109012, Москва, Старопанский пер., д. 1/5; E-mail: a.leonov@ihst.ru

Виртуальное 3D-моделирование Шаболовской радиобашни, выполненное в Институте истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН в 2011-2013 гг., позволило выявить ряд расхождений между исторической документацией и фактической конструкцией башни. Часть результатов была опубликована ранее. В статье представлены новые результаты, касающиеся высоты башни и способа крепления промежуточных колец жёсткости к внешним ногам двух нижних секций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: радиобашня на Шаболовке, историческая документация, фактические размеры, способ монтажа, трехмерное моделирование башни

О высоте башни

В рабочей тетради В. Г. Шухова [5] сохранились записи за февраль 1919 г. с расчётами башен различной высоты, состоящих из нескольких гиперболоидных секций. В частности, выполнен расчёт массы башни высотой 320 м из девяти секций (две верхних секции высотой по 20 м, и семь секций высотой по 40 м) [5, Л. 26, 26 об.]; расчёт башни произвольной высоты из секций высотой по 25 м каждая с линейной зависимостью диаметров опорных колец от высоты (расчёт прерван на 15-й секции) [5, Л. 26 об. – 29 об.]; расчёт башни высотой 150 м из шести секций высотой по 25 м каждая с квадратичной зависимостью диаметров опорных колец от высоты [5, Л. 30]. Последний расчёт наиболее близок к фактической конструкции [3, 4]. Однако в реальности верхняя секция Шаболовской радиобашни имеет меньшую высоту, чем остальные секции, а на её верхнее кольцо установлена надстройка (антенная секция). Этот вариант изображён и на проектной чертеже 1919 г. [6]. В дневнике В. Г. Шухова сохранилась запись за 13 мая 1921 г.: «Шестая секция: 16 ног, швеллер № 10, высота 20 м, число колец 5» [7]. В реальности в шестой секции 24 ноги из уголка 90 мм (в нижней части ног) и 80 мм (в верхней части ног), и 9 промежуточных колец.

В обмерной документации 1947 г. указан уровень верхнего кольца шестой секции: 144,16 м, уровень нижнего опорного кольца первой секции – 0,5 м [8]. Таким образом, полная высота несущей конструкции (шести гиперболоидных секций) по документации 1947 г. – 143,66 м. Эти же цифры приведены в обмерной документации 1971 г. [9].

В 1991 г. была произведена замена исторической надстройки (антенной секции) башни на новую. При этом на шестой секции было установлено новое кольцо на высоте 0,3...0,36 м ниже верхнего кольца [10], после чего все конструкции, лежащие выше нового кольца, были срезаны и демонтированы. Таким образом, в 1991 г. высота шестой секции уменьшилась на 0,3...0,36 м.

Таким образом, исходя из сведений, содержащихся в архивной документации, высота несущей конструкции башни к настоящему времени должна составлять 143,3...143,36 м.

В 2011-2013 гг. в ИИЕТ РАН был выполнен инициативный проект по лазерному сканированию и 3D-моделированию Шаболовской радиобашни [1, 2]. Согласно данным лазерного сканирования, выполненного в 2011 г. ООО «Три-

метари» по заказу ИИЕТ РАН, современная высота несущей конструкции башни составляет 144,61 м. Все результаты сканирования и моделирования, включая первичные данные лазерного сканирования – трёхмерную точечную модель – переданы в РГАНТД и доступны для независимой проверки [11].

Кроме того, в 2011 г. ООО ПСП «КиН» по заказу филиала ФГУП «РТРС» «Московский региональный центр» была выполнена разработка проекта реконструкции башни, в ходе которой также было проведено её лазерное сканирование [12]. Согласно проектной документации, подготовленной ОАО «ЦНИИ-Промзданий» по заказу ООО ПСП «КиН», современная высота несущей конструкции башни составляет 144,40 м [13, Л. 2]. Выяснить причину расхождения с нашими данными не представляется возможным, т.к. трёхмерная точечная модель, по которой разрабатывалась документация [13], недоступна для проверки и сравнения.

Таким образом, результаты современных обмеров башни с применением технологии лазерного сканирования позволяют утверждать, что высота башни в 1947 г. была измерена с ошибкой более чем в 1 метр относительно истинной высоты (в меньшую сторону). По нашим данным, истинная высота несущей конструкции башни в 1922-1991 гг. составляла 144,91...144,97 м. Эта цифра близка к «круглому» значению 145 м, что с точки зрения автора является дополнительным аргументом в её пользу. В. Г. Шухов использовал «круглые» значения высоты секций (20, 25, 40 м) в своих проектных расчётах, и логично предположить, что для укороченной верхней секции Шаболовской радиобашни также было использовано «круглое» проектное значение 20 м. Это подтверждается и записью в дневнике В.Г. Шухова [7].

О креплении промежуточных колец к ногам 1-й и 2-й секций

Каждая из двух нижних секций башни состоит из 48 ног: 24 внутренних (наклонённых по часовой стрелке, если смотреть сверху) и 24 внешних (наклонённых против часовой стрелки, если смотреть сверху). В каждом месте пересечения внешняя и внутренняя ноги соединены друг с другом четырьмя заклёпками. Каждая нога представляет собой два швеллера №14, развернутых друг к другу стенками и разнесенных на 60 мм друг от друга. Примерно через каждые 0,5 м эти швеллера соединены друг с другом заклёпками. Ножка каждой заклёпки проходит внутри отрезка металлической трубы, установленного между швеллерами.



Рис. 1. Для крепления промежуточных колец используются как скобы, так и коротыши

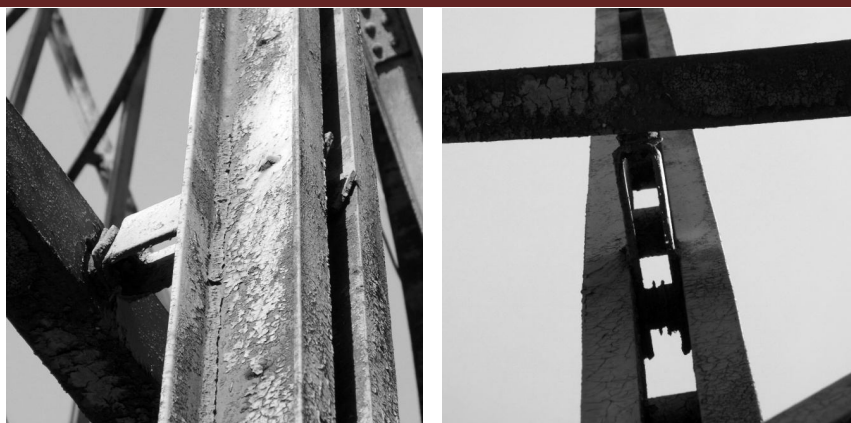


Рис. 2. 1-е промежуточное кольцо 1-й секции, крепление к ноге через скобу

Изнутри к ногам каждой секции крепятся четыре промежуточных кольца жесткости. Каждое такое кольцо непосредственно примыкает к внутренним ногам и находится на расстоянии 140 мм от внешних ног. Таким образом, каждое промежуточное кольцо должно быть в 24 местах каким-то образом прикреплено к внешним ногам.

В проектной документации 1919 г. предполагалось крепление колец жёсткости к внешним ногам через скобу, установленную в один из узлов крепления швеллеров ноги друг с другом [6]. В реальности, в первой секции используется два различных способа крепления колец жёсткости к внешним ногам: через скобу и через отрезок швеллера №14 (коротыш), рис. 1. Скоба используется для всех стыков первого промежуточного кольца и для 15 стыков второго промежуточного кольца первой секции, рис. 2. Почти во всех остальных стыках первой и второй секций используются коротыши; по меньшей мере в двух местах крепление отсутствует.



Рис. 3. 3-е промежуточное кольцо 1-й секции, неиспользуемые отверстия

Скоба крепится к промежуточному кольцу одной заклёпкой, коротыш – двумя. Во многих местах на кольцах первой секции между двумя заклёпками, которыми крепится коротыш, есть неиспользуемое отверстие, рис. 3. В некото-

рых местах неиспользуемое отверстие есть и рядом с заклёпкой скобы, рис. 4. Все фотографии сделаны автором летом 2014 г.

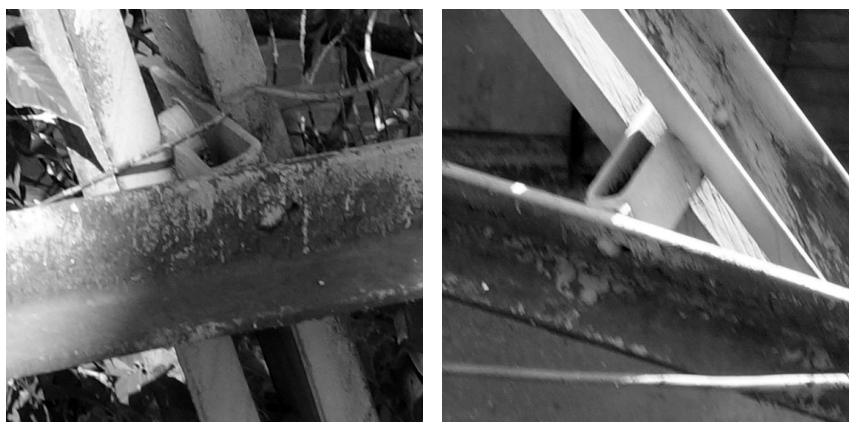


Рис. 4. 2-е промежуточное кольцо 1-й секции, неиспользуемые отверстия.

Можно предположить, что способ крепления колец к ногам был изменён (упрощён) непосредственно в процессе монтажа второго промежуточного кольца первой секции, а неиспользуемые отверстия, сохранившиеся на кольцах, были заготовлены под заклёпки для крепления скоб. Крепление через скобу сложнее в реализации: при этом один из узлов крепления швеллеров ноги друг с другом должен быть совмещён с узлом крепления ноги к кольцу, а значит, требуется либо монтировать кольцо одновременно со сборкой самих ног, либо точно рассчитывать высоту установки скоб и соответствующие им отверстия на кольцах. Судя по несовпадению заклёпки скобы с заготовленным отверстием в некоторых местах, точный расчет мест установки скоб и ответных отверстий на практике оказался достаточно сложен. Крепление через коротыш существенно проще в монтаже: при этом сборка самой ноги и крепление кольца жесткости к этой ноге могут выполняться независимо.

Заключение

Трёхмерное документирование [14] памятников истории техники не только позволяет сохранить более полную информацию о них и сделать эту информацию более доступной, но и ведет к новому витку историко-технического исследования этих памятников. Тщательный анализ всех элементов конструкции, необходимый для её трёхмерного моделирования, заставляет исследователя заново систематизировать имеющиеся данные, проанализировать их точность и полноту. Что более важно, современные методы фиксации данных (такие, как лазерное сканирование или фотограмметрия) дают в руки исследователю намного больший объем информации об объекте, чем традиционные методы. Это позволяет на этапе камеральной обработки выявить такие отличия фактической конструкции от архивной документации, на которые раньше не обращали внимания, а также эффективно исследовать особенности конструкции, изучение которых «в поле» по тем или иным причинам затруднительно. Таким образом, формулируются вопросы для нового этапа изучения, казалось бы, хорошо знакомых объектов.

Например, виртуальное 3D-моделирование Шаболовской радиобашни позволило выявить целый ряд отличий реальной конструкции от проектной, рабочей и обмерной документации. В частности, установлено, что приведённые в архивных документах сведения о высоте несущей конструкции башни более чем на метр отличаются от истинного значения. Согласно нашим данным, вы-

сота несущей конструкции башни в 1922-1991 гг. составляла приблизительно 145 м. Также установлено, что способ монтажа промежуточных колец был упрощён непосредственно в процессе монтажа.

Автор благодарит Елену Максимовну Шухову, правнучку В. Г. Шухова, за предоставленную информацию из личного архива [7], а также Андрея Владимировича Марсавина, заместителя главного инженера филиала ФГУП «РПС» «Московский региональный центр», за предоставленную информацию из проекта реконструкции несущих конструкций радиобашни Шухова 2011 г. [13].

Л и т е р а т у р а

1. Аникушкин М. Н., Леонов А. В. 3D-моделирование Шуховской башни на Шаболовке на основе лазерного сканирования // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 4. – С. 56-58.
2. Леонов А. В., Батурич Ю. М., Петропавловская И. А. О необходимости 3D документирования памятников техники: пример Шуховской башни на Шаболовке // Вопросы истории естествознания и техники. – 2013. – № 3. – С. 156-170.
3. Леонов А. В. Анализ проектной документации Шуховской башни на Шаболовке и её сравнение с современной 3D моделью // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Годичная научная конференция (2013). – Т. 2. М.: ЛЕНАНД, 2013. – С. 390-394.
4. Леонов А. В. Анализ различий между исторической документацией и фактической конструкцией Шаболовской радиобашни с использованием 3D-модели // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2014. – № 6. – С. 15-22.
5. Рабочая тетрадь В. Г. Шухова (записи с 22.03.1918 г. по 10.10.1922 г.). // Архив РАН. Ф. 1508. Оп. 1. Д. 61.
6. Проект башни высотой 150 м из шести секций. 1919 г. // Архив РАН. Ф. 1508. Оп. 1. Д. 85. Л. 1.
7. Дневник В. Г. Шухова // Личный архив Е. М. Шуховой.
8. Обследование металлоконструкций башни системы Шухова Московского телевизионного центра. 1947 г. // Архив ЦНИИПСК им. Мельникова. Шифр 281.
9. Определение несущей способности металлоконструкций телебашни системы Шухова и составление заключения о возможности её дальнейшей эксплуатации. 1971 г. // Архив ЦНИИПСК им. Мельникова. Шифр ОРИС-569.
10. Металлоконструкции надстройки башни Шухова для крепления антенн УКВ-ЧМ. 1991 г. // Архив ЦНИИПСК им. Мельникова. Шифр 20-Ф 5720-1-КМ.
11. «Виртуальная модель Шуховской башни на Шаболовке», 2013 г. // РГАНТД. Ф. 399. Оп. 1.
12. Виноградов К., Степанов Д. «3D-портрет» Шуховской башни // Архитектура, реставрация, дизайн и строительство. 2011. № 3 (49). С. 74-75.
13. Реконструкция несущих конструкций радиобашни Шухова по адресу: г. Москва, ул. Шухова, д. 10, стр. 2. Проект. Конструктивные и объёмно-планировочные решения // ОАО «ЦНИИПромзданий», Москва, 2011.
14. Леонов А. В., Батурич Ю. М. 3D документ — новый тип научно-технической документации // Вестник архивиста. – 2013. – № 2. – С. 192-205.

References

1. Anikushkin, M.N., Leonov, A.V. (2013). 3D modeling of Shukhov tower on Shabolovka based on laser scanning. *Promyshlennoye i Grazhdanskoye Stroitelstvo*. №4. P. 57-59.
2. Leonov, A.V., Baturin, Yu.M., Petropavlovskaya, I.A. (2013). On the need for 3D documentation of the technical heritage: case study of Shukhov tower on Shabolovka. *Voprosy Istorii Yestestvoznaniya i Tekhniki*. № 3. P. 156-170.
3. Leonov, A.V. (2013). Analysis of project documentation of Shukhov tower on Shabolovka and its comparison with the modern 3D model. *Institut istorii yestestvoznaniya i tekhniki im. S.I. Vavilova RAN. Godichnaya nauchnaya konferentsiya* (2013). T. 2. Moscow: LENAND. P. 390-394.
4. Leonov, A.V. (2014). The analysis of differences between historical design documents and the real structure of the Shabolovka radio tower based on using 3D model. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*. № 6. P. 15-22.

5. Workbook of V.G. Shukhov (notes from March 22, 1918 to Oct. 10, 1922). *Arkhiv RAN*. F. 1508. Op. 1. D. 61.
6. Shabolovskaya radio-tower of the engineer Shukhov's system. Height 150 m. Project. 1919. *Arkhiv RAN*. F. 1508. Op. 1. D. 85. L. 1.
7. Diary of V.G. Shukhov // *Personal archive of E.M. Shukhova* (2015).
8. The Inspection of Metal Structures of the Tower of the Shukhov's System of the Moscow TV Center. 1947. *Arkhiv TzNIIPSK im. Mel'nikova*. Shifr 281.
9. Evaluation of bearing capacity of metal structures of TV tower of Shukhov's system and drawing conclusions about the possibility of its further exploitation. 1971. *Arkhiv TzNIIPSK im. Mel'nikova*. Shifr ORIS-569.
10. Metal structures of the superstructure of the Shukhov's tower for fastening FM antennas. 1991. *Arkhiv TzNIIPSK im. Mel'nikova*. Shifr 20-F 5720-1-KM.
11. «Virtual model of the Shukhov tower on Shabolovka ». 2013. *RGANTD*. F. 399. Op. 1.
12. Vinogradov, K., Stepanov, D. «3D portrait» of the Shukhov tower. *ARDIS: Architecture. Restoration. Design. Investment. Construction journal*. 2011. № 3 (49). P. 74-75.
13. Reconstruction of the bearing structures of the Shukhov radio tower located at: Moscow, Shukhov street, d. 10, str. 2. *Project. Structural and space-planning solutions*. 2011. OAO «TzNIPromzdaniy», Moscow.
14. Leonov, A.V., Baturin, Yu.M. (2013). 3D document — the new type of the scientific and technical documentation. *Vestnik Arkhivista* (Herald of an archivist). № 2. P. 192-205.

HISTORICAL AND TECHNICAL ANALYSIS OF INSUFFICIENTLY KNOWN DESIGN FEATURES OF THE SHABOLOVKA RADIO TOWER

LEONOV A.V.

*The Center for Virtual History of Science and Technology of the S.I. Vavilov Institute for the
History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences, Moscow*

Virtual 3D modeling of the Shukhov's tower located in Shabolovka Street was performed in the S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences in 2011-2013 and enabled to reveal a number of differences between historical documentation and the real structure. Some of the results were published earlier. New results regarding the height of the tower and the method of mounting of the intermediate rigidity rings to the outer legs of the two lower sections are presented in this article.

KEY WORDS: radio tower in Shabolovka Street, historical documents, real dimensions, method of mounting, laser scanning.

