

Р.Б. ОРЛОВИЧ¹, С.С. ЗИМИН²

¹ООО «ПИ Геореконструкция», г. Санкт-Петербург, Россия

²ФГАУО ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
г. Санкт-Петербург, Россия

УСТРОЙСТВО СКВОЗНЫХ ПРОЕМОВ В КАМЕННЫХ СВОДАХ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ

Аннотация. Статья посвящена проблеме устройства сквозных проемов в каменных сводах реконструируемых исторических зданий. Необходимость в таких проемах возникает согласно проекту применения в целях размещения и прокладки новых коммуникационных и инженерных систем, например, лифтов, сантехнического оборудования, систем водоснабжения, вентиляции и др. Приводится анализ напряженного состояния модели каменной стены с прямоугольным и круглым проемами, а также влияния анизотропии прочности каменной кладки на ее несущую способность в зоне проемов. Отмечается, что устройство проемов связано с компромиссом между требованиями проекта применения, касающихся размеров, формы и мест расположения проемов в сводах, и условиями их безопасной эксплуатации. С этой целью необходим детальный анализ сложного напряженного состояния сводов с использованием существующих программных комплексов. При этом особое внимание следует обращать на минимизацию растягивающих напряжений, вызывающих трещины особенно в углах прямоугольных проемов. Отмечаются трудности связанные с применением критериев прочности в условиях сложного напряженного состояния сводов в зоне проемов. Приводятся примеры практической реализации сквозных проемов в исторических цилиндрических и крестовых каменных сводах с детальным анализом их напряженного состояния, а также влияния на несущую способность. Подчеркивается, что наиболее оптимальной локализацией проемов являются наименее напряженные участки сводов, например, распалубки вблизи расположенных под ними стенами. Анализируются способы усиления сводов, ослабленных проемами. Предпочтение отдается их армированию либо усилению с помощью железобетонных поясов. Обсуждаются технологические аспекты выполнения проемов. Обращается также внимание на необходимость мониторинга сводов в процессе выполнения проемов.

Ключевые слова: каменные своды, сквозные проемы, несущая способность, способы усиления, мониторинг.

R.B. ORLOVICH¹, S.S. ZIMIN²

¹ООО «PI Georekonstrukcia», Saint-Petersburg, Russia

²Saint-Petersburg State Polytechnical University, Saint-Petersburg, Russia

ARRANGING OF THROUGH OPENINGS IN THE STONE VAULT OF HISTORICAL BUILDINGS

Abstract. The article is devoted to the problem of arranging through openings in the stone vaults of reconstructed building structures. The need for such openings arises in connection with the use of new communication and engineering systems in opening cases and laying, for example, elevators, plumbing equipment, water supply systems, ventilation, etc. An analysis is made of the severity of the state of a stone wall with a rectangular and checked openings, as well as a study of anisotropy the strength of the stone lining on its bearing capacity in the presence of openings. It is noted that the use of the device of openings is possible with a compromise between the requirements of the project, the allowable sizes, shapes and locations of openings in the vaults, and the likelihood of their use. For this purpose, a detailed analysis of the complex acute condition of the vaults using modern software systems is required. In this case, special attention should be paid to minimizing tensile strains that cause cracks,

especially at the corners of rectangular openings. There are cases associated with the detection of violations in difficult conditions of the stress state of blood coagulation in the presence of openings. Use examples of the practical implementation of through openings in the main cylindrical and cross stone vaults with a detailed analysis of their state of sharpness, as well as a study of the bearing capacity. It is emphasized that the most common manifestations of openings are minor tense sections of vaults, for example, stripping due to the proximity of walls under them. The elimination of vaults weakened by openings is analyzed. Preference is given to their reinforcement or reinforcement using reinforced concrete belts. Technological aspects of making openings are discussed. Attention is also drawn to monitoring the progress of openings.

Keywords: stone vaults, through openings, bearing capacity, strengthening methods, monitoring.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование деформаций, расчет несущей способности и конструктивное укрепление древних распорных систем. Методические рекомендации. М., 1989.
2. Бернгард В.Р. Арки и своды: Руководство по устройству и расчету арочных и сводчатых перекрытий. С-Петербург, 1901. 128 с.
3. Лахтин Н.К. Расчет арок и сводов. Руководство к аналитическому и графическому расчету арочных и сводчатых перекрытий. М., 1911.
4. Ahnert R., Krause K. H. Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz. Band 1,2. Berlin, 2009.
5. Гроздов В.Т. «Кирпичные своды перекрытий старых жилых и общественных зданий». С.-Петербург, 1993.
6. Зимин С.С., Беспалов В.В., Скрипченко И.В. Влияние распалубок на напряженное состояние каменных сводов // Материалы VII международной научно-практической конференции «Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения». 2017. С. 133-144.
7. Деркач В.Н. Анизотропия прочности каменной кладки при сжатии // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. 2011. № 3(130). С. 181-186.
8. Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий. Высшая школа, М., 1983. 304 с.
9. Деркач В.Н. Анизотропия прочности каменной кладки на растяжение при раскалывании // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. 2012. № 2 (147). С. 259-264.
10. Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages ASTM E519-02: ASTM Committee C15. 2003. 5 p.
11. Diagonal tensile strength tests of small walls specimens. TC76-LUM: RILEM LUMB 6 1991. – Bagneux: International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures, 1991. 2 p.
12. Физдель И.А. Дефекты в конструкциях, сооружениях и методы их устранения. М., Стройиздат, 1987.
13. Павлов В.В., Харьков Е.В. Восстановление работоспособности каменных арок и сводов // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 6 (65). С. 65-70.
14. Соколов Б.С., Павлов В.В., Хорьков Е.В. Конструктивно-технологические особенности восстановления эксплуатационной пригодности каменных сводчатых покрытий: сб. ст. IV Международной (X Всероссийской) конференции НАСКР-2018. Чувашский университет. Чебоксары. 2018. С. 323-329.
15. Орлович Р.Б., Чыкалиди В.Х. Способы усиления цилиндрических каменных сводов. Строительство и реконструкция. № 1 (69). 2017.
16. Орлович Р.Б., Деркач В.А. Зарубежный опыт армирования каменных конструкций // Жилищное строительство. 2011. № 11.
17. Biolzi L., Ghittoni C., Fedele R., Rosati G. Experimental and theoretical issues in FRP-concrete bonding // Construction and Building Materials. 2013. No. 41. Pp. 182–190.
18. ICDMOS. Recommendations for the analysis, consevvation and structural of architectural heritage. International Scientific Committee for Analysis and Restovation of Structures of Architectural Heritage, 2003.
19. ГОСТ Р 59437-2021 Сохранение памятников каменного зодчества. Общие требования.
20. Деркач В.Н., Орлович Р.Б. Эмпирические критерии прочности каменной кладки в условиях сложного напряженного состояния. Строительство и реконструкция. 2010. № 6 (32). С. 8-12.
21. Орлович Р.Б., Деркач В.Н. Критерии прочности, применяемые в зарубежной практике расчета и проектирования каменных конструкций // Известия высших учебных заведений. Строительство. № 6. 2011. С. 101-106.
22. Орлович Р.Б., Деркач В.Н. Применение классических теорий прочности для расчета каменной кладки в условиях сложного напряженного состояния // Строительство и реконструкция. 2011. № 1 (33). С. 35-40.

REFERENCES

1. Issledovanie deformacij, raschet nesushchej sposobnosti i konstruktivnoe ukreplenie drevnih raspornyh sistem. Metodicheskie rekomendacii. M., 1989.
2. Bergard V.R. Arki i svody: Rukovodstvo po ustrojstvu i raschetu arochnyh i svodchatyh perekrytij. S.-Peterburg, 1901. 128 p.
3. Lahtin N.K. Raschet arok i svodov. Rukovodstvo k analiticheskomu i graficheskomu raschetu arochnyh i svodchatyh perekrytij. M., 1911.
4. Ahnert R., Krause K. H. Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz. Band 1,2. Berlin, 2009.
5. Grozdov V.T. «Kirpichnye svody perekrytij staryh zhilyh i obshchestvennyh zdaniy». S.-Peterburg, 1993.
6. Zimin S.S., Bupalov V.V., Skripchenko I.V. Vliyanie raspalubok na napryazhennoe sostoyanie kamennyh svodov // Materialy VII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Obsledovanie zdaniy i sooruzhenij: problemy i puti ih resheniya». 2017. Pp. 133-144.
7. Derkach V.N. Anizotropiya prochnosti kamennoj kladki pri szhatii // Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. Nauka i obrazovanie. 2011. No. 3(130). Pp. 181–186.
8. Polyakov S.V. Sejsmostojkie konstrukcii zdaniy. Vysshaya shkola, M., 1983. 304 p.
9. Derkach V.N. Anizotropiya prochnosti kamennoj kladki na rastyazhenie pri raskalyvanii // Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. Nauka i obrazovanie. 2012. No. 2 (147). Pp. 259-264.
10. Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages ASTM E519-02: ASTM Committee C15. 2003. 5 p.
11. Diagonal tensile strength tests of small walls specimens. TC76-LUM: RILEM LUMB 6 1991. – Bagnex: International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures, 1991. 2 p.
12. Fizdel' I.A. Defekty v konstrukciyah, sooruzheniyah i metody ih ustraneniya. M., Strojizdat, 1987.
13. Pavlov V.V., Har'kov E.V. Vosstanovlenie rabotosposobnosti kamennyh arok i svodov // Vestnik grazhdanskih inzhenerov. 2017. No. 6(65). Pp. 65-70.
14. Sokolov B.S., Pavlov V.V., Hor'kov E.V. Konstruktivno-tehnologicheskie osobennosti vosstanovleniya ekspluatacionnoj prigodnosti kamennyh svodchatyh pokrytij: sb. st. IV Mezhdunarodnoj (H Vserossijskoj) konferencii NASKR-2018. CHuvashskij universitet. CHEboksary. 2018. Pp. 323-329.
15. Orlovich R.B., CHykalidi V.H. Sposoby usileniya cilindricheskih kamennyh svodov. Stroitel'stvo i rekonstrukciya. No. 1 (69) 2017.
16. Orlovich R.B., Derkach V.A. Zarubezhnyj opyt armirovaniya kamennyh konstrukcij // ZHilishchnoe stroitel'stvo. 2011. No. 11.
17. Biolzi L., Ghittoni C., Fedele R., Rosati G. Experimental and theoretical issues in FRP-concrete bonding. Construction and Building Materials 2013. No. 41. Pp. 182–190.
18. ICDMOS. Recommendations for the analysis, consevvation and structural of architectural heritage. International Scientific Committee for Analysis and Restovation of Structures of Architectural Heritage, 2003.
19. GOST R 59437-2021 Sohranenie pamyatnikov kamennogo zodchestva. Obshchie trebovaniya.
20. Derkach V.N., Orlovich R.B. Empiricheskie kriterii prochnosti kamennoj kladki v usloviyah slozhnogo napryazhennogo sostoyaniya. Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2010. No. 6 (32). Pp. 8-12.
21. Orlovich R.B., Derkach V.N. Kriterii prochnosti, primenyaemye v zarubezhnoj praktike rascheta i proektirovaniya kamennyh konstrukcij. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. No. 6. 2011. Pp. 101-106.
22. Orlovich R.B., Derkach V.N. Primenenie klassicheskikh teorij prochnosti dlya rascheta kamennoj kladki v usloviyah slozhnogo napryazhennogo sostoyaniya. Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2011. No. 1 (33). Pp. 35-40.

Информация об авторах:

Орлович Роман Болеславович

ООО «ПИ Геореконструкция», г. Санкт-Петербург, Россия,
доктор технических наук, профессор, научный консультант.
E-mail: orlowicz@mail.ru

Зимин Сергей Сергеевич

ФГАУО ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург, Россия,
кандидат технических наук, доцент Высшей школа промышленно-гражданского и дорожного строительства
Инженерно-строительного института СПбПУ.
E-mail: zimin_sergei@mail.ru

Information about authors:

Orlovich Roman B.

Chief Engineer of the company «PI Georekonstrukciya», Saint-Petersburg, Russia,
doctor of technical sciences, professor, scientific consultant.

E-mail: orlowicz@mail.ru

Zimin Sergey S.

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia,
candidate of technical sciences, assistant professor of the Higher School Industrial, Civil and Highway Engineering of
the Civil Engineering Institute.

E-mail: zimin_sergei@mail.ru