

УДК 624.074: 666.981

Б.С. СОКОЛОВ, канд. техн. наук (moo-shell@mail.ru)

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева
АО «НИЦ «Строительство» (109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., 6)

Проектирование армоцементных конструкций в Пособии к СП 96.13330.2016

Пособие по проектированию армоцементных конструкций разработано в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева в развитие положений СП 96.13330.2016 «СНиП 2.03.03–85 Армоцементные конструкции», содержащего общие правила расчета и конструирования армоцементных конструкций – тонкостенных дисперсно-армированных конструкций, изготовляемых из мелкозернистого бетона, в качестве арматуры которых применяют частые тонкие тканые, сварные или плетеные проволочные стальные сетки, равномерно распределенные по сечению элемента, как правило, в сочетании со стержневой или проволочной стальной арматурой. Армоцементные конструкции используются для пространственных покрытий в виде оболочек и складок, в элементах плоскостных покрытий, перекрытий, стен и перегородок, подвесных потолков, в элементах санитарно-технического оборудования, в декоративных элементах и др. Пособие содержит необходимые теоретические и практические рекомендации, а также примеры расчета основных типов армоцементных и комбинированно-армированных (со стержневой арматурой) конструкций зданий и сооружений различного назначения.

Ключевые слова: армоцементная конструкция, мелкозернистый бетон, проволочная сетка, расчет по прочности, расчет по образованию трещин, расчет по деформациям.

Для цитирования: Соколов Б.С. Проектирование армоцементных конструкций в Пособии к СП 96.13330.2016 // Бетон и железобетон. 2021. № 1 (603). С. 3–7.

B.S. SOKOLOV, Candidate of Sciences (Engineering) (moo-shell@mail.ru)

Research, Design and Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev
“Research and Development Center “Stroitel’stvo” AO (6, 2nd Institutskaya Street, Moscow, 109428, Russian Federation)

Armocement Structures Designing in the Manual to the SP 96.13330.2016

Manual for design armocement structures developed in NIIZHB named after A.A. Gvozdev in the development of the provisions of SP 96.13330.2016 «СНиП 2.03.03–85 Armocement structures», containing general rules of calculation and design of armocement structures – thin-walled, disperse-reinforced constructions made of fine-grained concrete, as the reinforcement of which narrow thin woven, welded or braided wire steel meshes are used, evenly distributed over the cross-section of the element, usually in combination with rod or wire steel reinforcement. Armocement structures are used for spatial roofs in the form of shells and folded plates, in elements of planar roofs, floors, walls and partitions, suspended ceilings, in elements of sanitary-technical equipment, in decorative elements, etc. The manual contains the necessary theoretical and practical recommendations, as well as examples of calculating the main types of armocement and combined-reinforced (with rod reinforcement) structures of buildings and facilities for various purposes.

Keywords: armocement structure, fine-grained concrete, wire mesh, strength calculation, crack formation calculation, deformation calculation.

For citation: Sokolov B.S. Armocement structures designing in the manual to the SP 96.13330.2016. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2021. No. 1 (603), pp. 3–7. (In Russian).

Одним из путей повышения эффективности сборных железобетонных конструкций является снижение массы уменьшением толщин бетонных сечений при обеспечении требований прочности и долговечности конструкций. Максимально возможная технологически и конструктивно тонкостенность конструкций обеспечивается применением мелкозернистого бетона и дисперсного армирования. Армоцемент – материал с дисперсным армированием в виде частых сеток из стальной проволоки – известен достаточно давно [1–4], всесторонне исследован [5, 6] и

в практике строительства применяется достаточно широко [7–10]. Расчет и конструирование конструкций из армоцемента в отечественных нормах были представлены с 1967 г. Инструкциями СН 366–67 и СН 366–77. С 1985 г. действовал СНиП 2.03.03–85 «Армоцементные конструкции».

Свод правил СП 96.13330.2016 «СНиП 2.03.03–85 Армоцементные конструкции», введенный взамен СНиП 2.03.03–85, существенно отличается от предшествующего документа, представлявшего собой развитие основного документа того перио-

да СНиП 2.03.04–84 «Бетонные и железобетонные конструкции». Внесенные за прошедшие годы значительные изменения в подходы и методики расчета железобетонных конструкций естественным образом нашли отражение в расчетах армоцементных конструкций. К настоящему времени также значительно устарел и разработанный в НИИЖБ в тот же период методический документ «Пособие по проектированию армоцементных конструкций (к СНиП 2.03.03–85)» (1989 г.).

В связи с необходимостью дать практические примеры расчета и конструирования эффективных видов конструкций из армоцемента по новым нормам актуальной явилась задача разработки нового пособия по расчету и проектированию армоцементных и комбинированных конструкций, в том числе с предварительным напряжением арматуры. В примерах учтены требования актуальных стандартов ГОСТ 27751–2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения», ГОСТ 34028–2016 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия» и норм СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07–85* Нагрузки и воздействия», СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11–85 Защита строительных конструкций от коррозии», СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01–2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения», СП 387.1325800.2018 «Железобетонные пространственные конструкции покрытий и перекрытий. Правила проектирования» и др.

Пособие в целом построено в соответствии со структурой СП 96.13330.2016, в ряде позиций дополняя и развивая его положения.

В разделе «Общие требования» приведены общие требования к конструктивным решениям армоцементных конструкций, в том числе предварительно напряженных, и методам расчета таких конструкций по двум группам предельных состояний; основные типы применяемых армоцементных конструкций, а также рекомендации по областям эффективного применения таких конструкций.

Армоцементные конструкции классифицируют по виду армирования на конструкции, имеющие исключительно сетчатое армирование, и конструкции с комбинированным армированием, сочетающим сетчатое армирование со стержневой или проволоочной арматурой. Для изготовления несущих конструкций преимущественно используется комбинированное армирование.

Наиболее целесообразно применять армоцемент в конструкциях, требующих повышенной трещиностойкости, водонепроницаемости, морозостойкости, ударной прочности, вязкости разрушения, а также пониженной усадки и ползучести материала.

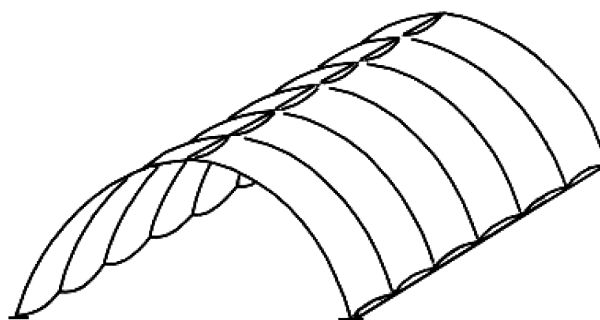


Рис. 1. Сборные армоцементные сводчатые покрытия

Fig. 1. Prefabricated ferrocement vaulted roofs

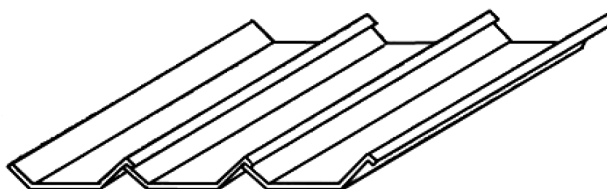


Рис. 2. Армоцементные предварительно напряженные складки

Fig. 2. Ferrocement prestressed folded plates

В числе армоцементных конструкций, рекомендуемых для массового применения, приведены сборные сводчатые покрытия пролетом 12–18 м с безрулонной кровлей из армоцементных элементов двоякой кривизны (рис. 1), армоцементные предварительно напряженные складки длиной до 8 м (рис. 2), призматические складки, панели-оболочки и др.

Общие требования к расчету армоцементных конструкций соответствуют требованиям к расчету железобетонных конструкций с учетом специфики армоцементных конструкций, связанной с их тонкостенностью: необходимость проверки устойчивости формы конструкции с повышенным коэффициентом запаса, пониженные значения предельно допустимой ширины раскрытия трещин. Сформулированы также дополнительные указания по проектированию предварительно напряженных армоцементных конструкций.

В разделе «Материалы для армоцементных конструкций» приведены требования к мелкозернистому бетону, даны его прочностные и деформационные характеристики, а также требования к сетчатой арматуре с указанием ее прочностных характеристик, требования к стержневой и проволоочной арматуре.

В Пособии два раздела посвящены подробному описанию методик расчета армоцементных конструкций по предельным состояниям первой и второй групп. Особенность расчета армоцементных конструкций заключается в том, что наличие сетчатого

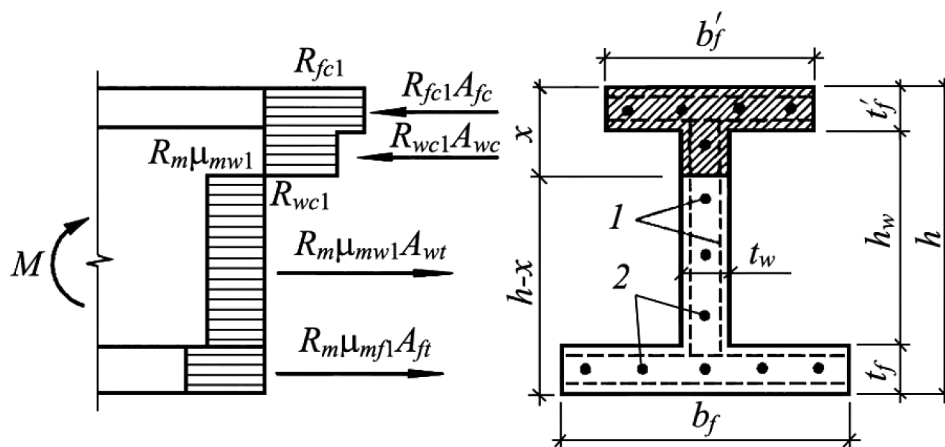


Рис. 3. Схема усилий и эпюра напряжений в изгибаемых элементах двутаврового сечения при $x > t'_f$: 1 – тонкие сетки; 2 – стержневая или проволочная арматура, приведенная к равномерно распределенной по сечению

Fig. 3. Scheme of forces and stress diagram in bending elements I-section when $x > t'_f$: 1 – thin meshes; 2 – bar or wire reinforcement reduced to uniformly distributed over the section

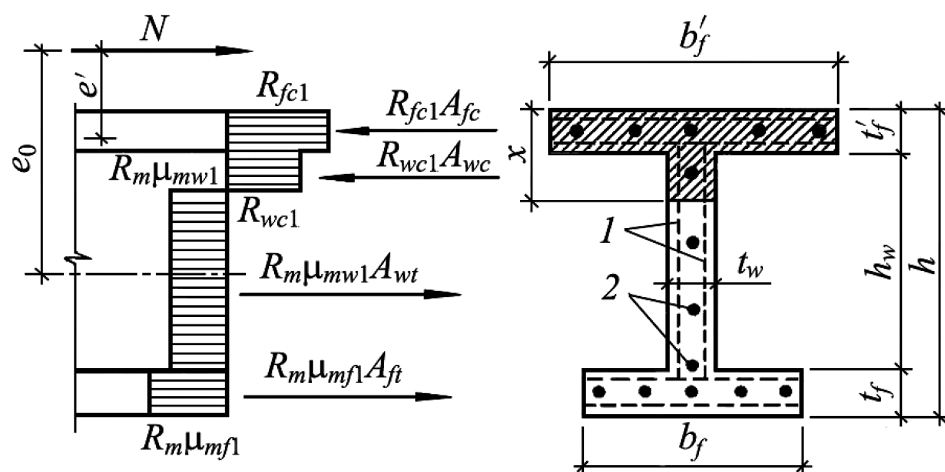


Рис. 4. Схема усилий и эпюра напряжений во внецентренно сжатых элементах двутаврового сечения при $x > t'_f$: 1 – тонкие сетки; 2 – стержневая или проволочная арматура, приведенная к равномерно распределенной по сечению элемента

Fig. 4. Scheme of forces and stress diagram in eccentrically compressed I-section elements when $x > t'_f$: 1 – thin meshes; 2 – bar or wire reinforcement reduced to uniformly distributed over the section element

армирования, а также часто установленной напрягаемой и ненапрягаемой стержневой или проволочной арматуры в сечениях элемента учитывается коэффициентами армирования бетона, различными для растянутой и сжатой зон сечения.

В расчетах по предельным состояниям первой группы рассмотрены:

1. Расчет по прочности сечений, нормальных к продольной оси элемента, по предельным усилиям, в том числе:

- изгибаемые элементы прямоугольного, таврового, двутаврового (рис. 3) и кольцевого сечений;
- внецентренно сжатые элементы прямоугольного, таврового, двутаврового (рис. 4) и кольцевого сечений;
- центрально-растянутые элементы;

– внецентренно растянутые элементы.

Теоретическая часть сопровождается десятью примерами расчета, в числе которых призматическая складка W-образного сечения пролетом 19,4 м, элементы двутаврового и кольцевого сечений и др.

2. Расчет по прочности нормальных сечений на основе нелинейной деформационной модели (рис. 5), содержащий все необходимые соотношения прочностных и деформационных характеристик, а также условия применения этих зависимостей. Следует отметить, что свод правил СП 96.13330.2016 «СНиП 2.03.03-85 Армоцементные конструкции», декларируя требование использования методик расчета армоцементных конструкций на основе нелинейной деформационной модели, не содержит положений для ее реализации, в отличие от достаточно

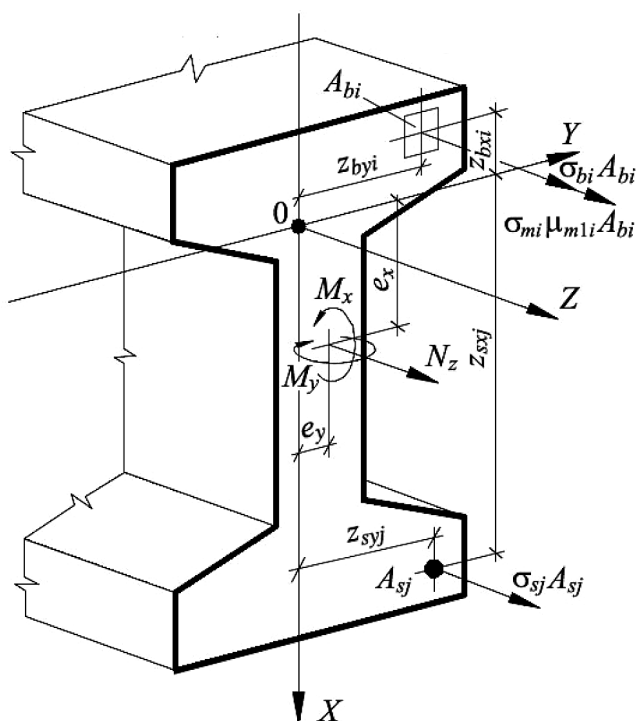


Рис. 5. Расчетная схема нормального сечения элемента в расчете по прочности на основе нелинейной деформационной модели
Fig. 5. Scheme of a normal section of an element in strength analysis based on a nonlinear deformation model

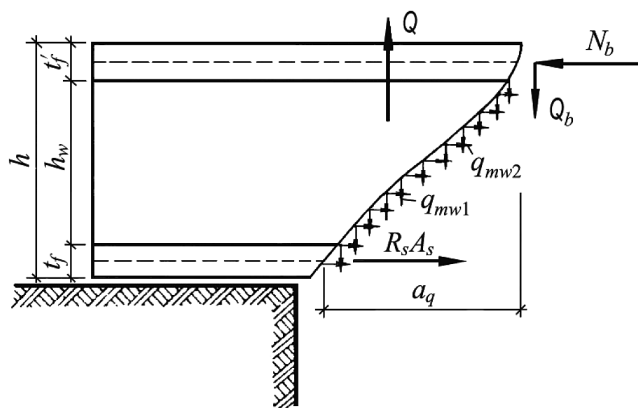


Рис. 6. Схема усилий в сечении, наклонном к продольной оси, при расчете по прочности на действие поперечной силы
Fig. 6. Scheme of forces in a section inclined to the longitudinal axis, when calculating the strength for the action of a shear force

подробного описания методик расчета по предельным усилиям. В этом Пособие развивает и дополняет положения свода правил.

3. Расчет по прочности сечений, наклонных к продольной оси элемента, по предельным усилиям (рис. 6) с двумя примерами расчета, в том числе примером расчета складчатой панели покрытия.

4. Указания по расчету армоцементных элементов на местное сжатие и на продавливание при действии сосредоточенной силы с примером расчета на продавливание плоской армоцементной плиты.

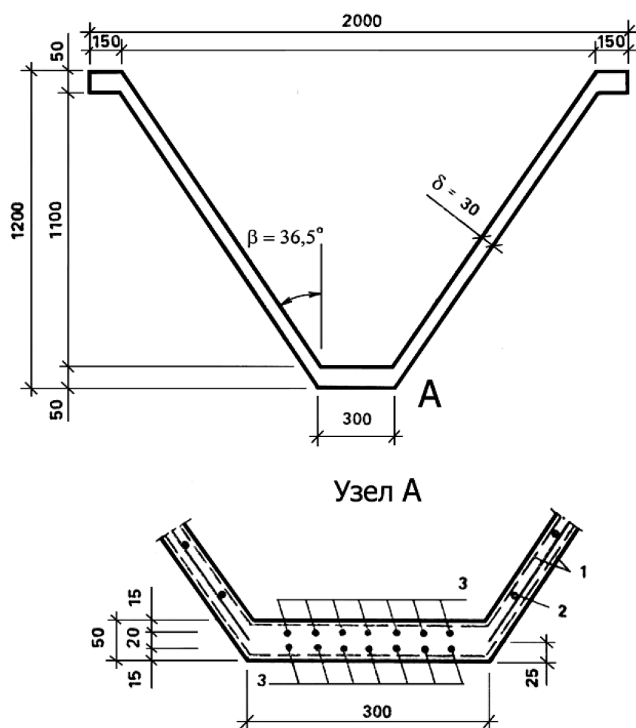


Рис. 7. Сечение армоцементной складки покрытия пролетом 18 м с предварительно напряженной арматурой: 1 – тканая сетка № 10-1 по ГОСТ 3826; 2 – сварная сетка из проволоки Ø3 Вр-I; 3 – напрягаемая арматура Ø5 Вр1400
Fig. 7. Section of the ferrocement folded plate of the roof with a span of 18 m with prestressed reinforcement: 1 – woven mesh No. 10-1 in accordance with GOST 3826; 2 – welded wire mesh Ø3 Vr-I; 3 – prestressing reinforcement Ø5 Bp1400

5. Расчет предварительных напряжений арматуры.

В расчетах по предельным состояниям второй группы рассмотрены:

1. Расчет по образованию и раскрытию трещин, в том числе:

- расчет по раскрытию трещин, нормальных к продольной оси элемента;
- расчет по раскрытию трещин, наклонных к продольной оси элемента.

Расчет иллюстрируется тремя примерами, в том числе расчетами складчатых элементов покрытий.

2. Расчет элементов армоцементных конструкций по деформациям, в том числе:

- определение кривизны на участках без трещин в растянутой зоне;
- определение кривизны на участках с трещинами в растянутой зоне;
- определение прогибов.

Для некоторых наиболее распространенных случаев нагружения консольных и шарнирно опертых балок приведена справочная таблица, упрощающая расчет прогибов.

В этом разделе представлены два примера, поясняющие методику расчета армоцементных конструкций по деформациям.

Заключительный пример представляет собой сквозной расчет армоцементной предварительно напряженной складки покрытия пролетом 18 м (рис. 7), включающий весь комплекс необходимых расчетов по предельным состояниям первой и второй групп.

Все приведенные в Пособии примеры расчета выполнены по актуальным нормам на основе проектных решений реально осуществленных армоцементных конструкций. В примерах расчетов использованы современные рекомендованные виды и классы армирования.

В разделе «Конструктивные требования» подробно изложены требования к геометрическим размерам сечений армоцементных элементов, к защитным слоям бетона, к расположению арматуры

в армоцементных элементах, в том числе изгибаемых и внецентренно сжатых, ее анкеровке и стыкованию. Приведены требования к конструкциям закладных деталей. Даны рекомендации по устройству стыков сборных армоцементных элементов. Изложены дополнительные указания по конструированию предварительно напряженных элементов, а также по конструированию армоцементных опалубок. Перечислены требования, которые должны быть указаны в рабочих чертежах армоцементных конструкций.

В Приложении приведен рекомендуемый для применения в проектировании сортамент тканых и сварных проволочных сеток для армоцементных конструкций.

Список литературы

1. Зайцев Ю.В., МIRONKOV Б.А. Армоцементные конструкции. М.: Знание, 1989. 64 с.
2. Лысенко Е.Ф. Армоцементные конструкции. Киев: Вища школа, 1974, 208 с.
3. ACI 549R-97 (2009) «Report on Ferrocement».
4. ACI 549.1R (1988) «Guide for the Design, Construction and Repair of Ferrocement».
5. Хайдуков Г.К., Зайцев Ю.В. Расчет тонкостенных элементов армоцементных конструкций. В кн.: Армоцементные конструкции в жилищном, гражданском и сельскохозяйственном строительстве. М.: Госстройиздат, 1963. 247 с.
6. Хайдуков Г.К., Качановский Е.К. Особенность расчета и конструирования армоцементных конструкций // *Бетон и железобетон*. 1984. № 7. С. 3–6.
7. МIRONKOV Б.А., НеОФИТОВ Б.К., МИНИНА П.В. Типовые пространственные армоцементные конструкции покрытий для залов // *Бетон и железобетон*. 1984. № 7. С. 6–7.
8. Галич В.Д., Овчар В.П., Борисова Т.В. Армоцементные конструкции для промышленного строительства // *Бетон и железобетон*. 1984. № 7. С. 8–10.
9. Лубо Л.Н., МIRONKOV Б.А. Плиты регулярной пространственной структуры. Л.: Стройиздат, 1976. 104 с.
10. Хайдуков Г.К., Илларионова Л.Ф., Качановский Е.К. Сборные пространственные конструкции из армоцементных складчатых элементов // *Бетон и железобетон*. 1961. № 1.

References

1. Zaytsev Yu.V., Mironkov B.A. Armotsementnyye konstruksii [Ferrocement structures]. Moscow: Znaniye, 1989. 64 p.
2. Lysenko Ye.F. Armotsementnyye konstruksii [Ferrocement structures]. Kiev: Vishcha shkola, 1974. 208 p.
3. ACI 549R-97 (2009) « Report on Ferrocement».
4. ACI 549.1R (1988) «Guide for the Design, Construction and Repair of Ferrocement».
5. Khaidukov G.K., Zaytsev YU.V. Raschet tonkostennykh elementov armotsementnykh konstruktsey [Calculation of thin-walled elements of ferrocement structures]. In book "Ferrocement structures in housing, civil and agricultural construction. Moscow: Gosstroyizdat, 1963. 247 p.
6. Khaidukov G.K., Kachanovskiy Ye.K. The peculiarity of the calculation and design of ferrocement structures. *Beton i Zhelezobeton*. 1984. No. 7, pp. 3–6. (In Russian).
7. Mironkov B.A., Neofitov B.K., Minina P.V. Typical spatial ferrocement structures of roofs for halls. *Beton i Zhelezobeton*. 1984. No. 7, pp. 6–7. (In Russian).
8. Galich V.D., Ovchar V.P., Borisova T.V. Ferrocement structures for industrial construction. *Beton i Zhelezobeton*. 1984. No. 7, pp. 8–10 (In Russian).
9. Lubo L.N., Mironkov B.A. Plity regul'yarnoy prostranstvennoy struktury [Plates of regular spatial structure]. Leningrad: Stroyizdat, 1976. 104 p.
10. Khaidukov G.K., Illarionova L.F., Kachanovskiy Ye.K. Prefabricated spatial structures made of ferrocement folded plate elements. *Beton i Zhelezobeton*. 1961. No. 1. (In Russian).