

3.Шутенко Л.М., Золотов М.С., Склярів В.О., Золотова Н.М. Анкерні болти: конструкція, розрахунок, проектування, технологія влаштування. – Харків: ХНАМГ, 2010. – 204 с.

4.Скрипник Е.С., Золотов С.М. Влияние состава компаунда акрилового клея на его адгезионные свойства // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.95. – К.: Техніка, 2010. – С.445-450.

5.Поциус А.В. Клеи, адгезия технология склеивания: Пер. с англ. – СПб.: Профессия, 2007. – 376 с.

6.Вильнав Ж.-Ж. Клеевые соединения: Пер. с фр. – М.: Техносфера, 2007. – 384 с.

7.Липатов Ю.С. Физико-химия наполненных полимеров. – К.: Наук. думка, 1967. – 234 с.

8.Берлин А.А., Басин В.Е. Основы адгезии полимеров. – М.: Химия, 1974. – 392 с.

9.Липатов Ю.С. Межфазные явления в полимерах. – К.: Наук. думка, 1980. – 260 с.

10.Скрипник Е.С., Золотов С.М. Поверхностное натяжение в системе энергетических характеристик акриловых клеев // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.97. – К.: Техніка, 2011. – С.66-73.

11.Берлин А.А., Басин В.Е. Основы адгезии полимеров. – М.: Химия, 1974. – 392 с.

12.Accu dyne test [Electronic resource] / Diversified Enterprises, Claremont. NH -2009 // Access: [http://www.accudynetest.com/liquid\\_attributes.html](http://www.accudynetest.com/liquid_attributes.html), free. – Title from screen.

*Получено 25.04.2011*

УДК 560.178

Ю.В.ГЛАЗУНОВ, канд. техн. наук

*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков*

## **КОНСТРУКЦИИ ИЗ СТАЛЬНЫХ ОБОЛОЧЕК, ЗАПОЛНЕННЫХ БЕТОНОМ**

Приведены теоретические и экспериментальные исследования сталебетонных конструкций при разных способах приложения продольной нагрузки, показана технико-экономическая эффективность применения этих конструкций в сравнении со стальными и железобетонными конструктивными элементами.

Наведено теоретичні й експериментальні дослідження сталебетонних конструкцій при різних способах поздовжнього навантаження, показано техніко-економічну ефективність застосування цих конструкцій порівняно зі сталевими і залізобетонними конструктивними елементами.

A method of strength calculation of rectangular section of steel-concrete columns depending on the process of longitudinal loading has been developed. Theoretical and experimental data have been compared. Cite experiment and theoretical investigation steel concrete constructions depending on the process of longitudinal loading has been developed and method their calculation. There was executed the experimental and theoretical researches of the steel-concrete elements, working by center compression.

*Ключевые слова:* сталебетон, сталебетонный элемент, осевое сжатие, изгиб, внешнее армирование, бетонное ядро, стальная оболочка.

Сталебетонный конструктивный элемент является комплексной конструкцией, состоящей из стальной оболочки и бетонного ядра, работающих совместно. Такая конструкция обладает многими положи-

тельными качествами. Прочность бетонного ядра, стесненной стальной оболочкой как облоймой, повышается примерно в два раза по сравнению с первоначальной.

Сталебетонные конструкции – это конструкции, у которых в растянутой или сжатой зоне применяется внешняя обычная или высокопрочная напрягаемая полосовая, листовая арматура, установленная на крайних гранях поперечного сечения [3].

Исследованиями в области сталебетонных конструкций [1-3] установлено, что вместо ожидаемой усадки происходит набухание бетона в облойме и его расширение, сохраняющееся на протяжении многих лет, что создает благоприятные условия для его работы под нагрузкой.

Зарубежные ученые [5, 6] считают, что применение листовой «опалубки-арматуры» является не только экономичным при устройстве монолитных перекрытий и покрытий (по стоимости и трудоемкости их возведения), но и эффективным средством увеличения жесткости железобетонных плит.

Разбухание характерно для бетона, не только заключенного в стальную оболочку, но и изолированного любым другим способом от окружающей среды, что подтверждается известными опытами [4] с изолированными бетонными образцами.

Причиной разбухания является отсутствие влагообмена между бетоном и внешней средой. В проведенных опытах через 135 дней на одном из образцов была снята изоляция, что вызвало быстрое развитие деформаций усадки, которые стали почти такими же, как и у аналогичных неизолированных образцов. Величины усадочных продольных деформаций изолированного образца весьма незначительны и составляют  $\varepsilon_2 = (2 \div 3) \cdot 10^{-5}$ . Это является одним из преимуществ сталебетона по сравнению с железобетоном.

Изоляция бетона от окружающей среды создает лучшие условия для работы бетона под нагрузкой. Эксперименты [5] показывают, что в неизолированном бетоне нагрузка вызывает более значительную деформацию во времени, чем в изолированном. В неизолированном бетоне развитие микротрещин все время прогрессирует, у изолированного бетона при том же напряжении оно полностью прекращается в первые 2-3 дня. В неизолированных образцах нелинейность деформаций ползучести наблюдается в течение 20-30 суток, а в изолированном образце нелинейность исчезает при аналогичных напряжениях в первые 2-7 суток.

Заполнение стальной облоймы бетоном повышает ее противокоррозионную стойкость, защищая от коррозии ее внутреннюю поверх-

ность, уменьшает гибкость элементов, увеличивает местную устойчивость стенок оболочки, повышает сопротивление оболочки смятию в узлах сопряжений и при ударных воздействиях во время транспортирования и монтажа.

Наружная поверхность сталебетонных конструкций примерно в два раза меньше, чем конструкций из профильного проката, вследствие этого у них меньше расходы по окраске и эксплуатации. На цилиндрических поверхностях задерживается меньше пыли и грязи, являющихся активизаторами процессов атмосферной коррозии, поэтому сталебетонные конструкции имеют повышенную коррозионную стойкость.

Использование цилиндрических стержней в сооружениях, подверженных ветровым нагрузкам, позволяет снизить эти нагрузки за счет улучшения аэродинамических свойств. Стержень круглого сечения является равноустойчивым при одинаковых расчетных длинах. Жесткость на кручение такого стержня значительно выше, чем у стержней открытого профиля. При применении сталебетонных конструкций не требуется окраски, металлизации или герметизации внутренних поверхностей стальных оболочек, что необходимо для трубчатых конструкций, не заполненных бетоном.

Исследованиями установлено, что при повышенных температурах конструкции их железобетона с бетоном обычных марок разрушаются через 5-10 лет вследствие пересушивания бетона и дегидратации цементного камня. В агрессивных средах агломерационных фабрик в условиях воздействия мышьяковистого ангидрита были случаи разрушения конструкций за 4 года. Значительная коррозия железобетона в цехах цветной металлургии [7]. В этих и других подобных неблагоприятных условиях с успехом можно применять сталебетон, в котором бетон защищен от агрессивных воздействий стальной оболочкой.

Меньшая масса сталебетонных элементов в сравнении с железобетонными облегчает их транспортирование и монтаж. Сталебетон экономичнее железобетона из-за отсутствия опалубки, кружал, хомутов, отгибов, петель, закладных деталей; он более вынослив, менее подвержен механическим повреждениям. Отсутствие распределительной и рабочей арматуры позволяет получить более высококачественную укладку жестких бетонных смесей [5].

В отличие от обычного стального стержня сталебетонный стержень эффективно работает только на сжатие. При работе на растяжение он обладает значительно меньшей несущей способностью. В этом отношении сталебетонный стержень, как первичный элемент конструкции, аналогичен железобетонному. Поэтому в сталебетонных кон-

струкциях стержни, образующие несущие каркасы, должны быть сжаты.

Растянутые стержни в принципе не должны быть сталебетонными. Однако некоторые конструктивные соображения оправдывают применение растянутых сталебетонных стержней; например, защита от коррозии внутренней поверхности стальной оболочки, увеличение изгибной жесткости стержня в целом, и его стальной стенки в особенности (для уменьшения общих и местных начальных прогибов), увеличение собственного веса конструкции, унификация сортамента при заказе металла.

Рассматриваются два подхода к построению схем несущих каркасов. Первый заключается в использовании сталебетонного стержня в традиционных конструктивных схемах сооружений для элементов, работающих преимущественно на сжатие. К таким элементам относятся колонны производственных и общественных зданий, стойки в различных конструкциях, пилоны висячих покрытий и сооружений, пояса опор линий электропередач, сжатые стержни ферм и арок.

В традиционных схемах производственных зданий расход металла на сжатые элементы, в частности на колонны, достаточно велик. Если принять массу планировочной ячейки здания за 100%, то колонны составляют в прокатных цехах 20÷30%, в мартеновских цехах – 15%, в цехах тяжелого машиностроения – 35%.

При проектировании колонн необходимо учитывать конструктивные преимущества сталебетонных конструкций, в которых стальные оболочки можно прикреплять друг к другу без соединительных и переходных деталей, что существенно снижает массу конструкций. Однако такое соединение элементов требует более точной и сложной по форме обрезки торцов оболочек.

Второй подход к конструированию каркасов состоит в разработке новых схем, в которых основные расчетные нагрузки воспринимаются сильно сжатыми сталебетонными элементами. При таком подходе учитываются: во-первых, принцип концентрации материала, согласно которому укрупненные элементы облегчаются за счет более быстрого роста несущей способности конструкции, нежели ее массы, во-вторых, принцип упрощения конструктивной формы – исключение из конструкции некоторых второстепенных деталей и, в-третьих, известный принцип совмещения функций.

Дополнительные резервы увеличения эффективности сталебетонных конструкций можно получить, используя предварительное напряжение растянутых сталебетонных стержней.

В ряде случаев весьма эффективными оказываются составные

сталебетонные стержни разнообразных сечений, для которых могут применяться разные системы решеток: раскосного и безраскосного типа, перфорированные и сплошные листы. Сталебетонные составные стержни обладают всеми свойствами пространственных составных стержней вообще, находящих широкое применение в конструкциях. Такие стержни целесообразно применять в качестве колонн, балочных площадок, междуэтажных перекрытий, эстакад, путепроводов, трубопроводов и т.д.

Двухтрубные стержни оказываются целесообразными в сжатых поясах ферм, когда необходимо увеличить несущую способность пояса из плоскости фермы, составные трехгранные сталебетонные стержни – в вантовых опорах воздушных линий электропередачи, где стойки работают в основном на сжатие.

При использовании составных сталебетонных колонн в промышленных одноэтажных зданиях с кранами грузоподъемностью 10-30 т рациональны стержни постоянного сечения. Для наружной колонны наиболее сжатая ветвь должна иметь оболочку большего диаметра; у колонны среднего ряда ветви могут быть одинакового диаметра.

В цехах с тяжелой крановой нагрузкой (при кранах грузоподъемностью более 100 т) составные стержни применяются в колоннах раздельного типа. Подкрановая трубобетонная составная стойка раздельной колонны выполняется сплошной. К шатровой ветви она присоединяется рядом планок. Сама шатровая ветвь может быть сталебетонной или стальной обычного типа.

Если колонна работает на внецентренное сжатие, то функцию растянутой части сечения может выполнять обычный лист, швеллер или двутавр; сталебетон здесь работает в основном на сжатие.

Колонны переменного сечения выполняются сплошными и сквозными. Сечения наружных колонн, имеющих одну подкрановую ветвь, могут быть несимметричными. Стенку лучше выполнять сплошной. Если шатровой ветви усилие сжатия невелико, то она выполняется пустотелой. Сечения средних колонн симметричны.

В настоящее время разработана методика расчета сталебетонных элементов прямоугольного поперечного сечения на прочность при осевом сжатии, основанная на раскрытии контакта между обоймой и ядром, работающим в условиях объемного напряженного состояния с переменными параметрами деформирования. Проведены численные расчеты напряженно-деформированного и предельного состояния сечения, и показано, что для оценки несущей способности таких конструкций необходимо учитывать контактное взаимодействие между обоймой и ядром.

Использование листовой стали в качестве металлической изоляции и несущей арматуры позволяет достичь значительной экономии стали в железобетонных конструкциях зданий и сооружений, кроме того, сократить сроки строительства, повысить сборность и производительность труда при возведении сооружения.

Конструктивная форма, высота, размеры сечений железобетонных плит, балок, ригелей остаются длительное время, с учетом условия прочности и жесткости, стабильными и неизменяемыми. Конструктивные решения поперечных сечений сталебетонных изгибаемых элементов с внешней арматурой позволяют при обеспечении прочности и жесткости уменьшить высоту, размеры сечений элементов. Концентрированное расположение полосовой арматуры на внешних гранях сечения дает возможность снизить массу, уменьшить размеры сечения или получить экономию стали при одинаковой высоте с железобетонными конструкциями.

При одинаковых размерах сечения и проценте армирования сталебетонных и железобетонных конструкций сталебетонные обладают большим моментом сопротивления, так как концентрированное сечение полосовой, листовой арматуры располагается на максимально возможном удалении от центра тяжести сечения.

Применение полосовой, листовой арматуры исключает необходимость многоярдного расположения ее по высоте сечения (как в железобетонных элементах со стержневым армированием), что позволяет более экономно использовать сталь, значительно упростить укладку и уплотнение бетона и снизить трудозатраты.

Сталебетонные балочные конструкции могут применяться в некоторых сооружениях наравне с металлическими, расширяя, таким образом, область применения железобетонных конструкций. При этом площадь, подверженная коррозии, уменьшается до 10-20%, металлоемкость – на 30-40%.

В результате проведенных технико-экономических исследований определено, что применение сталежелезобетонных элементов в зданиях и сооружениях способствует экономии до 28-33% стали по сравнению со стальными и до 11% – с железобетонными конструктивными элементами. Приведенные затраты снижаются в первом случае на 25-30%, во втором – на 45-50%. Использование сталежелезобетонных колонн в подкрановых эстакадах позволяет экономить до 10-15% стали по сравнению со стальными и до 12% – с железобетонными колоннами. Приведенные затраты снижаются на 35%.

Сталебетонные конструкции имеют преимущества по сравнению с железобетонными. Известно, что применение железобетонных кон-

струкций позволяет экономить сталь на фермы до 40%, на балки – до 20%, на колонны – 50÷70%. Однако при этом стоимость возведения железобетонных конструкций выше, чем стальных: ферм до 40%, подкрановых балок до 55%, колонн до 35% [6].

1. Альперина О.Н. Исследование сжатых железобетонных элементов с поперечным армированием: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – 2005. – 24 с.

2. Васильев А.П., Голосов В.Н. Состояние и перспективы развития конструкций с внешним армированием // Бетон и железобетон. – 2007. – № 9. – С.28-29.

3. Воронков Р.В. О внешнем листовом армировании // Промышленное строительство. – 2006. – № 5. – С.19-20.

4. Марков Б.П. Исследование условий совместной работы железобетонной плиты с металлическими сплошными балками. – М.: Наука, 2005. – 180 с.

5. Smith F., Brown R. The Shearing Strength of Concrete, Bull. Univ. of Washington, N 106, 2001, p. 205.

6. Garner N.I. Use of Spiral Welded Steel Tubes in Pipe Columns. ACJ. J. Proceedings, vol. 65, Nov. 2003, p. 937-942.

7. Переяславцев Н.А. Брусковые конструкции с внешним армированием, уголками – М.: Наука, 2004. – 276 с.

*Получено 03.03.2011*

УДК 690 : 620.1

А.Н.ШАПОВАЛОВ, канд. техн. наук

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

Ф.В.КИРИЦЕВ

*ЮжгипроНИИавиапром, г.Харьков*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ, ПОДВЕРЖЕННОГО ЛОКАЛЬНОМУ ОГНЕВОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ**

Приведены результаты испытаний бетона и арматуры, получивших повышенные температурные воздействия от пожара, предложены рекомендации по усилению поврежденного железобетонного перекрытия.

Наведено результати випробувань бетону та арматури, які одержали підвищений температурний вплив внаслідок пожежі, запропоновано рекомендації щодо підсилення пошкодженого залізобетонного перекрытия.

Results of tests of concrete and reinforcement have received increased temperature effects from the fire, offered recommendations to strengthen a damaged reinforced concrete slab.

*Ключевые слова:* воздействие пожара, бетон, арматура, усиление поврежденного перекрытия.

Существующая практика оценки физико-механических характеристик железобетонных конструкций, испытанных на себе воздействие пожара, базируется, как правило, на обширных экспериментальных исследованиях, проведенных в лабораторных условиях или в спе-