

потребления электроэнергии промышленностью ( $X_3$ ), следующим по значимости находится фактор изменения потребления электроэнергии ЖКХ ( $X_4$ ) и завершающее место принадлежит фактору потребления электроэнергии единицей явного населения ( $X_1$ ).

1.Боровиков В.П., Боровиков И.П. Statistica – статистический анализ и обработка данных в среде Windows. – М.: Информ.-изд. дом «Филин», 1997. – 265 с.

2.Теорія статистики / За ред. П.Г.Вашків, П.І.Пастер., В.П.Сторожук, Є.І.Ткач. – К. Либідь, 2001. – 319 с.

3.Статистичний щорічник України за 2004 рік / Держкомстат України; За ред. О.Г.Осауленка. – К.: Консультант, 2005. – 659 с.

4.Кокс Д., Снелл Э. Прикладная статистика. Принципы и примеры. – М.: Мир, 1984. – 200 с.

*Получено 06.07.2006*

УДК 545.086

Ю.В.ГЛАЗУНОВ, канд. техн. наук

*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г.Харьков*

### **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ С ВНЕШНИМ АРМИРОВАНИЕМ**

Рассматриваются особенности работы конструкций, выполненных из сталебетона. Приводятся результаты исследований прочности и деформации бетона в конструкциях с внешним армированием. Изложены особенности работы конструкций с внешним поперечным армированием из листовой арматуры гладкого и периодического профиля. Даются рекомендации по выбору экономически выгодных конструктивных решений.

Сборные и монолитные железобетонные конструкции с внешним армированием получили распространение в различных отраслях строительства в нашей стране и за рубежом. Этому способствовали расширение области применения железобетона (для гражданского и промышленного строительства, в том числе специальных сооружений энергетического и гидротехнического строительства), технико-экономическая эффективность таких конструкций, а также возможность использования внешней арматуры в качестве опалубки при монолитном способе возведения сооружений.

С развитием и применением эффективных способов соединений металлических элементов (электросварка, высокопрочные болты, синтетические клеи) значительно увеличилась область применения поперечной, листовой и профилированной стали в качестве арматуры железобетонных конструкций. Такое армирование в некоторых исследованиях [1-3] названо внешним, а конструкции – сталежелезобетонными, брусковыми, железобетонными, сталебетонными и бетонными, армированными листовой сталью [4, 5].

Концентрированное расположение полосовой, листовой арматуры на внешних гранях сечения таких конструкций, в сравнении с железобетонными, позволяет уменьшить размеры сечения и снизить их массу. Применение полосовой арматуры исключает ее многорядное расположение по высоте сечения, благодаря чему можно более экономно использовать сталь, значительно упростить укладку и уплотнение бетона, а также снизить трудозатраты.

В настоящее время в строительстве применяются следующие разновидности сталебетонных конструкций с внешним армированием:

- плиты, армированные гладкой листовой сталью или профилированными (гофрированными) стальными настилами;

- конструкции, облицованные стальными листами, включенными в совместную работу с бетоном в специальных железобетонных сооружениях (наземные и подземные резервуары и различные емкости, технологические и транспортные тоннели, насосные станции, фундаменты под оборудование, защитные оболочки атомных электростанций);

- линейные сталебетонные балочные элементы, армированные обычной и высокопрочной напрягаемой внешней полосовой арматурой;

- колонны, выполненные из брусковых элементов с внешним армированием четырьмя уголками;

- трубобетонные элементы;

- сталебетонные фермы из гнутых профилей.

Разрозненные описания конструктивных решений и исследований сталебетонных конструкций не дают четкого представления об их расчете, конструировании и проектировании. В данной работе обобщены существующие конструктивные решения и методы расчета, приведены рекомендации, позволяющие проектировать экономически эффективные сталебетонные конструкции для возводимых объектов различного назначения.

Для металлических и железобетонных конструкций в настоящее время применяют различные классы и марки сталей, т.е. материалом конструкции является не железо, а сталь, – поэтому конструкции во многих странах принято называть стальными и сталебетонными. Термин «сталежелезобетонные» относится к комплексным конструкциям, у которых железобетонная плита объединена со стальной двутавровой балкой. Кроме того, такие конструкции еще называют «сталебетонными с листовой арматурой» или «сталебетонными балками с листовым армированием».

В данной работе использован термин «сталебетонные конструк-

ции с внешним полосовым армированием» или сокращенно – «сталебетонные».

Термин «железобетонные конструкции с внешним армированием» является общим, объединяющим различные конструктивные направления этого типа конструкций, а именно: комбинированные (комплексные), сталебетонные, сталежелезобетонные, брусковые, трубобетонные, трубожелезобетонные и др.

Среди железобетонных конструкций с внешним армированием можно выделить следующие конструкции:

- комплексные, сталежелезобетонные – железобетонная плита, объединенная со стальными двутавровыми балками;
- сталежелезобетонные со смешанным армированием – железобетонные обычные и преднапряженные балки с дополнительно прикрепляемыми стальными листами;
- железобетонные брусковые – бруски армируются стальными уголками, которые располагаются по углам поперечного сечения;
- трубобетонные и трубожелезобетонные;
- сталебетонные, армированные обычной и высокопрочной напрягаемой полосовой арматурой.

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

Для полосовой, листовой стали в качестве арматуры железобетонных конструкций можно выделить четыре основные направления применения:

- для армирования ограждающих и несущих конструкций в зданиях и сооружениях, к которым предъявляются требования полной непроницаемости жидкостей, газов и различных излучений;
- для опалубки при изготовлении монолитных и сборно-монолитных железобетонных конструкций с использованием ее после затвердения бетона в качестве несущей арматуры конструкций;
- для армирования балочных линейных элементов (ригели, балки покрытия и перекрытия, подкрановые балки, фермы, ребристые балочные плиты и др.) и колонн с целью уменьшения массы, размеров сечения или получения экономии стали;
- для усиления балочных и других элементов.

Использование листовой стали в качестве металлической изоляции и несущей арматуры позволяет достичь значительной экономии стали в железобетонных конструкциях зданий и сооружений (38-43%), кроме того, сократить сроки строительства, повысить сборность и про-

изводительность труда при возведении сооружения.

Листовая сталь в качестве опалубки и одновременно несущей арматуры получила применение при возведении монолитных, сборно-монолитных и сборных железобетонных перекрытий. При этом первоначально она использовалась только как опалубка и лишь после застывания бетона учитывалась как несущая арматура железобетонного сечения.

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.

Снижение массы и уменьшение размеров сечения (высоты) конструкций зданий и сооружений приводят к экономии материала. Тенденция к увеличению пролетов, шага колонн в зданиях обуславливает необходимость снижения массы, в особенности уменьшения высоты несущих элементов балочных конструкций. Снижение массы изгибаемых элементов в какой-то мере достигается благодаря применению легких заполнителей бетона.

Конструктивная форма, высота, размеры сечений железобетонных плит, балок, ригелей остаются длительное время по условиям прочности и жесткости стабильными и неизменяемыми. Конструктивные решения поперечных сечений сталебетонных изгибаемых элементов с внешней арматурой позволяют при обеспечении прочности, жесткости уменьшить высоту и 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.

Увеличение процента содержания листовой арматуры, расположение ее на краю сечений повышают несущую способность сталебетонных элементов при рациональном использовании высокопрочных марок бетона и небольших размерах поперечного сечения.

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

Применение полосовой, листовой арматуры исключает необходимость многорядного ее расположения 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.

Для сталебетонных конструкций в процессе их эксплуатации вопрос трещинообразования (появление и раскрытие трещин) в растянутой зоне в процессе эксплуатации не имеет такого актуального значения, как для железобетонных.

Увеличение процента армирования полосовой, листовой сталью повышает несущую способность и жесткость сталебетонных конструкций. Полосовое, листовое армирование расширяет область применения и возможности железобетонных конструкций.

Эффективность и жизненность конструкции предопределяются не только конструктивной формой, но и технологией ее изготовления, экономической конкурентоспособностью.

В несущих сталебетонных конструкциях исключаются затраты на изготовление опалубки, что способствует значительной экономии материалов, сокращению сроков их изготовления и снижению трудозатрат на строительной площадке. Особенно это характерно для сталебетонных элементов с двойным листовым армированием, применяемым в облицовке реакторов атомных электростанций, а также при устройстве монолитных перекрытий.

Изготавливаемые на заводе металлоконструкций крупные секции состоят из наружных и внутренних листов, соединенных решеткой и снабженных внутренними трубчатыми вставками для всех проводок и пересечений стен. Листы служат арматурой, защитной облицовкой, опалубкой и используются также для крепления деталей, образующих отверстия в стенах, что позволяет в два раза сократить трудозатраты на строительной площадке и ускорить возведение сооружений.

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%.

Основным материалом сталебетонных конструкций является бетон, стержневая, полосовая, листовая и профилированная сталь. Экономическая эффективность сталебетонных конструкций становится более ощутимой при применении высокопрочных бетонов и сталей, а также повышенных процентах армирования. Стержневая арматура используется в сталебетонных балках и плитах в качестве вертикальных поперечных стержней, монтажной и продольной арматуры каркаса и сеток.

Правильный выбор стали дает возможность обеспечить необходимую надежность, долговечность и экономическую эффективность

сталебетонных конструкций.

Для обычных ненапряженных сталебетонных конструкций может быть рекомендована углеродистая листовая сталь обыкновенного качества и низколегированная с пределом прочности до 290-400 МПа. Низколегированные термически упрочненные стали, высокой прочности с пределом текучести 500-900 МПа, могут быть рекомендованы для преднапряженных сталебетонных конструкций с напрягаемой листовой арматурой. Освоен также выпуск сверхпрочных сталей, обладающих пределом текучести 1300-1800 МПа.

Сварка конструкций из сталей может осуществляться вручную покрытыми электродами, автоматами, полуавтоматами – под слоем флюса, а также полуавтоматами – в среде углекислого газа. В каждом случае рекомендуется уточнение сварочных материалов в зависимости от применяемых марок сталей.

При определении прочности изгибаемых железобетонных плит необходимо принимать расчетное сопротивление листовой стали с понижающим коэффициентом условий работ  $m$ , равным 0,5-0,8, в зависимости от применяемых типов связей-анкеров листовой арматуры.

Сталебетонные изгибаемые элементы с обычной и предварительно напрягаемой полосовой, листовой арматурой представляют собой новый вид железобетонных конструкций с внешним армированием, особенности которого обусловлены видом арматуры, ее размещением и характером связи – анкеровки полосовой, листовой арматуры с бетоном. Данная связь препятствует сдвигу арматуры относительно бетона по контакту, способствует образованию монолитного сечения с проявлением всех явлений, присущих железобетонным конструкциям.

Железобетонные конструкции с внешним армированием, в частности сталебетонные, при обеспечении надежной связи полосовой, листовой арматуры с бетоном практически не отличаются в теоретическом и расчетном отношении от существующих железобетонных. Поэтому расчет сталебетонных конструкций следует вести по предельным состояниям по аналогии с расчетом железобетонных конструкций. При этом актуальность расчета по трещиностойкости значительно снижается в связи с внешним расположением арматуры.

В железобетонных конструкциях совместная работа бетона и арматуры, расположенной в массе бетона, обеспечивается силами сцепления, зависящими в основном от склеивающей способности цементного теста, сил трения и механического зацепления выступов арматуры по поверхности контакта. Степень влияния сил сцепления обусловлена видом и состоянием арматуры.

В сталебетонной балке с внешним армированием связь гладкой

полосовой арматуры с бетоном за счет различных типов анкеров является решающей для обеспечения надежности работы конструкции под нагрузкой. Назначение связей – обеспечивать монолитность работы такой конструкции, препятствовать сдвигу полосовой арматуры относительно бетона и воспринимать поперечные силы, действующие по наклонным сечениям.

Наиболее рациональным способом повышения эффективности связи, сцепления между внешней полосовой арматурой и бетоном является одновременное использование вертикальных поперечных стержней каркаса в качестве анкеров арматуры по длине балки и концевых упоров при их совместной работе.

В отношении экономии стали, представляют интерес сталебетонные балки с двойным полосовым армированием. В сопоставлении со стальными балками двутаврового сечения равной высоты и одинаковой несущей способности у них в несколько раз меньше деформативность. При подборе оптимального коэффициента отношения сжатой арматуры к растянутой можно получить экономию стали 30% и более, что дает основание рекомендовать их к применению в строительстве наравне с металлическими.

Внешняя арматура в виде листов или прокатных профилей позволяет эффективно производить сталебетонные конструкции с большим процентом армирования при ограниченных размерах сечений, и при двойном армировании заменять ими стальные конструкции с экономией стали до 45%.

Оценку эффективности предварительно напряженных сталебетонных балочных конструкций проводили в сопоставлении с наиболее экономичными – преднапряженными железобетонными и стальными пролетами 12 и 18 м.

Для обеспечения равных условий принятых вариантов балочных элементов соблюдался принцип сопоставимости, который предусматривал расчет конструкций на одинаковые полезные и другие нагрузки. Сопоставляемые конструкции запроектированы в соответствии с действующими строительными нормами и правилами, имели одинаковые назначение, условия эксплуатации и пролеты.

Показатели стоимости по сравниваемым вариантам рассчитаны в единых ценах на аналогичные конструкции и материалы. Учитывались эксплуатационные затраты (антикоррозионные покрытия сталебетонных и стальных конструкций) в один и тот же период времени.

В качестве основного показателя, характеризующего экономическую эффективность сталебетонных конструкций, приняты приведенные затраты и расход на единицу изделия.

Для сравниваемых вариантов расчет экономической эффективности осуществляли по уравнению

$$\Pi_i = C_i + E_n k_i + E_n k'_i + M_i T,$$

где  $C_i$  – себестоимость строительно-монтажных работ;  $E_n$  – нормативный коэффициент капитальных вложений, равный 0,12;  $k_i$  – капитальные вложения в основные производственные фонды и вложения в оборотные средства строительства;  $k'_i$  – сопряженные капитальные вложения в производство строительных материалов и конструкций;  $M_i$ ,  $T$  – эксплуатационные затраты и расчетный период.

В сталебетонных конструкциях по сравнению с железобетонными применение внешней арматуры позволяет получить экономию высокопрочной продольной рабочей арматуры до 15-20% при одиночном армировании и до 25% при двойном армировании. Замена стальных конструкций на сталебетонные дает возможность экономить сталь в объеме 35% при той же несущей способности.

1. Грушко И.М., Ильин А.Г., Чихладзе Э.Д. Повышение прочности и выносливости бетона. – Харьков: Вища шк., 1986. – 149 с.

2. Чихладзе Э.Д. Сопротивление материалов. – Харьков: УкрГАЗТ, 2002. – 362 с.

3. Клименко Ф.Е., Барабаш В.М. Листовая арматура периодического профиля для железобетонных конструкций с внешним армированием // Бетон и железобетон. – 1999. – №7. – С.19-22.

4. Мартынов Б.В., Комлев В.И., Дмитриев Ю.Н. Испытание предварительно напряженных сталежелезобетонных балок для покрытий промышленных зданий // Реф. информ. «Строительство и архитектура». – 2004. – №9. – С. 53-60.

5. Материалы совещания по проблеме «Разработка, исследование и внедрение конструкций с внешним армированием»: Тез. сообщ. – М., 2005. – 45 с.

*Получено 27.07.2006*

УДК 338.585 : 330.142.211

О.Д.ОВСІЙ, О.В.ЗЕРНЮК, канд. техн. наук

*Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка*

### **ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ НА КАПІТАЛЬНІ І ПОТОЧНІ РЕМОНТИ КОНСТРУКЦІЇ (ЕЛЕМЕНТА) БУДІВЛІ ЧИ СПОРУДИ З УРАХУВАННЯМ ПРОВЕДЕННЯ РЕМОНТІВ ТА ЇЇ (ЙОГО) ФІЗИЧНОГО ЗНОСУ**

Пропонується метод розрахунку експлуатаційних витрат на капітальні і поточні ремонти конструкції (елемента) будівлі чи споруди на визначений чи нормативний термін її (його) експлуатації з урахуванням її (його) фізичного зносу і проведених ремонтів. За допомогою цього методу можна прогнозувати експлуатаційні витрати на капітальні і поточні ремонти конструкції (елемента) в будь-який період її (його) експлуатації.

У зв'язку з високим ступенем зношення основних фондів першої групи підприємств (організацій) і обмеженими фінансовими можливо-