

Сравнение вариантов раскроя резервуаров

Вариант раскроя	Размеры листов, мм	Отходы стали при раскрое, %	Протяженность сварного шва, м	Затраты на сварку, руб.	Стоимость отходов стали, руб.	Затраты, руб.
Трехпоясной – меридиальный вид раскроя	2300×6000	24	520	109512520	482454909	591967429
	2600×7000					
	2300×5500	20,1	531	111829131	404055987	515885118
	2600×7000					
	2600×8300	10,9	556	117094156	219114938	336209094
	2100×7000	7,4	650	136890650	148756930	285647580
	2600×7000					
		1600×7000	7,7	807	169955007	154787617
	2500×7500	8,8	616	129730216	176900133	306630349
	2100×7000	8,6	750	157950750	172879676	330830426
Двухпоясной – меридиальный раскрой	2000×8400	21	597	125728797	422148046	547876843
Однопоясной – меридиальный смешанный раскрой	2600×8000	14,5	488	10277768	291483174	301760942

Опираясь на вышеизложенное и результаты, представленные в таблице, по проделанному исследованию можно сделать следующие *выводы*:

- у трёхпоясного вида раскроя минимальные отходы стали, однако протяжённость сварного шва – большая;

- у однопоясного смешанного вида раскроя минимальная протяжённость шва, но отходы стали превышают предыдущий вид раскроя в два раза.

Таким образом, наиболее оптимальным вариантом по затратам является трёхпоясной меридиальный вид раскроя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лессиг, Е.Н. Листовые металлические конструкции / Е.Н. Лессиг.
2. Веревкин, С.И. Газгольдеры / С.И. Веревкин, В.А. Корчагин. – М., 1966.
3. Металлические конструкции. Общий курс: учебник для вузов / Е.И. Беленя [и др.]; под общ. ред. Е.И. Беленя – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 560 с.
4. Вариантное проектирование и оптимизация стальных конструкций. – М.: Стройиздат, 1979. – 319 с.

УДК 624-2/-9

СЦЕПЛЕНИЕ С БЕТОНОМ И АНКЕРОВКА НЕПРЕДНАПРЯЖЕННОЙ АРМАТУРЫ

В.И. ЛЫМОРЕВА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.И. КОЛТУНОВ)

Рассматривается сцепление с бетоном и анкеровка преднапряженной арматуры. Показано, что надежное восприятие усилий железобетонными элементами возможно только при условии совместной работы арматуры и бетона. Ключевым фактором здесь является анкеровка рабочих стержней арматуры, исключаяющая их проскальзывание относительно бетона.

Анкеровка – это закрепление арматуры в бетоне, которое достигается заведением арматуры за расчетное сечение на длину, достаточную для включения стержня в работу, либо выполнением специальных конструктивных мероприятий. Характер передачи усилий от арматурных стержней на окружающий бетон в железобетонных конструкциях зависит от многих параметров.

Анализ ранее проведенных исследований позволяет выделить несколько факторов, обуславливающих механизм анкеровки.

Сцепление. Сцепление относится к сопротивлению окружающего бетона против выдергивания арматурных стержней и развивается по контактной поверхности параллельно направлению силы. Эта связь возникает благодаря действию ряда химических и физических факторов, а именно:

- адгезии («склеиванию») и молекулярному сцеплению цементного геля с арматурой;
- обжатую арматуры бетоном, возникающему под влиянием его усадки;

- заклиниванию арматуры в бетоне при появлении распора и соответствующих сил трения;
- трению, возникающему из-за поперечного обжатия стержней под внешней нагрузкой;
- зацеплению за бетон микронеровностей поверхности арматуры, а также *выступов профиля* и последующее сопротивление бетонных шпонок смятию, срезу.

Для арматуры периодического профиля последний фактор является ключевым и оказывает наибольшее влияние на прочность сцепления – он обеспечивает около $3/4$ общего сопротивления скольжению арматуры в бетоне и зависит от вида профиля, наносимого на поверхность арматуры в процессе ее изготовления.

Таким образом, на прямую анкеровку стержней в железобетонных элементах основное влияние оказывают:

- *характеристики бетона* (его состав, подвижность смеси, усадка, направление бетонирования, прочность бетона и т.д.). Например, прочность сцепления увеличивается с повышением класса бетона и при уменьшении водоцементного отношения. До некоторого предела прочность сцепления возрастает пропорционально квадратному корню из прочности бетона на сжатие (Soroushian, 1991). Прочность сцепления также повышается с увеличением возраста бетона. Вызывают интерес результаты работы FuXuli и D.D.L. Chung, касающиеся использования добавок в бетоне для повышения качества сцепления с арматурой. В ходе экспериментальных исследований было установлено, что при применении полимерных добавок (в частности, латекса) прочность сцепления увеличивается на 25 % по сравнению с базовыми образцами (без добавок);

- *характеристики арматуры* (механические свойства, профиль, диаметр, величина защитного слоя, расположение стержней в сечении и т.д.). Например, прочность сцепления при растяжении уменьшается с увеличением диаметра стержня. Также следует отметить, что соотношение основных параметров арматуры периодического профиля (высоты ребер h_b и их шага t) значительно влияет на характер поведения анкеровки. Когда ребра стержня высокие и расположены достаточно близко друг к другу, начинают возрастать касательные напряжения в бетоне, вследствие чего происходит проскальзывание стержня. Если расстояние между ребрами превышает их высоту примерно в 10 раз, частично раскрошенный бетон может образовывать клин под выступом, и разрушение обычно происходит вследствие растрескивания окружающего бетона. Два вида механизма разрушения, связанные с положением ребер на арматуре, представлены на рисунке 1.

Также ряд исследователей отметит зависимость прочности сцепления для стержней с наклонными ребрами от угла наклона ребер.

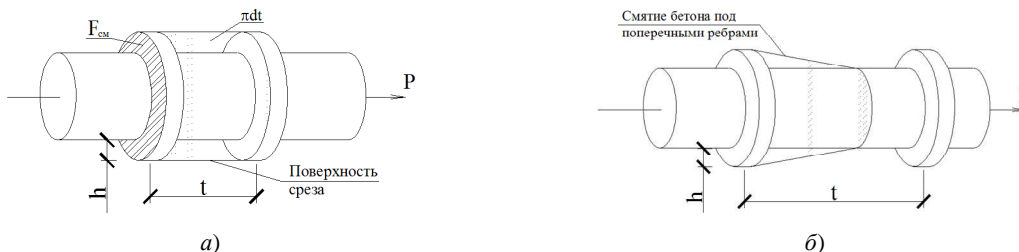


Рис. 1. Механизм разрушения бетона у ребер арматуры:
 а – срез бетонных шпонок ($t/h < 10$);
 б – смятие бетона под ребрами арматуры ($t/h > 10$)

- *напряженно-деформированное состояние окружающего бетона*. Так, например, увеличение интенсивности обжатия бетона в пределах $0,1 \dots 0,4R_b$ приводит к возрастанию прочности сцепления при выдергивании. И наоборот, наличие усилий, приводящих к поперечному растяжению, значительно снижает эффективность анкеровки.

Дополнительные факторы

Конструктивная анкеровка стержней (особенно гладкой арматуры, где чаще всего нет возможности обеспечить заделку только механизмами прямой анкеровки) осуществляется выполнением по концам стержней крюков, отгибов, петель (рис. 2).

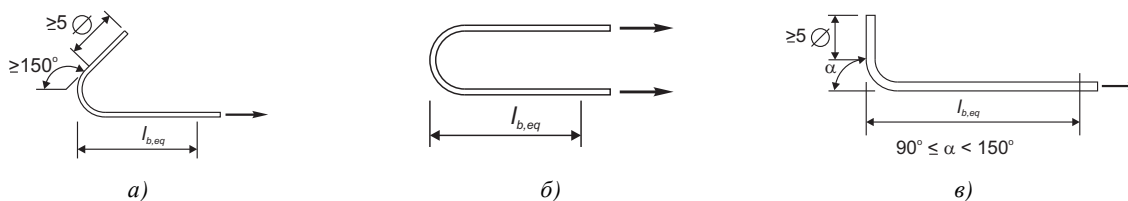


Рис. 2. Способы конструктивной анкеровки гладких стержней:
 а – крюк; б – петля; в – отгиб

Если же анкеровка сцеплением, крюками или петлями недостаточна, то применяют специальные анкерные устройства – шайбы, высаженные головки, коротыши, приваривают стержни к опорным пластинам, уголкам и т.п. (рис. 3).

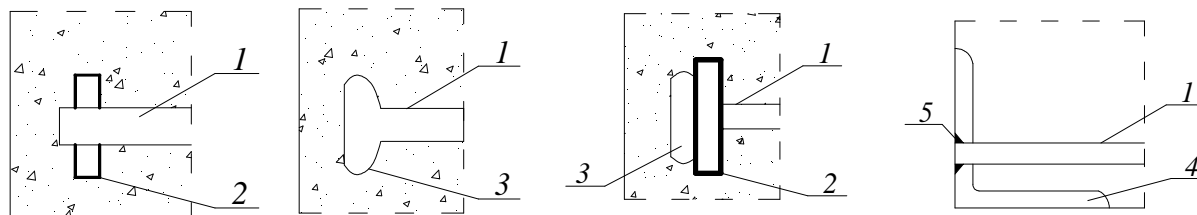


Рис. 3. Примеры анкерки продольного стержня при помощи специальных устройств: 1 – стержень; 2 – шайба; 3 – высаженная головка; 4 – уголок; 5 – сварка

В ряде исследований отмечается влияние косвенного армирования (не приваренные к основной арматуре хомуты, сетки и т.п.) на поведение анкерки. Наличие такого армирования хоть и незначительно, но повышает прочность сцепления, а основной эффект косвенного армирования проявляется в значительном уменьшении величины проскальзывания стержня, вследствие сдерживания образования и раскрытия трещин.

При изготовлении арматурных изделий (сеток, плоских и пространственных каркасов), с использованием контактно-точечной и электродуговой сварки, появляется дополнительный фактор, повышающий характеристики анкерки продольной рабочей арматуры – поперечные и распределительные стержни в зоне передачи напряжений на бетон. Технический кодекс ТКП EN1992-1-1-2009 оговаривает возможность повышения прочности анкерки за счет приварки поперечных стержней, упирающихся в бетон.

Дополнительное усилие, воспринимаемое таким соединением, определяется основным параметром крестообразного сварного стыка – классом прочности на срез SF. Эта величина рассчитывается на основе отношения номинальной прочности на срез крестообразного соединения к номинальному нормируемому временному сопротивлению рабочей арматуры. СТБ 2174 на сварные крестообразные соединений устанавливает требования, согласно которым в ненормируемых стыках (т.е. в случае установки поперечной арматуры из конструктивных соображений), необходимо чтобы поперечная арматура воспринимала не менее 30 % усилия, соответствующего временному сопротивлению рабочей арматуры, а для нормированных стыков данная величина составляет 80 %.

Однако в ТКП EN1992-1-1-2009 повышение несущей способности анкерки таким способом возможно только для стержней со схожими номинальными диаметрами – в стандарте приведены формулы для расчета анкерующей способности поперечного стержня диаметрами 14–32 мм (без уточнения диаметра рабочей арматуры), либо диаметрами ≤ 12 мм, при диаметре рабочего стержня также ≤ 12 мм. Из опыта проектирования известно, что при производстве сварных каркасов (где поперечная арматура устанавливается из конструктивных соображений) соотношение диаметров свариваемых поперечных и продольных стержней обычно принимается $\geq 0,3$. Таким образом, в стандарте не предусмотрено снижение расчетной длины анкерки для таких сварных изделий.

Ранее проведенные экспериментальные исследования наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов со сварными каркасами при различных классах прочности на срез не показали значительных расхождений в прочности и трещиностойкости элементов. Такие результаты можно объяснить совместным действием анкерующей способности поперечного стержня за точкой соединения с продольной арматурой, а также непосредственной прочностью стыка. Таким образом, можно сделать вывод о значительном влиянии на анкерку наличия шпонки, работающей в теле бетона, которая образуется за счет осадки одного арматурного стержня в другой (рис. 5).

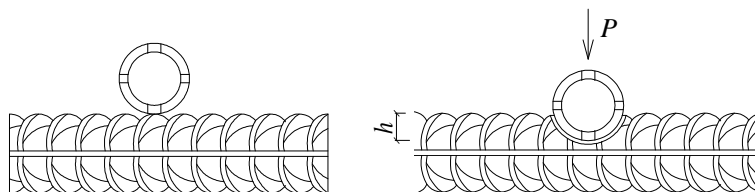


Рис. 5. Осадка стержней при сваривании

Таким образом, из представленного исследования следует, что действующие нормы при вычислении расчетной длины анкерки не охватывают всего спектра факторов, влияющих на данную величину.

В частности, имеющаяся зависимость несущей способности приваренного поперечного стержня по ТКП EN1992-1-1-2009 применима только к стыкам со схожими диаметрами поперечной и продольной арматуры. В методике СНБ 5.03.01 приведен эмпирический коэффициент α_3 , учитывающий только наличие поперечных стрежней (не менее трех на длине анкеровки) и не рассматривающий ни соотношение диаметров стрежней, ни класс прочности на срез сварного стыка.

Вывод общей зависимости влияния приваренного поперечного стержня на анкеровку продольного (за пределами диапазонов диаметров, приведенных в ТКП EN1992-1-1-2009) позволит ввести поправочный коэффициент при вычислении расчетной длины анкеровки, тем самым уменьшив ее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байков, В.Н. Железобетонные конструкции: Общий курс / В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов. – М.: Стройиздат, 1985.
2. Fu X. Improving the bond strength between steel rebar and concrete by ozone treatment of rebar and polymer addition to concrete» / Xuli Fu, D.D.L. Chung // Cement and Concrete Research. – Vol. 27, № 5. – P. 643–648.
3. Plizzari, G.A. Transverse reinforcement effects on anchored deformed bars / G.A. Plizzari, M.A. Deldossi, S. Massimo // Magazine of Concrete. – Vol. 50(2). – P. 161–177.
4. Руководство по конструированию бетонных и железобетонных конструкций их тяжелого бетона (без предварительного напряжения). – М: Стройиздат, 1978.
5. Изделия арматурные сварные для железобетонных конструкций. Технические условия: СТБ 2174-2011. – Минск: Госстандарт, 2011.
6. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий: ТКП EN 1992-1-1-2009. – Минск: Минстройархитектуры, 2010.
7. Хотько, А.А. Сцепление с бетоном и анкеровка ненапрягаемой арматуры различных видов периодического профиля: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / А.А. Хотько; Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», 2006.

УДК 624-2/9

АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА АНКЕРОВКИ ПРОДОЛЬНОЙ НЕПРЕДНАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРЫ

В.И. ЛЫМОРЕВА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.И. КОЛТУНОВ)

Рассматриваются методики расчета длины анкеровки продольной арматуры по СНиП 2.03.01-84, СНБ 5.03.01 и ТКП EN 1992-1-1-2009. Приводятся результаты вычисления расчетной длины анкеровки по представленным методикам.*

Большое количество различных факторов, влияющих на прочность анкеровки, привело к определенным трудностям при разработке расчетных зависимостей. Стоит отметить, что до сих пор не существует общих и достаточно обоснованных методик расчета анкеровки, которые учитывали бы все влияющие параметры. Проанализируем эволюцию развития требований к величине анкеровки арматуры на основании сравнения ранее действовавших и введенных норм.

Методика расчета согласно СНиП 2.03.01-84*

Продольные стержни растянутой и сжатой арматуры должны быть заведены за нормальное к продольной оси элемента сечение, в котором они учитываются с полным расчетным сопротивлением, на длину не менее l_{an} , определяемую по эмпирической формуле:

$$l_{an} = \left(\omega_{an} \frac{R_s}{R_b} + \Delta\lambda_{an} \right) d,$$

где ω_{an} , $\Delta\lambda_{an}$ – эмпирические коэффициенты; R_s – расчетное сопротивление арматуры растяжению для предельного состояния первой группы; R_b – расчетное сопротивление бетона осевому сжатию для предельного состояния первой группы; d – диаметр арматуры.

Как видно из формулы, на расчетную длину анкеровки прямо влияют только три фактора – прочность бетона, вид арматуры (гладкая/профилированная) и ее диаметр. Коэффициент ω_{an} учитывает условия работы арматуры в железобетонных конструкциях, а $\Delta\lambda_{an}$ выполняет роль коэффициента безопасности.