

УДК 624.012.45

**УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ СИСТЕМА ПОПЕРЕЧНОГО АРМИРОВАНИЯ
МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ****д-р техн. наук, проф. С.Н. ЛЕОНОВИЧ; И.И. ПЕРЕДКОВ**
(Белорусский национальный технический университет, Минск)

Представлена разработанная авторами усовершенствованная система поперечного армирования, основанная на применении пространственного арматурного каркаса. Такая форма изделия позволяет сократить временные затраты на монтаж и повысить точность позиционирования поперечной арматуры в конструкции. Предлагаемый пространственный каркас получают путем объединения отдельных гнутых деталей в единое изделие при помощи вязальной проволоки, что позволяет исключить сварные соединения. Гнутую деталь получают из стержневой арматуры, которая является широко распространенным материалом и имеет относительно невысокую стоимость. Форма гнутой детали обеспечивает сокращение расхода материала и надежную работу узла при действии расчетных нагрузок. Проанализирована возможность изготовления гнутых деталей усовершенствованной системы поперечного армирования с использованием наиболее распространенных гибочных станков.

Ключевые слова: плита перекрытия монолитная, поперечное армирование, арматура стержневая, вязанный пространственный арматурный каркас, гнутые детали, гибочные станки.

Введение. Применяемые в настоящее время изделия поперечного армирования обладают рядом недостатков, связанных с часто встречающимися дефектами сварных соединений, высокой материалоемкостью изделий, трудоемкостью и низкой точностью монтажа. Наилучшие по совокупности показателей изделия имеют высокую стоимость, для их изготовления требуется дорогостоящее специальное оборудование. Предлагаемая разработка направлена на снижение стоимости, сокращение сроков строительства и улучшение показателей качества продукции строительного комплекса. Она относится к возведению зданий с монолитным каркасом или других видов железобетонных конструкций, в которых согласно требованиям проекта необходимо выполнить установку поперечного армирования.

Строительство зданий с монолитным каркасом – одно из наиболее востребованных направлений деятельности строительной отрасли, так как данная технология позволяет получить продукцию высокого качества при наличии современных средств проектирования и производства работ. Совершенствование технологии строительства таких зданий является важнейшей научно-технической задачей.

Узел сопряжения монолитного перекрытия с колонной (торцом или углом диафрагмы жесткости) требует особого внимания при расчете и конструировании. При необеспечении его прочности происходит хрупкое разрушение бетона с высокой вероятностью дальнейшего прогрессирующего обрушения. Повреждение участка перекрытия над опорой в результате местного среза (продавливания) не сопровождается постепенным образованием трещин с ростом ширины их раскрытия и нарастанием прогиба плиты, а происходит в достаточно коротком промежутке времени. При этом вследствие перераспределения увеличиваются срезающие усилия на соседних опорах.

Таким образом, необеспечение прочности при продавливании на единственной опоре способно повлечь за собой обрушение всего диска перекрытия. Примером такой ситуации может служить обрушение конструкций чаши плавательного бассейна в г. Краснодаре 31 июля 2013 года, где при проведении гидравлических испытаний произошло продавливание днища чаши бассейна и ее последующее обрушение. Кроме того, была частично разрушена одна из стен здания. В итоге бассейн пришел в негодность, а здание спортивного комплекса было повреждено, что привело к невозможности сдачи объекта к установленному сроку.

Цель исследования – поиск конструктивного решения поперечного армирования, обладающего такими свойствами, как:

- высокая надежность узла, соответствие его конструктивного решения действующим ТНПА;
- минимально возможный расход металла;
- минимальные трудозатраты на изготовление деталей;
- минимальное время монтажа готового изделия;
- отказ от выполнения сварных соединений, дефекты которых оказывают негативное влияние на работу элемента армирования;
- снижение количества сварных соединений, выполняемых с целью формирования пространственного каркаса, качество которых не влияет на прочность конструкции;
- снижение энергетических затрат за счет отказа от выполнения сварных соединений или уменьшения их количества;
- использование местных производственных мощностей, возможность производства изделий в условиях завода и арматурного цеха непосредственно на строительной площадке.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать существующие конструктивные решения, определить их достоинства и недостатки и определить степень соответствия перечисленным выше свойствам;
- разработать изделия поперечного армирования из широко применяемых материалов с минимальной стоимостью, определить оптимальную форму изделия, позволяющую наиболее эффективно использовать прочностные свойства материала при минимальном его количестве;
- выполнить поиск конструктивного решения, позволяющего выполнить изготовление деталей несколькими различными способами, с использованием нескольких различных видов оборудования как из отгружаемого заводом-изготовителем материала, так и из отходов (обрезков), получаемых на строительной площадке;
- рассмотреть возможность армирования узла укрупненными элементами (пространственными каркасами) с целью сокращения времени монтажа;
- определить конструктивное решение детали, обеспечивающее ее работу согласно требованиям ТНПА Республики Беларусь при отсутствии сварных соединений, дефекты которых способны снизить прочность детали;
- определить наиболее эффективный способ производства изделий, размер готового изделия и заготовки с учетом удобства выполнения технологических операций по его изготовлению как в построечных условиях, так и в условиях заводского цеха.

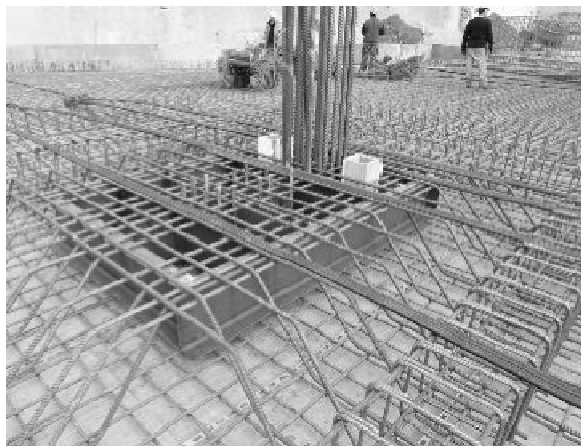
Применяемые конструктивные решения узла сопряжения монолитной плиты перекрытия с колонной (торцом или углом диафрагмы жесткости). Устройство капителей и подколонников, позволяющее в ряде случаев отказаться от установки поперечного армирования, а также переход к балочной конструктивной схеме плиты перекрытия увеличивает общую толщину конструкции, что зачастую нежелательно с точки зрения эффективности использования внутреннего объема здания, размещения инженерных коммуникаций и стоимости. Увеличение поперечного сечения колонн и утолщение плит повышает стоимость и увеличивает сроки строительства не только за счет большего расхода бетона, но также из-за более высокого собственного веса каркаса и возрастающих нагрузок на конструкции фундамента. Зависимости рекомендуемых размеров сечений элементов монолитного каркаса от величины пролета и действующей нагрузки приведены в ряде литературных источников [1] и могут быть использованы для сравнения различных вариантов конструктивного решения каркаса на начальном этапе проектирования.

Применяемые в настоящее время конструктивные решения предполагают использование в качестве поперечной арматуры плит различных сварных каркасов и изделий, изготовление и монтаж которых достаточно трудоемки. Поперечное армирование плит предполагает наличие рабочих стержней, располагаемых наклонно или вертикально в приопорных зонах, и устройств, служащих для их анкеровки. К таким устройствам могут относиться как сформированные непосредственно на подвергнутом нагреву стержне утолщения, так и привариваемые к поперечным стержням элементы в виде пластин, полос либо стержней. В первом случае для формирования высаженной головки на конце стержня необходимо специальное оборудование, которое отличается высокой стоимостью при узкой специализации и доступно лишь крупным предприятиям отрасли. Установка такого оборудования на строительной площадке не всегда возможна и целесообразна. Примером такого решения может служить система поперечного армирования Peikko PSB Reinforcement System. С учетом того, что удельный вес поперечного армирования в общем объеме арматуры на плиту относительно невелик (до 15...17%), целесообразность покупки узкоспециализированного дорогостоящего станка выглядит сомнительной тратой.

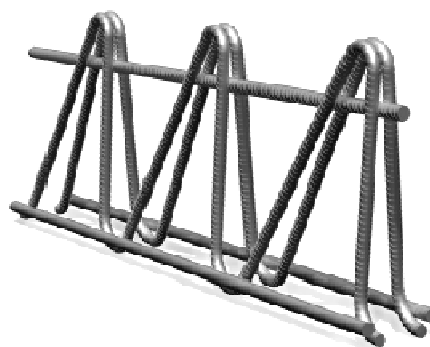
Также известны конструктивные решения, предполагающие использование в качестве поперечной арматуры плиты стальной полосы. Примером такого решения могут служить изделия Lenton Steel Fortress Punching Shear Reinforcement System. Недостатком такого решения является применение в качестве исходного материала полосы с перфорациями, являющимися концентраторами напряжений в растянутом элементе в случае некачественной обработки кромок отверстия. Кроме того, стоимость такого изделия повышается относительно аналогичного, изготовленного из арматуры периодического профиля. Также недостатком подобной системы выступает затрудненный монтаж при большом количестве стержней продольной арматуры в растянутой зоне плиты над опорой. Анкеровка нижних петель элементов армирования недостаточна ввиду отсутствия их непосредственного закрепления к стержням арматуры сжатой зоны у опоры.

Готовые изделия (рисунок 1) имеют высокую стоимость, поэтому проектировщики и производители работ применяют аналог в виде стержней с приваренными на концах квадратными пластинами либо полосами. Приварка стержня поперечной арматуры для обеспечения высокой прочности стыка должна выполняться в раззенкованные отверстия полос и пластин, но зачастую такая схема крепления упрощается без ведома проектировщика до приварки встык, что негативно сказывается на фактической прочности изделия.

Применяют также плоские арматурные каркасы, в которых для анкерки используют поперечно приваренный стержень большего диаметра. Данные решения достаточно экономичны и просты в изготовлении в сравнении с изделиями типа Peikko, Lenton или Halfen, однако фактическое качество сварных соединений зачастую можно охарактеризовать как крайне низкое, что не позволяет говорить о работе стержня поперечного армирования с его расчетным сопротивлением.



а



б



в



г

Peikko CUBO column cap (а) – сварное изделие из пластин и швеллеров;
Lenton Steel Fortress (б) – гнутые пластины с перфорациями;
Halfen Filigran FDB II (в) – пространственный каркас на основе гнутых стержней;
Peikko PSB (г) – изделия с высаженными головками

Рисунок 1. – Поперечное армирование, готовые изделия заводского изготовления

Исследования эффективных способов армирования монолитных железобетонных дисков перекрытий в зоне опирания на колонны выполняются сотрудниками кафедры «Железобетонные конструкции» БНТУ, что отмечено рядом публикаций [2–4].

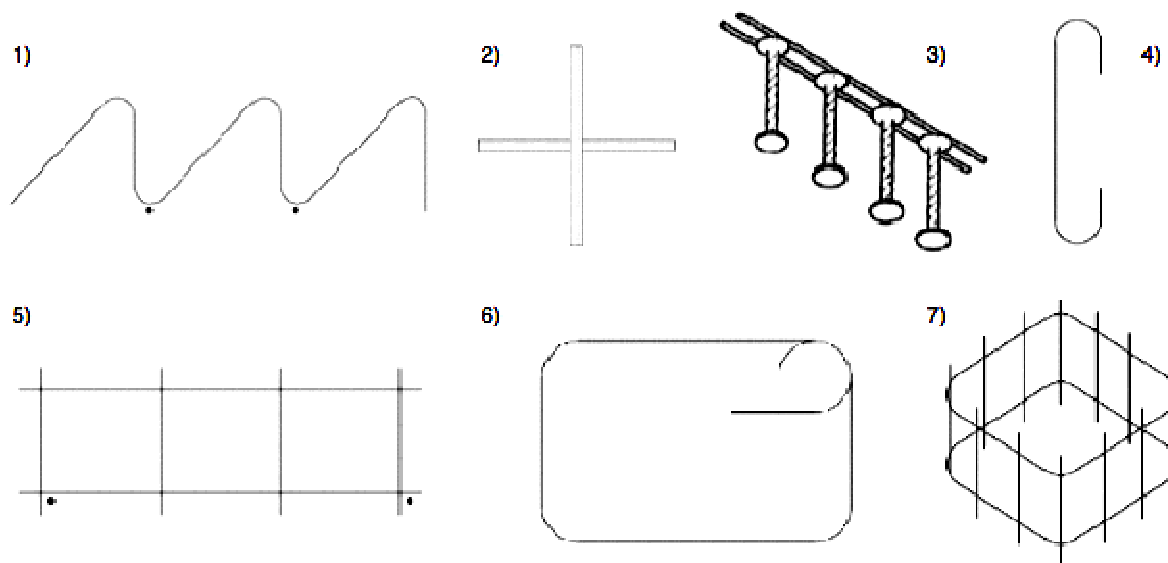
Разработана классификация систем поперечного армирования по следующим признакам [4]:

- согласно применяемым материалам – с применением жесткой арматуры и без нее;
- согласно схеме армирования – направленные и ненаправленные;
- по схеме расположения дополнительной поперечной арматуры – с дополнительным поперечным армированием в радиальном направлении и дополнительным балочным армированием.

Выделены следующие основные виды систем:

- элементы с жесткой арматурой в виде прокатных профилей;
- единичные или сгруппированные вертикальные стержни;
- хомуты;
- плоские каркасы;
- пространственные каркасы.

Авторами [4] выполнен расчет и сравнение семи вариантов поперечного армирования, среди которых (рисунок 2): гнутые стержни – змейки; жесткая арматура – швеллеры; стержни с высаженными головками; отдельные стержни; хомуты; плоские каркасы; пространственные каркасы.



1 – гнутые стержни-змейки; 2 – жесткая арматура – швеллера;
3 – стержни с высаженными головками; 4 – отдельные стержни;
5 – хомуты; 6 – плоские каркасы; 7 – пространственные каркасы

Рисунок 2. – Виды поперечного армирования в сравнении [4]

На основании выполненного сравнения сформулированы следующие *выводы*:

- самыми экономичными вариантами армирования оказались стержни с высаженными головками, гнутые стержни – «змейки», плоские каркасы и пространственные каркасы;
- самым неэкономичным вариантом оказался вариант армирования жесткой арматурой и хомутами;
- сравнивались различные варианты армирования узлов лишь по расходу поперечной арматуры, без учета продольного армирования, что в случае с применением жесткой арматуры существенно увеличило бы расход металла;
- в стоимость строительства входит не только стоимость металла, а также стоимость производства изделия и их монтажа. Исходя из этой позиции, стержни с высаженными головками менее экономичны, а установка отдельных стержней и хомутов усложняет монтаж, что ведет к существенному удорожанию стыка;
- самым экономичным вариантом, с учетом всех аспектов, является вариант армирования гнутыми стержнями – «змейками».

Независимо от авторов приведенных выше публикаций, аналогичные выводы были сделаны авторами данной работы в декабре 2014 года в процессе поиска более совершенного способа поперечного армирования плит перекрытия группы многоквартирных домов.

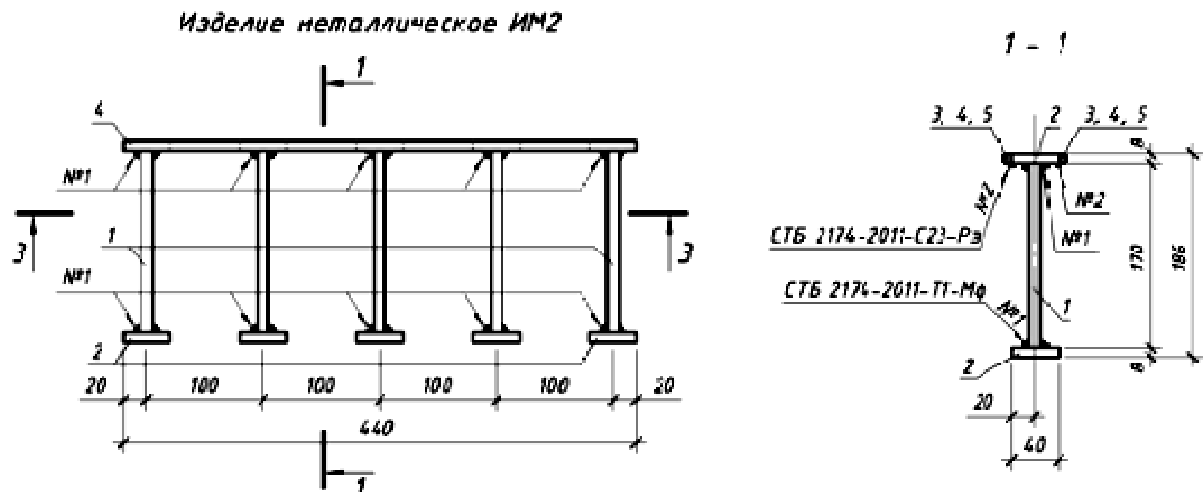
Опыт авторского надзора за строительством позволил выявить недостатки:

- высокий процент брака (рисунок 3) широко применяемых сварных изделий (каркасы и другие детали);
- кроме того, распространенной проблемой оказалась сложность правильного позиционирования поперечной арматуры при густом верхнем армировании;
- плоские же сварные каркасы зачастую не были установлены вертикально.

Указанные недостатки были отмечены в журналах авторского надзора вместе с предложениями по их устранению.

Существовавший опыт применения гнутых изделий («змеек», [4]) на ряде объектов в городе Минске показал высокую сложность вязки армирования, так как анкеровка вертикальных стержней «змеек» выполнялась путем зацепления их за нижнее и верхнее продольное армирование. В данном случае особенно важно выполнить установку элементов армирования плиты в правильной последовательности. При нарушении данной последовательности монтаж поперечной арматуры значительно усложняется.

Таким образом, с учетом всех перечисленных факторов авторами данной работы была предложена усовершенствованная система поперечного армирования, описанная далее.



1 – вид изделия согласно проекту (вверху);
2 – дефекты сварных соединений (внизу)

Рисунок 3. – Дефекты сварных соединений в изделиях

Выбор материала и формы плоского изделия усовершенствованной системы поперечного армирования. Анализ существующих решений показал, что оптимальным материалом для поперечного армирования является стержневая арматура диаметром от 10 до 12 мм, согнутая в плоское либо пространственное изделие. Данный материал широко распространен, в качестве заготовок для гнутья могут использоваться, в том числе, обрезки мерной арматуры, которые образуются на строительной площадке в значительном количестве.

Форма сгиба должна отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать позиционирование вертикальных стержней поперечного армирования в соответствии с проектом;
- обеспечивать возможность надежной анкеровки поперечного армирования;
- учитывать то, что сгиб стержней должен выполняться не под прямым углом с минимальной кривизной изгиба, а вокруг цилиндрической оправки гибочного станка;
- обеспечивать возможность изготовления деталей на различных станках (ручных типа СГА из отдельных стержней, автоматических с ЧПУ из стержней и арматуры в бухтах);
- быть оптимальной по расходу материала;
- быть универсальной и позволять изготавливать детали различных типоразмеров без коренного изменения формы деталей или заготовок;
- способствовать технологичности монтажа.

Авторами выполнен анализ различных форм сгиба для плоского изделия, в том числе рассмотрена форма, предложенная в [4]. Оптимальной на данном этапе исследований оказалась форма сгиба, показанная на рисунке 4. Критериями оценки качества той или иной формы явились: расход материала; технологичность процесса производства; возможность соблюдения требований ТНПА в области изготовления арматурных изделий; соответствие изложенным в ТНПА положениям по расчету и конструированию поперечного армирования.

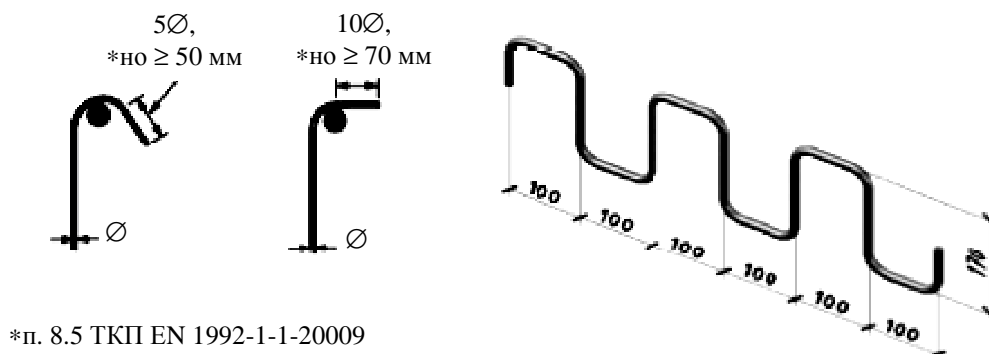


Рисунок 4. – Форма плоского гнутого изделия и некоторые требования к анкеровке

В первом приближении предполагалось выполнить анкеровку петель плоских изделий путем зацепления за дополнительные анкерующие стержни снизу и навеску на продольную верхнюю арматуру плиты. Для реализации такого решения разработан комплект документации на поперечное армирование плиты перекрытия многоквартирного жилого дома с детальной проработкой узлов (рисунки 5, 6). Выполнено сравнение расхода металла на поперечное армирование плиты типового этажа для данного варианта. В качестве конкурирующего решения рассматривались сварные изделия с приваренными квадратными пластинами (так называемые «самодельные дехи»). Вариант армирования гнутыми изделиями оказался экономичнее по расходу материала на 18%.

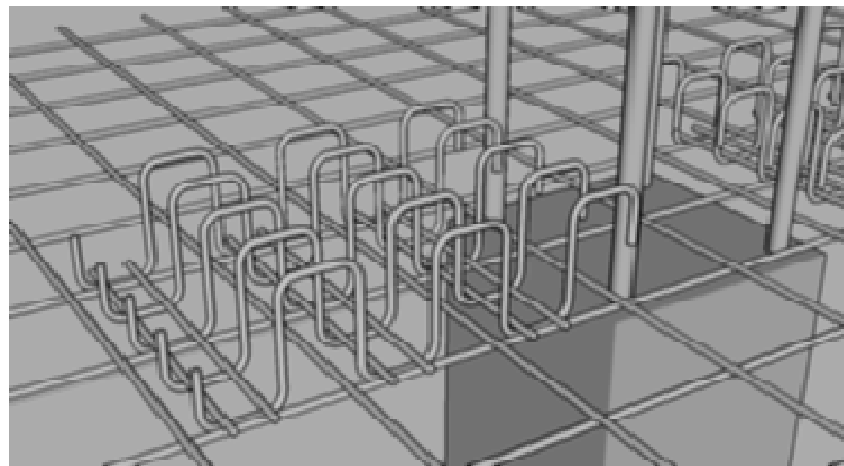
Опыт армирования плиты типового этажа гнутыми изделиями показал их экономичность. Предложено объединить ряд плоских изделий в пространственный каркас, перевязав их с нижними анкерующими стержнями или приварив дополнительные поперечные стержни на концах крайних крюков, если вязаный каркас не будет иметь достаточную прочность и жесткость.

Для того чтобы определить фактическую прочность вязаного пространственного каркаса, необходимость приварки каких-либо стержней или принятия каких-либо иных мер для подачи изделия к месту монтажа без повреждений, в состоянии, соответствующем всем требованиям, были изготовлены образцы изделий. Далее с учетом опыта изготовления образцов и в целях облегчения монтажа была скорректирована их форма, выявлены типичные ошибки при производстве гнутых деталей и намечены дальнейшие шаги по совершенствованию системы поперечного армирования.

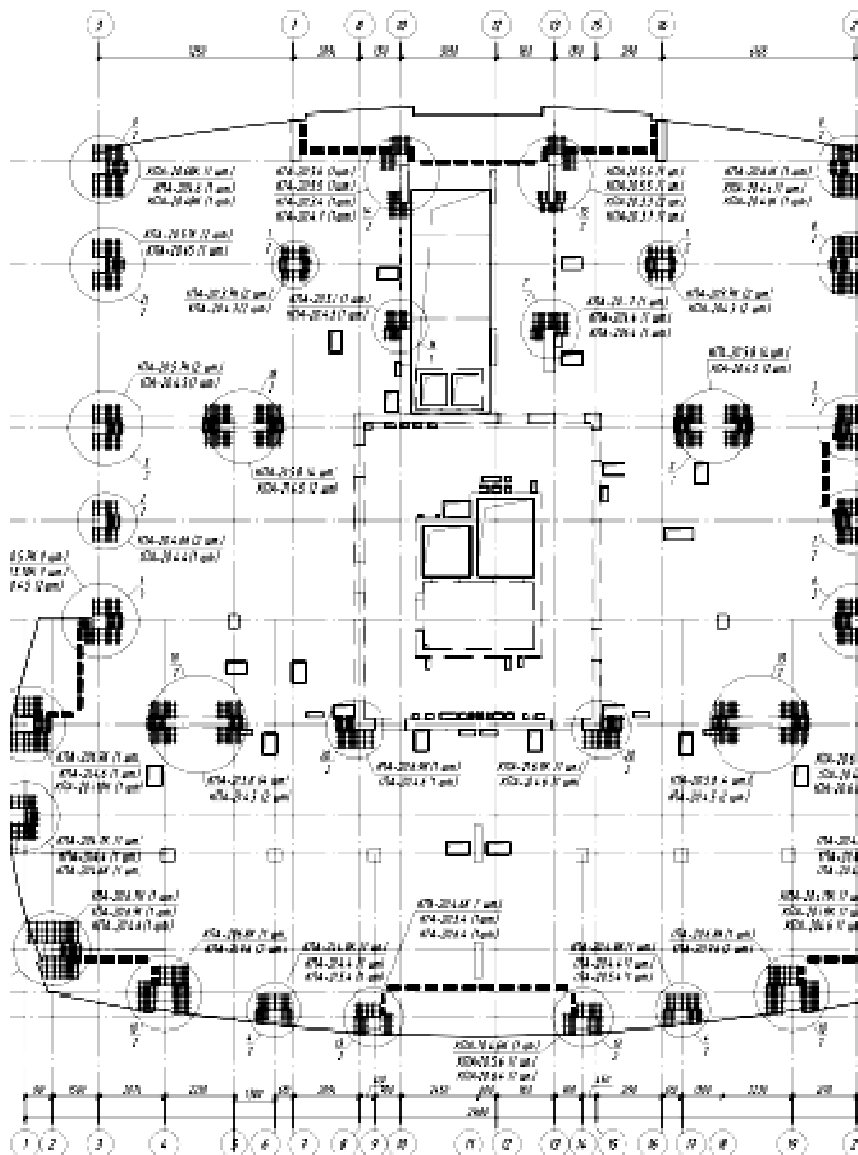
Разработка формы пространственного каркаса. Для сокращения сроков монтажа и более точного позиционирования поперечной арматуры целесообразно объединить гнутые изделия в пространственный каркас. Предполагается изготовление пространственных каркасов в заводских условиях либо в арматурном цехе строительной площадки путем вязки из отдельных деталей. Далее выполняется подача изделий к месту монтажа. Во время всех манипуляций с пространственными каркасами должна быть обеспечена их достаточная прочность и жесткость, при этом желателен отказ от сварки или максимальное возможное сокращение ее количества.

На начальном этапе разработки системы предполагалось выполнить анкеровку поперечной арматуры каркаса путем установки анкерующих стержней в нижней части и навески на верхнюю продольную арматуру (см. рисунок 6). Данный способ оптимален с точки зрения расхода материала, количества конструктивно устанавливаемых стержней, однако при такой форме каркаса необходимо строго соблюдать очередность монтажа арматуры плиты. В случае если все плоские изделия сориентированы в одном направлении (как показано на схеме, представленной на рисунке 5), очередность монтажа будет следующей:

- нижняя арматура обоих направлений;
- лягушки и маячные стержни;
- верхняя арматура первого направления основная;
- пространственные каркасы поперечного армирования;
- верхняя дополнительная арматура первого направления;
- верхняя арматура второго направления;
- прочие детали.



a



б

Рисунок 5. – Принципиальный вид пространственного каркаса поперечного армирования (*a*) и схема расстановки каркасов плиты типового этажа жилого многоквартирного дома (*б*)

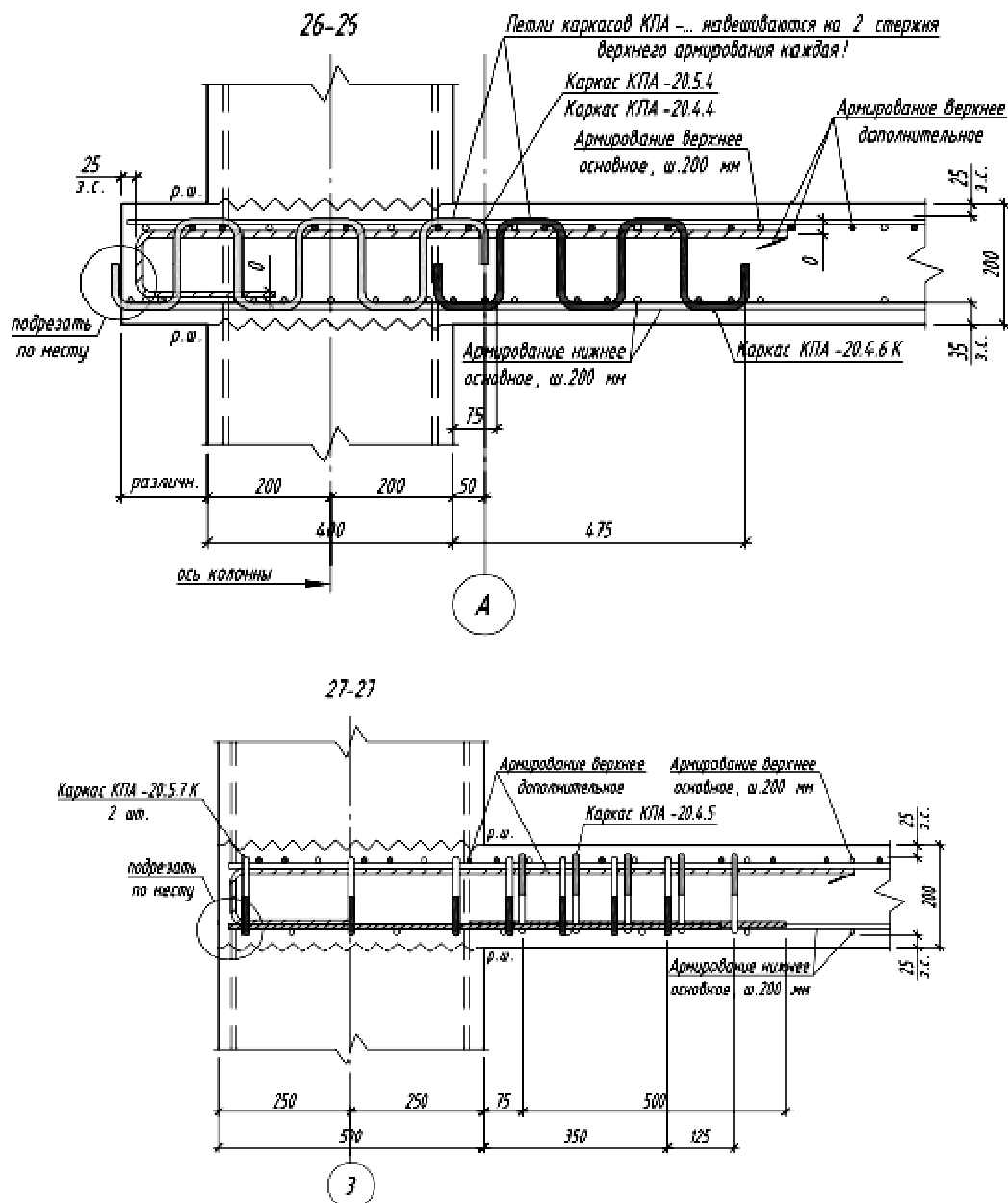


Рисунок 6. – Узел поперечного армирования плиты перекрытия типового этажа

В случае если пространственные каркасы ориентированы в обоих направлениях, очередность монтажа дополнительно усложняется, возникает необходимость пропускать часть верхней арматуры внутрь петель каркаса поперечного армирования. Следует заметить, что данные операции вполне выполнимы в построечных условиях, но требуют от производителя работ точного соблюдения очередности монтажа. С высокой долей вероятности можно прогнозировать возникновение ошибок монтажа на первых плитах, которые способны сформировать ложное негативное мнение о предлагаемой системе поперечного армирования.

Ввиду общей высокой экономичности системы и того, что добавление нескольких анкерующих арматурных стержней лишь незначительно увеличивает расход стали, принято решение отказаться от анкерки зацеплением за продольную арматуру.

Данное изменение в конструкции каркаса позволило:

- выполнять монтаж пространственных каркасов между операциями по установке нижнего и верхнего продольного армирования, не разбивая при этом установку верхней продольной арматуры на дополнительные этапы;
- свободно раскладывать верхнее армирование без необходимости пропуска стержней в петли каркасов;

- ориентировать каркасы в одном или двух направлениях по желанию проектировщика без усложнения монтажа;
- при нечетном количестве периметров каркас симметричен, при регламентированном положении критических периметров в плане его можно перевернуть по месту для увязки с другими деталями;
- наличие верхних и нижних анкерующих стержней, подвязываемых на стадии изготовления каркаса, повышают его прочность и жесткость и обеспечивают его надежность при транспортировании;
- при изготовлении деталей рабочими арматурного цеха предложено получить исходное изделие изгибом в 2 плоскостях (рисунок 7), что привело к еще большему упрочнению и увеличению жесткости пространственного каркаса, повышению его устойчивости в проектном положении и полному отказу от сварки при равнозначных трудозатратах на изготовление.

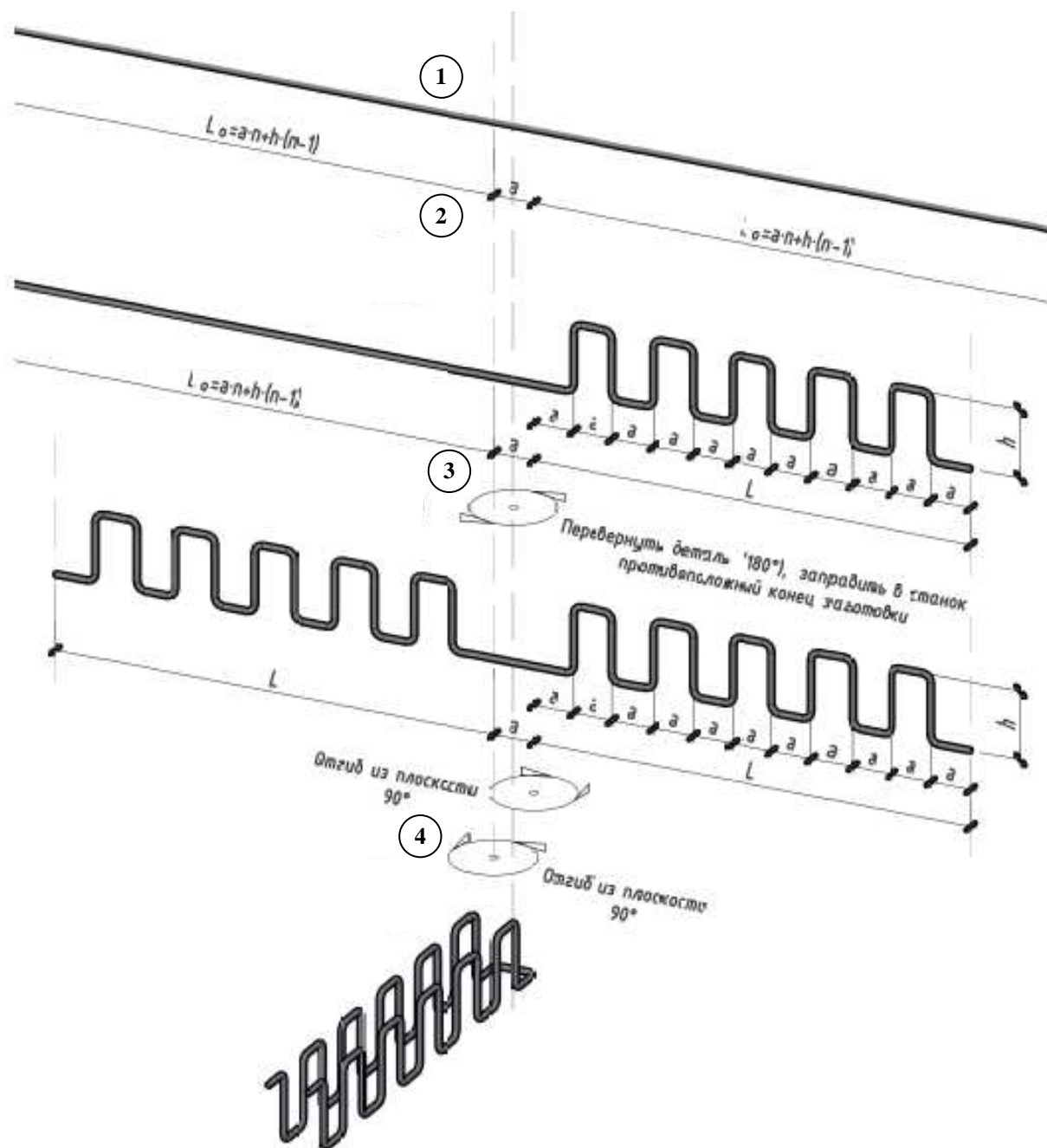


Рисунок 7. – Последовательность изготовления исходного гнутого изделия

Таким образом, исходное изделие приобрело вид, как показано на рисунке 7, расположение каркаса (рисунок 8) относительно прочих элементов армирования – между верхней и нижней вязаными сетками (рисунок 9).

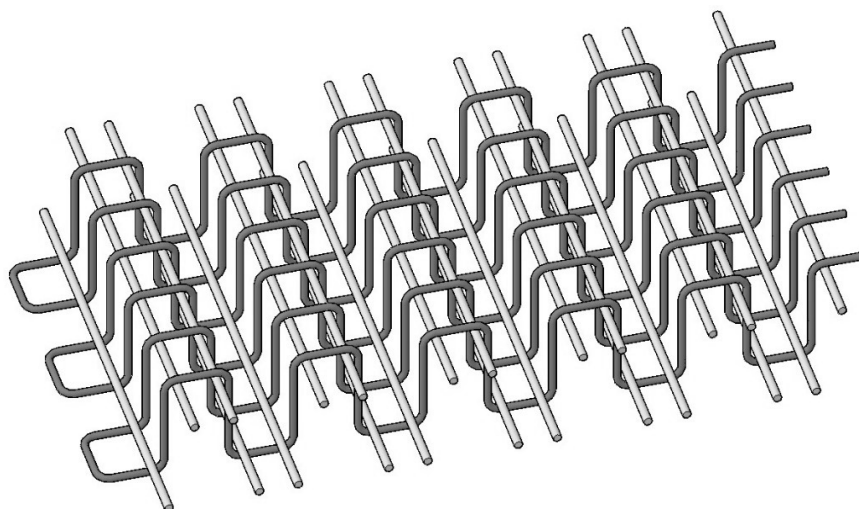


Рисунок 8. – Общий вид вязаного пространственного каркаса

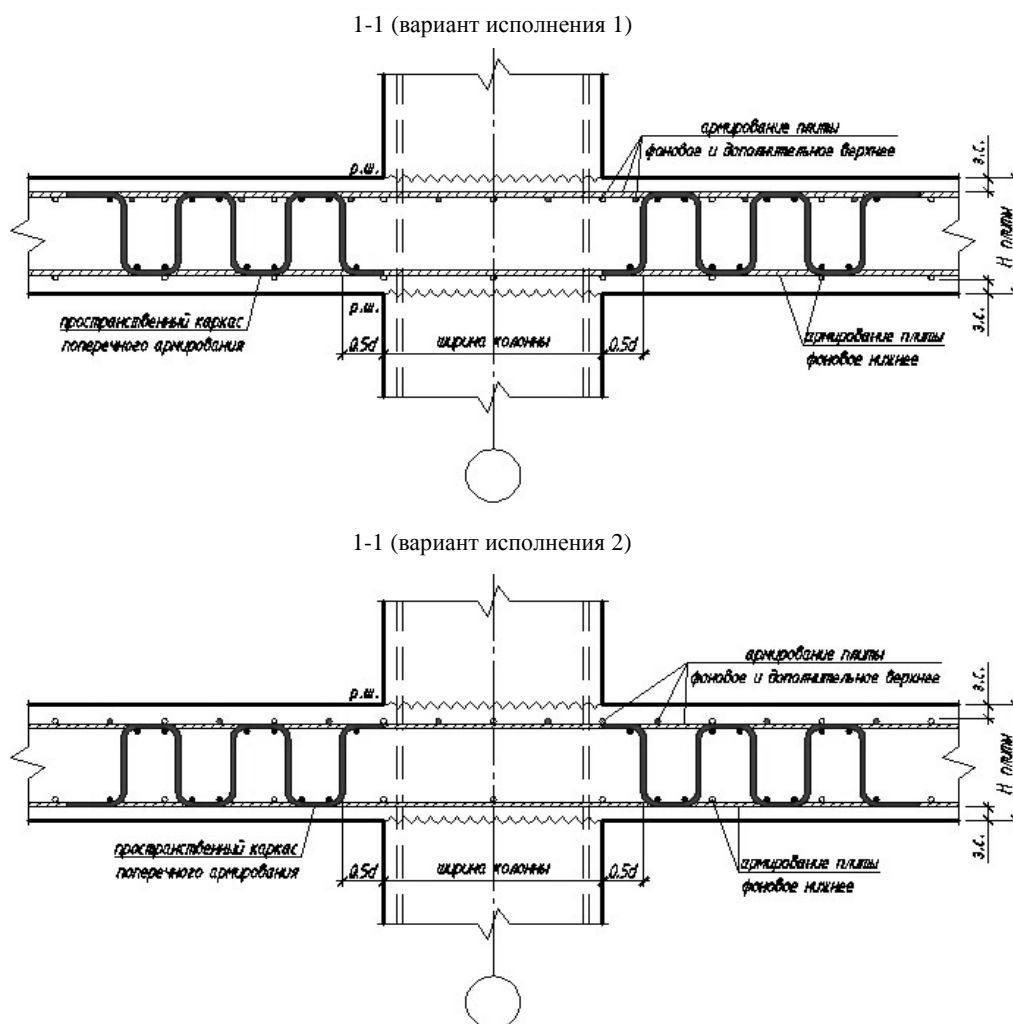


Рисунок 9. – Каркасы поперечного армирования в зоне сопряжения плиты и колонны

Для унификации типоразмеров гнутых изделий и наиболее удобного монтажа рекомендуется принять расположение сеток плиты по рисунку 9. Такое решение позволяет также унифицировать детали обрамления и гнутые стержни (П-образные и Г-образные), что значительно упрощает конструирование, производство деталей и монтаж.

Как было сказано выше, при нечетном количестве периметров поперечной арматуры пространственный каркас симметричен, поэтому рекомендуется в процессе проектирования округлять количество периметров поперечного армирования в большую сторону, до ближайшего нечетного. Увеличение расхода стали на поперечное армирование можно нивелировать сокращением количества верхней продольной арматуры, если она устанавливается для обеспечения прочности при местном срезе.

Изготовление гнутых изделий

Для обеспечения проектной прочности поперечной арматуры необходимо соблюдать следующие требования к ее изготовлению:

- гибка арматуры должна выполняться вокруг цилиндрических оправок радиусов, указанных в проектной документации, сгиб арматуры без радиуса со смятием и охрупчиванием металла внутри сгиба не допускается;

- не допускается нагрев (отпуск) арматурного стержня или любое другое воздействие, изменяющее его физико-механические свойства;

- процесс производства гнутых арматурных изделий должен отвечать требованиям действующих ТНПА.

Последовательность операций по сгибу заготовки на ручном станке типа СГА показана на рисунке 7. Для точного соблюдения геометрии целесообразно выполнить разметку на рабочей плоскости, непосредственно на стержне или изготовить специальный шаблон.

Наиболее технологичным видится производство плоских заготовок для деталей на гибочных станках с блоком ЧПУ в заводских условиях и импортом параметров заготовки из ВМ-модели. Изгиб во второй плоскости выполняется на станке типа СГА. Такой способ производства деталей обладает всеми преимуществами поточного способа организации производства: имеет высокую степень автоматизации, повышается производительность труда и качество изделий, сокращаются трудозатраты, повышаются темпы строительства. Пригодное для такого способа производства оборудование установлено на ряде заводоизготовителей железобетонных конструкций и изделий в Беларуси, подвернутых модернизации.

Следует отметить, что станки типа Pedax, Stema, Schnell, Мер и другие пригодны для производства большинства гнутых арматурных изделий (П- и Г-образные стержни, шпильки, хомуты и т.д.), имеют высокую производительность и стоимость. При небольших объемах строительства данное оборудование избыточно по своим характеристикам и неоправданно дорого.

Точность геометрии гнутых изделий при производстве на станках типа СГА зависит в первую очередь от квалификации рабочего персонала. Так, при производстве образцов деталей значительный процент изделий, изготовленных различными организациями, имел недопустимые дефекты геометрии, которые не позволили бы установить такую деталь по месту (рисунок 10). В то же время уровень мастерства отдельных рабочих оказался достаточным для производства деталей и более сложных форм (рисунок 11). Даже с учетом отладки процесса, подготовки рабочими вспомогательных приспособлений типа шаблонов можно говорить о том, что лишь немногие производители способны получить изделия надлежащего качества на стандартном оборудовании.

Изделия, полученные на станке Pedax Twinmaster (рисунок 12), имели некоторые отклонения от проектных геометрических размеров. Данные дефекты обусловлены колебаниями выходящей из станка детали. Для их устранения необходимо опытным путем определить оптимальную скорость подачи стержня, выполнить отладку процесса гибки.

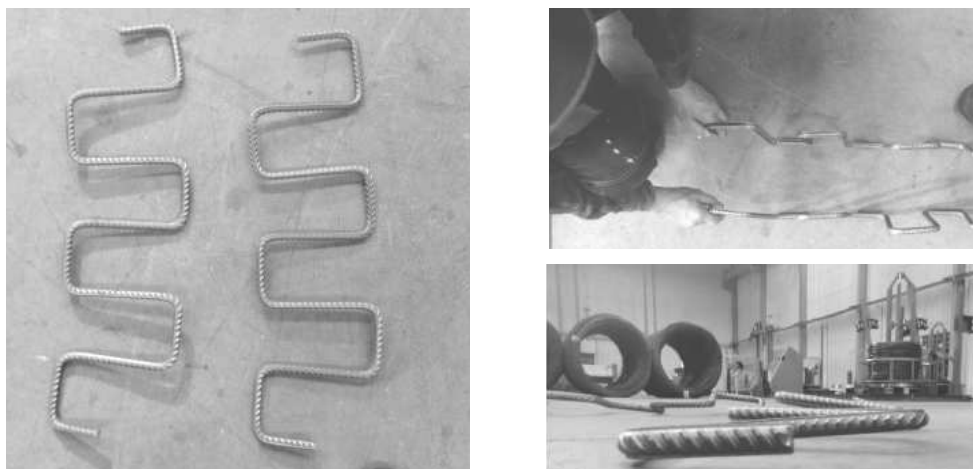


Рисунок 10. – Гнутые изделия с дефектами геометрии, полученные на станке типа СГА

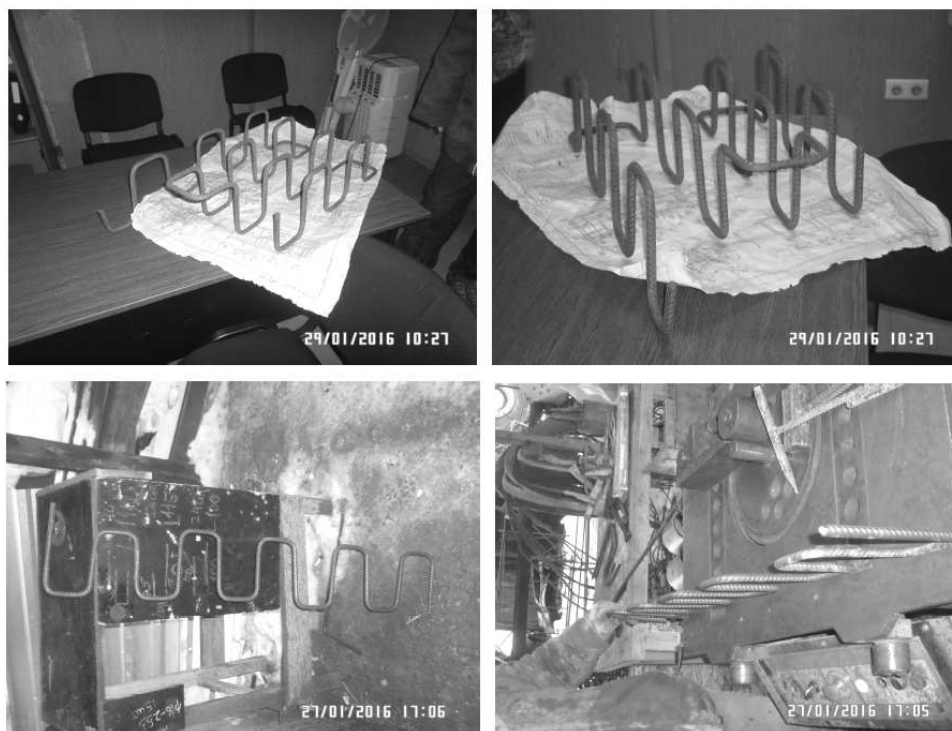


Рисунок 11. – Плоские и пространственные гнутые изделия с допустимыми отклонениями от геометрических размеров, полученные на станке типа СГА

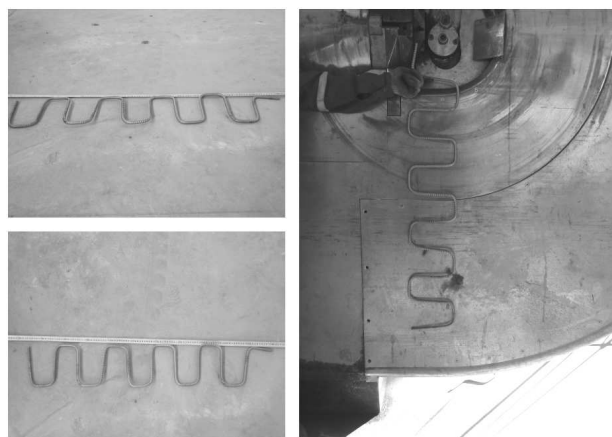


Рисунок 12. – Гнутые изделия с дефектами геометрии, полученные на станке Pedax Twinmaster (данные отклонения могут быть устранены путем точной настройки станка)

При всех достоинствах предложенной системы (высокая надежность, экономичность, отсутствие сварных соединений, простота монтажа) производство деталей на практике оказывается достаточно сложной задачей. Учитывая, что качество гнутых элементов зачастую не соответствует предъявляемым требованиям, необходимо разработать комплексное решение, позволяющее повысить качество как производимых изделий в данный момент, так и производимых в будущем. Используя технологию точной обработки арматурного стержня, возможно производство различных закладных изделий, в том числе для устройства деформационных швов, узлов сопряжения в монолитных конструкциях при опережающем бетонировании и т.д.

На современном этапе наиболее рациональными решениями проблемы повышения качества гнутых арматурных изделий являются:

- централизованное производство арматурных изделий на предприятиях, оснащенных современным оборудованием, удовлетворяющим техническим условиям производства;
- разработка отечественного оборудования, имеющего невысокую относительно зарубежных аналогов стоимость и производительность, оптимальную для использования его при небольших объемах строительства.

Заключение.

Разработанная авторами усовершенствованная система поперечного армирования обладает следующими свойствами:

- высокой надежностью узла сопряжения монолитной плиты с колонной (торцом или углом диафрагмы), что обеспечивается конструкцией деталей и отсутствием подверженных дефектам сварных соединений;
- уменьшенным относительно применяемых в настоящее время решений расходом стали, что подтверждено сравнительным расчетом;
- снижением трудозатрат на изготовление деталей за счет отсутствия сварки и возможности применения универсального высокопроизводительного оборудования;
- сниженным временем монтажа деталей, что достигается применением объемных каркасов;
- снижением энергетических затрат за счет отказа от выполнения сварных соединений;
- использованием местных производственных мощностей, возможностью производства изделий в условиях завода (наиболее целесообразно – на автоматических станках) и арматурного цеха непосредственно на строительной площадке (при высокой квалификации рабочих на станках типа СГА или на другом оборудовании).

Цель дальнейших исследований – *подготовка усовершенствованной системы поперечного армирования к широкому ее применению* – может быть достигнута путем оптимизации процесса производства деталей, поиска и устранения не выявленных на данном этапе исследований недостатков системы, разработки документации для проектирования конструкций с поперечным армированием и производства работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Economic concrete frame elements to Eurocode 2 / С.Н. Goodchild [et al]. – МРА : The Concrete Centre, 2009. – 182 p.
2. Пецольт, Т.М. Напряженно-деформированное состояние узла сопряжения монолитных дисков перекрытия с колоннами / Т.М. Пецольт, Е.А. Козловский // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 12-й междунар. науч.-техн. конф. Т. 2. – Минск : БНТУ, 2014. – С. 255.
3. Рак, Н.А. Оценка надежности методов расчета железобетонных элементов с поперечной арматурой при продавливании / Н.А. Рак, С.Ю. Тамкович // Строительная наука и техника. – 2011. – № 6. – С. 15–20.
4. Козловский, Е.А. Эффективные способы армирования монолитных железобетонных дисков перекрытий в зоне опирания на колонны / Е.А. Козловский // Современные проблемы внедрения европейских стандартов в области строительства : материалы науч.-метод. конф., Минск, 27–28 мая 2014 г. : в 2 ч. Ч. 1 / редкол.: В.Ф. Зверев, С.М. Коледа, С.Н. Делендик. – Минск : БНТУ, 2015. – С. 74–79.

Поступила 11.05.2017

**THE IMPROVED CROSS-REVERSING SYSTEM
OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE PLATES**

S. LEONOVICH, I. PEREDKOV

The developed advanced cross-reinforcement system based on the use of a spatial reinforcement skeleton is given. This form of the product allows to reduce time costs for installation and improve the accuracy of positioning the transverse reinforcement in the structure. The proposed spatial frame is obtained by combining individual bent parts into a single product with the help of a knitting wire, which allows to exclude welded joints. The bent part is made from rod reinforcement, which is a widespread material and has a relatively low cost. The shape of the bent part ensures a reduction in material consumption and reliable operation of the unit under the action of design loads. Pro-analyzed the possibility of manufacturing bent parts of an advanced cross-reinforcement system using the most common bending machines.

Keywords: *monolithic slab, transverse reinforcement, reinforcement rod, woven spatial reinforcing cage, the zone mate, bending parts, bending machines.*