

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-4-314-322>

УДК 621.315

Железобетонные стойки стенового безопалубочного формования для опор воздушных линий 0,4–10 кВ

Канд. техн. наук, проф. П. Т. Мирзаев¹⁾, докторант З. П. Шамансурова¹⁾

¹⁾Ташкентский архитектурно-строительный институт (Ташкент, Республика Узбекистан)

© Белорусский национальный технический университет, 2022
Belarusian National Technical University, 2022

Реферат. Применение технологии стенового безопалубочного формования для изготовления железобетонных конструкций дает возможность вести индустриальное строительство в соответствии с требованиями современных нормативных документов. Это позволяет разработку проектов выполнять индивидуально, а производство за короткий срок переналадить в соответствии с возникающими потребностями. В статье рассмотрена возможность применения железобетонных стоек, производимых по технологии стенового безопалубочного формования, для опор воздушных линий 0,4–10 кВ. Конструкции таких опор разработаны на типовой базе номенклатуры изделий. Решена задача по установлению минимального количества (двух) поперечных сечений с различными геометрическими размерами для всех марок предлагаемых стоек при соблюдении эксплуатационных требований и технологических условий производства. Поперечные сечения стоек, изготовленных по стеновой безопалубочной технологии, представляют собой трапеции, у которых размеры верхних оснований меньше нижних, что способствует сохранению формы свежесформованного бетона. Для стоек длиной до 11,0 м предложено сплошное поперечное сечение с гранями трапеции: $h = 245$ мм; $b = 150$ мм (верхняя); $b_1 = 180$ мм (нижняя). В средней части поперечного сечения стоек длиной от 11,0 до 16,4 м имеется полость по всей длине стойки. Размеры граней стойки: $h = 300$ мм; $b = 205$ мм; $b_1 = 235$ мм. Технология стенового безопалубочного формования предусматривает армирование предварительно напряженных конструкций высокопрочной проволочной или канатной арматурой. Предлагаемые стойки армируются стержнями напрягаемой проволочной арматуры диаметром 5 мм класса Вр1400, поэтому предусматривается проектирование стоек без образования трещин в теле бетона при эксплуатации. Проволочная арматура располагается группами во всех угловых участках поперечного сечения стойки с равным количеством проволоки в каждой группе с учетом технологических особенностей стенового безопалубочного формования. На предлагаемое поперечное сечение полых стоек, производимых стеновым безопалубочным формованием, для опор воздушных линий напряжением 0,4–10 кВ получен патент на полезную модель в Агентстве по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Качественные характеристики стоек опор воздушных линий – это низкая материалоемкость, универсальность, технологичность, кроме того, инновационность, поскольку связаны с конструированием, изготовлением и испытанием опытных изделий для использования конкретными потребителями, т. е. с коммерциализацией.

Ключевые слова: геометрия конфигурации поперечного сечения, напрягаемая проволочная арматура, прочность, трещиностойкость, схемы армирования, низкая материалоемкость, универсальность, технологичность

Для цитирования: Мирзаев, П. Т. Железобетонные стойки стенового безопалубочного формования для опор воздушных линий 0,4–10 кВ / П. Т. Мирзаев, З. П. Шамансурова // *Наука и техника*. 2022. Т. 21, № 4. С. 314–322. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-4-314-322>

Reinforced Concrete Posts Made by Long-Line Formwork-Free Shaping for 0.4–10 kV Overhead Line Supports

P. T. Mirzaev¹⁾, Z. P. Shamansurova¹⁾

¹⁾Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering (Tashkent, Republic of Uzbekistan)

Abstract. When using the technology of long-line formwork-free shaping for the manufacture of reinforced concrete structures, industrial engineering can be conducted in accordance with the requirements of modern regulatory documents.

Адрес для переписки
Мирзаев Пулат Таджиевич
Ташкентский архитектурно-строительный институт
ул. Янги шахар, 9,
100206, г. Ташкент, Республика Узбекистан
Тел.: +998 93 391-75-18
pulatmirza@mail.ru

Address for correspondence
Mirzaev Pulat T.
Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering
9, Yangi Shaxar str.,
100206, Tashkent, Republic of Uzbekistan
Tel.: +998 93 391-75-18
pulatmirza@mail.ru

This allows projects to be developed individually, and production lines can be readjusted in a short time in accordance with emerging needs. In this regard, the possibility of using reinforced concrete posts produced by the technology of long-line formwork-free shaping for 0.4–10 kV overhead line supports is being considered. The designs of such supports are developed on the standard basis of the product range. The problem of establishing the minimum number (two) of cross-sections with different geometric dimensions for all brands of the offered posts is solved, subject to the operational requirements and technological specifications of production. The cross-sections of the proposed posts represent trapeziums, with the dimensions of the upper bases smaller than the dimensions of the lower bases in order to maintain the shape of the freshly formed concrete body of the posts made using long-line formwork-free shaping technology. For posts up to 11.0 m long, a solid cross-section with trapezoid edges is proposed: $h = 245$ mm; $b = 150$ mm (an upper base); $b_1 = 180$ mm (a lower base). In the middle part of the cross-section of posts with a length of 11.0 to 16.4 m there is a cavity along the entire length of the posts. Cross-sectional dimensions of such posts are $h = 300$ mm; $b = 205$ mm, $b_1 = 235$ mm. Long-line formwork-free shaping technology provides for the reinforcement of prestressed structures with high-strength wire or rope reinforcement. The proposed posts are reinforced with 5Bp1400 rods, therefore, during their operation, the formation of cracks in the tensile zone of concrete is not foreseen. The rods are located in groups at all corner sections along the cross-section of the post with an equal number of rods in each group, taking into account the technological features of the long-line formwork-free shaping. For the proposed cross-section of hollow posts, produced by long-line formwork-free shaping for 0.4–10 kV overhead line supports, a patent for utility model has been obtained from the Agency for Intellectual Property of Uzbekistan. Qualitative characteristics of the posts for overhead line supports are low material consumption, versatility, manufacturability, innovation, which lies in the fact that their implementation is associated with the design, manufacture and testing of experimental products for use by specific consumers, i. e. with the commercialization.

Keywords: cross-section configuration geometry, stressed wire reinforcement, strength, crack resistance, reinforcement schemes, low material consumption, versatility, manufacturability

For citation: Mirzaev P. T., Shamansurova Z. P. (2022) Reinforced Concrete Posts Made by Long-Line Formwork-Free Shaping for 0.4–10 kV Overhead Line Supports. *Science and Technique*. 21 (4), 314–322. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-4-314-322> (in Russian)

Введение

При проектировании и строительстве линий электропередачи благодаря современным технологиям уменьшаются затраты на их сооружение и эксплуатацию, увеличиваются сроки службы и надежность строительных конструкций, сокращается число их отказов. Это, в свою очередь, уменьшает материальные потери потребителей от недополучения электроэнергии [1].

Технология изготовления железобетонных конструкций стендовым безопалубочным формованием является прогрессивной, ее применяют в строительной индустрии экономически развитых стран. Благодаря такой технологии индустриальное строительство ведется в соответствии с требованиями современных нормативных документов, позволяющих в том числе разрабатывать индивидуальные проекты, а производство конструкций за короткое время можно переориентировать под потребности заказчика. То есть на одной и той же технологической линии можно выпускать разные конструктивные элементы зданий и сооружений.

Особенности производства конструкций безопалубочного формования – отсутствие поперечной арматуры, сеток, косвенного армирования в торцах, выпусков арматуры, строповочных петель. Например, на изготовление одного погонного метра многопустотных плит перекрытий методом стендового безопалубочного формования металла требуется в 2,5 раза меньше в сравнении с традиционной схемой агрегатно-поточной технологии [2].

В Узбекистане налажено производство предварительно напряженных многопустотных плит перекрытий, изготавливаемых на линиях стендового безопалубочного формования, что позволяет расширить спектр продукции. Наиболее целесообразно на стендах безопалубочного формования производить железобетонные конструкции, отвечающие следующим требованиям:

- изделие должно быть длинномерным, например, балки, плиты, сваи и т. д.;
- размеры поперечного сечения изделия исходя из технологии изготовления должны быть одинаковыми по всей длине, так как формующая машина движется вдоль стенда поступательно.

Учитывая требования технологии формования железобетонных конструкций, представляет интерес изготовление стоек с предварительно напряженной арматурой для опор воздушных линий электропередачи (ЛЭП) на стендах безопалубочного формования.

Недостатком типовых стоек железобетонных вибрированных (СВ) для воздушных линий (ВЛ) [3, 4] является сложность их производства, заключающаяся в том, что для каждой стойки изготавливаются арматурные изделия (спирали, хомуты, сварные сетки), устраиваемые в форме, а также этап бетонирования, т. е. каждая стойка формуется в отдельной форме, и этот технологический процесс осуществляется отдельно для каждой из них. В [5–7] не регламентировано проектирование конструкций (в том числе стоек для опор ВЛ), армированных только предварительно напряженной проволочной или канатной арматурой (без применения ненапрягаемой арматуры).

Характеристики стоек для опор воздушных линий

По запросу GEO BETON TRUST специалисты кафедры «Строительные конструкции» Ташкентского архитектурно-строительного института разработали инновационный проект «Разработка конструкции предварительно напряженных стоек опор ВЛ 0,4–10 кВ с возможностью их изготовления стендовым безопалубочным формованием». При проектировании таких стоек учитывались базы номенклатуры изделий, приведенные в [3, 4]. Эти документы распространяются на типовые стойки опор ВЛ длиной от 8,5 до 16,4 м, армированные напрягаемой стержневой арматурой, с классами бетона В25 и В30. Типовые стойки имеют переменное по длине поперечное сечение в форме

трапеции (рис. 1), у которой верхняя грань больше, чем нижняя (для удобства распалубки готовых изделий). Размеры поперечных сечений типовых стоек ($b = 165–390$ мм; $b_1 = 150–370$ мм; $b_2 = 150–190$ мм; $h_1 = 230–380$ мм; $h_2 = 165–200$ мм) зависят от величин расчетных изгибающих моментов, воспринимаемых стойками от действия эксплуатационных нагрузок с учетом предельных значений ширины раскрытия трещин и прогибов.

Номенклатура изделий по типовым СВ состояла из 16 марок, для их изготовления применялось 11 металлоформ. В техническом задании на выполнение проекта заказчик отметил ряд требований.

1. Установить единую геометрию сечения стоек для всей номенклатуры изделий с учетом технологических ограничений формующих машин и с соблюдением требований по прочности, трещиностойкости, жесткости, предъявляемых к железобетонным предварительно напряженным конструкциям. При этом с учетом технологических ограничений высота сечения изделия должна быть не более 300 мм.

2. Разрабатываемые стойки опор ЛЭП должны армироваться напрягаемой проволочной арматурой класса 5Вр1400 и иметь прочность бетона не более класса В30, которая дает возможность исключить применение поперечной арматуры в стойках (конструкции, производимые методом безопалубочного формования, армируются только продольной предварительно напряженной арматурой без установки монтажных (строповочных) петель – это технологические ограничения безопалубочного формования).

3. Учесть в конструкции стойки вероятность устройства заземляющего проводника, а также определить возможность первого подъема изделия (стойки) с поддона стенда.

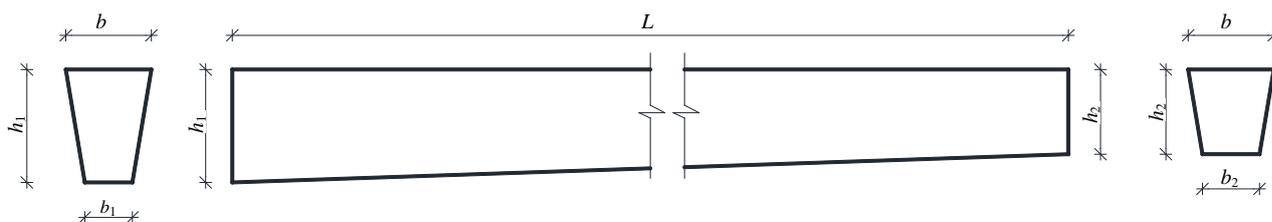


Рис. 1. Геометрия типовых стоек [3]

Fig. 1. Geometry of standard posts [3]

4. Предложить схемы армирования стоек для всей рассматриваемой номенклатуры изделий (раскладку стержней по поперечному сечению стоек).

5. Дорожка станда безопалубочного формования имеет ширину 1,2 м для производства многослойных плит перекрытий шириной 1,2 м. В связи с этим необходимо определить возможность устройства четырех ниток формования и при этом предусмотреть свободный доступ хотя бы к одной боковой грани для установки закладных деталей в свежетоформованный бетон. Кроме того, следует учесть технологическое ограничение размещения групп стержней (группа – это несколько стержней, расположенных близко друг к другу) по ширине дорожки станда (шаг расположения групп стержней 132,5 мм), т. е. расстояние между осями групп стержней по ширине сечения стойки должно быть 132,5 мм (рис. 2).

6. Принять участие в руководстве и организации изготовления опытных партий стоек по разработанному техническому регламенту и предложенной проектной документации.

7. Провести комплекс испытаний стоек из опытных партий на прочность, трещиностойкость и жесткость в заводских условиях.

Типовые предварительно напряженные стойки опор ВЛ 0,4–10 кВ [3, 4] рассчитаны на эксплуатационные и аварийные нагрузки с учетом допущения образования трещин в бетоне размерами 0,10–0,25 мм в зависимости от вида и класса применяемой напрягаемой арматуры, а также с учетом соблюдения нормативных требований по жесткости. Известно, что длительный срок эксплуатации строительных конструкций при одновременных силовых и средовых воздействиях приводит к появлению и развитию повреждений, основными из которых являются коррозионные. При оценке конструктивной безопасности железобетонных конст-

рукций в условиях их напряженно-деформированного состояния такие повреждения необходимо учитывать. Из-за коррозии изменяются прочностные и деформационные параметры бетона сжатой зоны и растянутой арматуры, вызывая нарушение сцепления стержней с бетоном. Это изменяет нормативную высоту сжатой зоны, что может стать причиной хрупкого разрушения железобетонных конструкций при изгибе [8–10]. Повреждения от коррозии приводят к образованию и развитию трещин, отчего снижается жесткость конструкций, что способствует увеличению деформаций.

Условия работы системы ВЛ относятся к тяжелым прежде всего потому, что она не имеет резерва [11]. Выход из строя одного элемента вызывает нарушение функционирования всей системы. Запасы прочности типовых стоек опор ВЛ ограничены и в то же время неопределенны. Надежность сетей до 10 кВ в значительной степени определяется аварийностью поврежденных и дефектных опор [11, 12]. Типичный вариант отказа в работе системы ВЛ – когда нагрузки не превышают расчетных значений, а повреждение железобетонной опоры предопределяется коррозией рабочей арматуры и бетона. Чтобы не допустить аварийных состояний несущих элементов системы ВЛ, необходимо ясно представлять развивающиеся в них разрушительные процессы [13–15].

Стойки и фундаменты для опор ВЛ должны служить 50–70 лет с последующей их заменой. Защитные мероприятия целесообразно предпринимать в первые годы эксплуатации опорных конструкций, когда можно обойтись минимальными трудозатратами. В 10–15-летний период, предшествующий замене, следует все ремонтные работы сократить до минимума [11]. Как правило, защиту от воздействия окружающей среды начинают проводить тогда, когда коррозионные разрушения принимают аварийный характер.

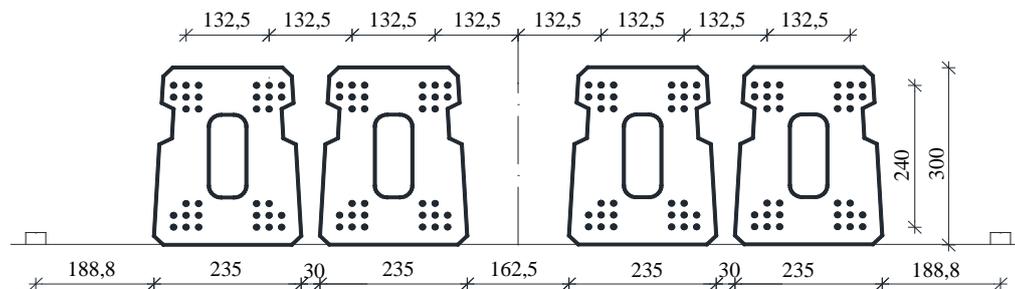


Рис. 2. Расположение производимых изделий (стоек) на поддоне формующей дорожки станда

Fig. 2. Arrangement of manufactured products (posts) on the pallet of the forming lane of the production line

В типовых опорах со стержневой напрягаемой арматурой диаметром 12–14 мм при эксплуатации их в неагрессивных средах трещины раскрытием до 0,5 мм не приведут к аварийным ситуациям. С большой долей вероятности площадь поперечного сечения такой арматуры от коррозии за 40–50 лет эксплуатации не может уменьшиться более чем на 10–15 % от первоначальной [11, 13]. 25-летний опыт эксплуатации опор ВЛ с раскрытием трещин до 0,5 мм показывает, что уменьшение площади сечения стальной стержневой арматуры от коррозии составило не более 5–7 %.

При одинаковой глубине коррозии высокопрочной проволочной арматуры диаметром 5 мм степень коррозионного износа оказывается несравнимо большей, чем стержневой арматуры, а опасность последствий – выше. Поэтому эксплуатировать стойки, армированные высокопрочной проволочной арматурой диаметром 5 мм и менее, с поперечным раскрытием трещин даже на 0,1 мм рискованно, особенно если стойки находятся в условиях агрессивной среды [11–13, 16]. Опасность локального коррозионного поражения высокопрочной проволочной арматуры в зоне поперечных трещин заключается в том, что оно может привести, как было отмечено выше, к хрупкому разрушению стоек. Уменьшение сечения высокопрочной проволочной арматуры в стойках на 60 % вызывает разрыв проволочек без образования шейки [11].

Стойки, изготавливаемые по технологии стенового безопалубочного формования и армированные высокопрочной проволокой 5Вр1400, могут эксплуатироваться без образования в бетоне трещин от действия возможных эксплуатационных нагрузок. Соблюдение требований по трещиностойкости и толщины защитного слоя бетона, применение высокопрочных бетонов предохраняют предварительно напряженную проволочную арматуру стоек опор ВЛ от коррозии и повышают их долговечность [11–13, 17]. К тому же, учитывая особенности эксплуатации стоек опор ВЛ и вероятность их работы в неблагоприятных условиях, риски образования трещин снижаются благодаря высокому уровню предварительного обжатия бетоном высокопрочной проволочной арматуры, что позволяет защитить такую арматуру от коррозии на длительный срок.

Для достижения цели по разработке рассматриваемого инновационного проекта сформулирована первоначальная задача – определение параметров и конфигурации поперечных

сечений стоек опор, изготавливаемых стендовым безопалубочным формованием, с учетом технологии производства и требований заказчика.

Методология

Известно, что одна из важных задач в развитии теории сопротивления железобетона – увеличение пролета конструкции при минимизации размеров ее поперечного сечения. В связи с этой и другими задачами в [18] утверждается, что создание новых и развитие существующих методов расчета бетонных и железобетонных конструкций, обеспечивающих их надежность и долговечность, является основой для разработки современных конструктивных решений зданий и сооружений, снижающих трудоемкость работ и позволяющих получить максимальную экономию материалов. Проектировщики, которые хотят внедрить индивидуальный проект, не могут довольствоваться существующими подходами к расчету железобетонных конструкций, поскольку индивидуальный проект базируется на разнообразии конструктивных решений, отличных от стандартных (например, по конфигурации поперечного сечения конструкции). В связи с этим параметры сечений стоек опор ВЛ назначались исходя из следующих основных требований:

- обеспечение необходимой прочности, трещиностойкости и жесткости стойки;
- изделие (стойка) должно быть универсальным и технологичным.

Фактор универсальности стоек опор ВЛ безопалубочного формования заключается в возможности выпускать их любой необходимой для потребителя длины и для различных эксплуатационных нагрузок. С позиции инновационного внедрения стоек опор ВЛ технологичность – это возможность на современном оборудовании (линиях стенового безопалубочного формования) производить изделия (стойки) в промышленном объеме с трансформированными геометрическими параметрами типовых стоек, не ухудшающими их прочностные и жесткостные характеристики [19].

Действие эксплуатационных нагрузок на стойку вызывает в ней изгибающие и в меньшей степени крутящие моменты (значение отношения крутящего момента к изгибающему – в пределах 0,1–0,4) [20]. Учитывая эту специфику, поперечное сечение стоек предложено в форме трапеции (четырехугольника). По сравнению с типовой СВ в поперечном сечении

стоек опор ВЛ, изготавливаемых по технологии стендового безопалубочного формования, нижняя грань трапеции длиннее верхней. Такое сечение принято для неизменяемости формы свежеотформованного бетона. Предварительно напряженная проволочная арматура расположена во всех угловых участках стойки группами с одинаковым количеством проволок в каждой группе (по аналогии с расположением предварительно напряженной стержневой арматуры в углах типовых СВ). Таким образом, форма и размеры поперечного сечения стоек зависят от:

- площади угловых участков сечения с наибольшим количеством проволочной арматуры в группе с учетом того, что передаточную прочность бетона R_{bp} (к моменту его обжатия) следует назначать не менее 15 МПа и 50 % принятого класса бетона по прочности на сжатие [7];
- толщины защитного слоя бетона, предохраняющего напрягаемую проволочную арматуру стойки от коррозии;
- прочности и трещиностойкости стойки;
- ограничения высоты стойки по технологии изготовления конструкций стендовым безопалубочным формованием.

Известно, что в средней части поперечного сечения железобетонных элементов бетон при изгибе и растяжении практически не работает. Поэтому принцип проектирования плит перекрытий заключается в исключении максимального объема бетона из срединной растянутой зоны сечения, при этом остаются вертикальные ребра для обеспечения прочности плиты по наклонным сечениям [21]. Таким образом, если в средней части поперечного сечения железобетонной стойки опоры ВЛ оставить полость по всей длине стойки, то эта полость (пустота) не ухудшит прочностные и жесткостные характеристики стойки для всей номенклатуры изделий. Уменьшение материалоемкости стойки без снижения ее прочности обеспечивает экономическую эффективность конструкции.

Из опыта проектирования многопустотных плит перекрытий известно, что при увеличении степени пустотности плит сверх критериальной величины значительно снижается их несущая способность по нормальным сечениям в связи с переходом нейтральной линии в межпустотные перегородки (ребра) плиты, а также уменьшается прочность по наклонным сечениям на опорных участках. Кроме того, увеличивается деформативность плиты, т. е. снижается ее жесткость. Такое же явление обнаруживается в полой

стойке. Поэтому решение рассматриваемой задачи конкретизируется. К тому же не надо изыскивать оптимальное сочетание высоты и параметров конфигурации поперечного сечения стойки, поскольку критерий высоты сечения задан.

Расчет стоек опор ВЛ, изготавливаемых по технологии стендового безопалубочного формования и армированных стержнями высокопрочной проволочной арматуры диаметром 5 мм класса Вр1400, проводили согласно [6, 15]; трещины в теле бетона от действия эксплуатационных нагрузок не образовывались. Критериальными величинами при расчете трещиностойкости таких стоек служили расчетные изгибающие моменты в плоскости большей и меньшей жесткости типовых стоек (в зависимости от их марок), приведенные в [3]. Прогибы стоек определяли по значениям изгибающих моментов, воспринимаемых стойками от действия расчетной контрольной нагрузки по трещиностойкости. При этом критерием служили контрольные нагрузки по жесткости на типовые стойки с учетом допускаемых в [3] величин ширины раскрытия трещин.

Результаты исследований

1. Для стоек длиной до 11,0 м предложено сплошное трапециевидальное сечение с параметрами: $h = 245$ мм, $b = 150$ мм – верхняя грань; $b_1 = 180$ мм – нижняя грань. Для стоек длиной от 11,0 до 16,4 м – трапециевидальное сечение с параметрами: $h = 300$ мм, $b = 205$ мм; $b_1 = 235$ мм; а в средней части этих стоек предусмотрена полость по всей их длине.

2. На рис. 3 приведены поперечные сечения стоек стендового безопалубочного формования для опор ВЛ напряжением 0,4–10 кВ. При армировании опор предусмотрено максимальное количество напрягаемой проволочной арматуры исходя из наибольшего расчетного усилия по трещиностойкости, которое может воспринять каждое сечение.

3. Прогибы предлагаемых стоек при действии расчетной контрольной нагрузки по трещиностойкости значительно меньше прогибов типовых стоек (в 4,54–7,60 раза – в зависимости от рассматриваемых марок стоек), приведенных в [3].

4. Для строповки стоек при их транспортировании и монтаже предусмотрены два сквозных отверстия по боковым граням (рис. 3). Отверстия, расположенные вдоль вертикальных осей поперечных сечений предлагаемых стоек и предусмотренные для крепления траверс и опорных плит, условно не показаны.

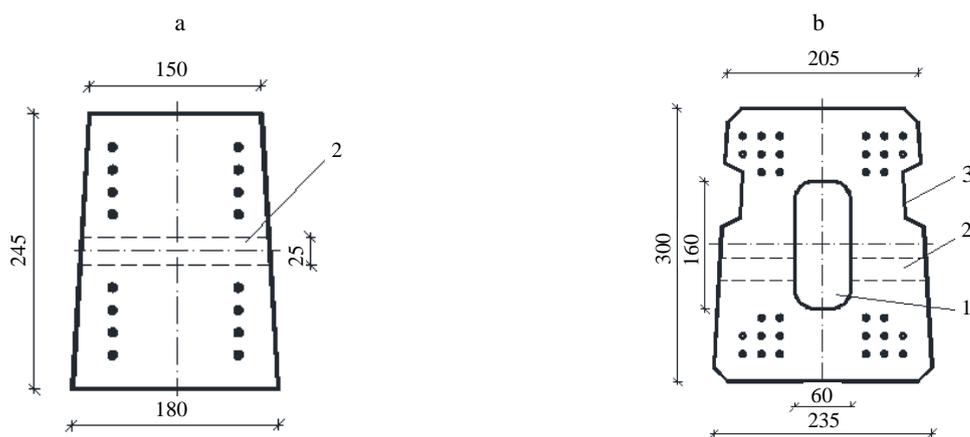


Рис. 3. Поперечные сечения стоек стендового безопалубочного формования для опор воздушных линий напряжением 0,4–10 кВ: а – стойка сплошного сечения; б – полая стойка; 1 – полость; 2 – отверстие для строповки; 3 – паз (используется для первого подъема изделия с поддона стенда специальным грузозахватным приспособлением)

Fig. 3. Cross-sections of posts made by long-line formwork-free shaping for overhead lines of 0.4–10 kV voltage: а – solid section post; б – hollow post; 1 – cavity; 2 – hole for slinging; 3 – groove (used for the first lifting of the product from the production line pallet with a special lifting device)

5. Устройство заземляющих проводников в стойке со сплошным сечением производится по аналогии с устройством такого проводника в типовой стойке [3]. В полой стойке заземляющий проводник устраивается в полости.

6. Рекомендовано расположение производимых изделий (стоек) на поддоне формочной дорожки стенда со свободным доступом к одной из боковых граней каждой из четырех бетонных монолитных лент со стойкообразным сечением (рис. 2).

7. На предлагаемое поперечное сечение полых стоек, производимых стендовым безопалубочным формованием для опор ВЛ напряжением 0,4–10 кВ, получен патент на полезную модель в Агентстве по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан [22].

ВЫВОДЫ

1. При армировании предлагаемых стоек по всей номенклатуре изделий стендового безопалубочного формования расходуется в среднем в 2,3 раза меньше арматурной стали, чем для типовых вибрированных стоек по всей номенклатуре изделий, приведенной в [3, 4].

2. Изготовление стоек по технологии стендового безопалубочного формования для опор воздушных линий имеет следующие преиму-

щества по сравнению с производством железобетонных вибрированных стоек по типовой базе номенклатуры изделий [3, 4]:

- удешевление стоимости;
- универсальность и технологичность;
- гарантированное качество.

3. В связи с тем, что в стойках стендового безопалубочного формования отсутствует возможность появления трещин в процессе эксплуатации, увеличивается срок их службы.

4. Ведутся работы по решению таких задач, как:

- оценка трещиностойкости и прочности контрольными испытаниями стоек из опытно-промышленных партий для возможности производства стоек стендового безопалубочного формования для опор воздушных линий в промышленном объеме;
- оптимизация расхода высокопрочной проволочной арматуры в стойках разной длины при различных значениях эксплуатационных нагрузок – вне типовой базы номенклатуры изделий.

5. По результатам исследований разработаны проекты технических условий и проектной документации на производство стоек стендового безопалубочного формования по предлагаемой номенклатуре изделий (стоек) для опор воздушных линий напряжением 0,4–10 кВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фурсанов, М. И. Анализ эффективности применения композитных опор в электрических сетях Республики Беларусь / М. И. Фурсанов, П. А. Сазонов // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. 2019. Т. 62, № 1. С. 15–23. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2019-62-1-15-23>.
2. Блажко, В. П. О применении многопустотных плит безопалубочного формования в панельных и каркасных зданиях / В. П. Блажко // Жилищное строительство. 2013. № 2–3. С. 7–10.
3. Стойки железобетонные вибрированные для опор ВЛ 0,4–10 кВ: ТУ 5863-007-00113557-94. М.: АО «РОСЭП», 1994. 16 с.
4. Стойки железобетонные предварительно напряженные вибрированные для опор воздушных линий электропередач напряжением 0,4–10 кВ: О'zDSt 3062:2016. Введ. 18.02.2016. Ташкент: Узстандарт, 2016. 25 с.
5. Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур: КМК 2.03.01–96. Ташкент: Госкомархитектстрой, 1998. 84 с.
6. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения: СП 63.13330.2012. Введ. 01.01.2013. М.: М-во регион. развития Рос. Федер., 2015. 168 с.
7. Методическое пособие по расчету предварительно напряженных железобетонных конструкций: Пособие к СП 63.13330. М.: Минстрой, 2015. 169 с.
8. Меркулов, С. И. Конструктивная безопасность эксплуатационных железобетонных конструкций / С. И. Меркулов // Промышленное и гражданское строительство. 2009. № 4. С. 53–54.
9. Бондаренко, В. М. Коррозионные повреждения как причина лавинного разрушения железобетонных конструкций / В. М. Бондаренко // Строительная механика и расчет сооружений. 2009. № 5. С. 13–17.
10. Бондаренко, В. М. Концепции и направления развития теории конструктивной безопасности зданий и сооружений при силовых и средовых воздействиях / В. М. Бондаренко, В. И. Колчунов // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 2. С. 28–21.
11. Кудрявцев, А. А. Несущая способность опорных конструкций контактной сети / А. А. Кудрявцев. М.: Транспорт, 1988. 160 с.
12. Оценка несущей способности дефектных опор воздушных линий 6–10 кВ / Л. Д. Сафрошкина [и др.] // Известия Томского политехнического университета. 2005. Т. 308, № 5. С. 131–133.
13. Мигунов, В. Н. Экспериментально-теоретическое исследование коррозии и долговечности железобетонных конструкций с трещинами. Ч. 1 / В. Н. Мигунов. Пенза: ПГУАС, 2003. 332 с.
14. Овчинников, И. И. Моделирование кинетики деформирования конструкций в специальных эксплуатационных средах / И. И. Овчинников. Пенза: ПГУАС, 2014. 280 с.
15. Щуцкий, В. Л. Прочность конических опор линий электропередач с учетом ограничений по второй группе предельных состояний [Электронный ресурс] / В. Л. Щуцкий, А. В. Шилов, Т. Д. Талипова // Научное ведение. 2016. Т. 8, № 2. Режим доступа: <https://nauko.vedenie.ru/PDF/29TVN216.pdf>.
16. Mangat, P. Flexural Strength of Concrete Beams with Corroding Reinforcement / P. Mangat, M. Elgaft // ACI Structural Journal. 1999. Vol. 96, No 1. P. 149–158. <https://doi.org/10.14359/606>.
17. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В. М. Москвин [и др.]. М.: Стройиздат. 1980. 536 с.
18. Кодыш, Э. Н. Совершенствование нормативной базы проектирования железобетонных конструкций / Э. Н. Кодыш, Н. Н. Трекин // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 6. С. 25–28.
19. Mirzaev, P. Optimization of Geometrical Parameters of Hollow-Core Slabs by Formwork-Free Shaping for Construction in Seismic Areas / P. Mirzaev, S. Mirzaev // International Journal of Recent Technology and Engineering. 2020. Vol. 8, Iss. 6. P. 4973–4977. <https://doi.org/10.35940/ijrte.f9192.038620>.
20. Короткевич, М. А. Проектирование линий электропередачи. Механическая часть / М. А. Короткевич. М.: Высш. шк., 2010. 574 с.
21. Кодыш, Э. Н. Расчет железобетонных конструкций из тяжелого бетона по прочности, трещиностойкости и деформациям / Э. Н. Кодыш, Н. К. Никитин, Н. Н. Трекин. М.: АСВ, 2010. 352 с.
22. Бетонная стойка для линии электропередачи: пат. № FAP 01737 Узбекистан / П. Т. Мирзаев, К. С. Умаров, З. П. Шамансурова. Оpubл. 29.11.2021.

Поступила 06.12.2021

Подписана в печать 08.02.2022

Опубликована онлайн 29.07.2022

REFERENCES

1. Fursanov M. I., Sazonov P. A. (2019) Analysis of the Efficiency of Composite Supports in Electric Networks of the Republic of Belarus. *Energetika. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii i Energeticheskikh Ob'edinenii SNG = Energetika. Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Associations*, 62 (1), 15–23. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2019-62-1-15-23> (in Russian).
2. Blazhko V. P. (2013) On the Use of Hollow-Core Slabs of Formwork-Free Shaping in Panel and Frame Buildings. *Zhilishchnoe Stroitelstvo = Housing Construction*, (2–3), 7–10 (in Russian).
3. Technical Specifications 5863-007-00113557-94. *Reinforced Concrete Vibrating Posts for Supports of Overhead Lines 0.4–10 kV*. Moscow, Publishing House of JSC "ROSEP", 1994. 16 (in Russian).
4. O'zDSt 3062:2016. *Reinforced Concrete Prestressed Vibrated Posts for Supports of Overhead Power Lines with Voltage 0.4–10 kV*. Tashkent, Uzstandart Publ., 2016. 25 (in Russian).
5. KMK 2.03.01–96. *Concrete and Reinforced Concrete Structures Designed to Operate Under Conditions of*

- Elevated and High Temperatures*. Tashkent, Goskomarkhitektstroj Publ., 1998. 84 (in Russian).
6. Code of Practice 63.13330.2012. *Concrete and Reinforced Concrete Structures. Basic Provisions*. Moscow, Ministry of Regional Development of the Russian Federation, 2015. 168 (in Russian).
 7. Code of Practice 63.13330. *Methodological Guide for the Calculation of Prestressed Reinforced Concrete Structures*. Moscow, Minstroj Publ., 2015. 169 (in Russian).
 8. Merkulov S. I. (2009) Structural Safety of Operational Reinforced Concrete Structures. *Promyshlennoe i Grazhdanskoe Stroitelstvo = Industrial and Civil Engineering*, (4), 53–54 (in Russian).
 9. Bondarenko V. M. (2009) Corrosion Damage as a Cause of Avalanche Destruction of Reinforced Concrete Structures. *Stroitel'naya Mekhanika i Raschot Sooruzhenii = Structural Mechanics and Analysis of Constructions*, (5), 13–17 (in Russian).
 10. Bondarenko V. M., Kolchunov V. I. (2013) Concepts and Directions of Development of the Theory of Constructive Safety of Buildings and Structures under Force and Environmental Influences. *Promyshlennoe i Grazhdanskoe Stroitelstvo = Industrial and Civil Engineering*, (2), 28–21 (in Russian).
 11. Kudryavtsev A. A. (1988) *Bearing Capacity of Support Structures of the Contact Network*. Moscow, Transport Publ. 160 (in Russian).
 12. Safroshkina L. D., Gunger Yu. R., Kandaev V. A., Demin Yu. V., Khromov E. G., Zuikov V. V. Assessment of Bearing Capacity of Defective Supports of Overhead Lines 6–10 kV. *Izvestiya Tomskogo Politehnicheskogo Universiteta = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 308 (5), 131–133 (in Russian).
 13. Migunov V. N. (2003) *Experimental-Theoretical Study of Corrosion and Durability of Reinforced Concrete Structures with Cracks. Part 1*. Penza, Penza State University of Architecture and Construction. 332 (in Russian).
 14. Ovchinnikov I. I. (2014) *Modeling of the Kinetics of Deformation of Structures in Special Operating Environments*. Penza, Penza State University of Architecture and Construction. 280 (in Russian).
 15. Shchutskiy V. L., Shilov A. V., Talipova T. D. (2016) Strength of the Conical Supports of Power Transmission Lines Taking into Account the Restrictions on the Second Group of Limiting States. *Naukovedenie [Science Study]*, 8 (2). Available at: <https://naukovedenie.ru/PDF/29TVN216.pdf> (in Russian).
 16. Mangat P., Elgaft M. (1999) Flexural Strength of Concrete Beams with Corroding Reinforcement. *ACI Structural Journal*, 96 (1), 149–158. <https://doi.org/10.14359/606>.
 17. Moskvina V. M., Ivanov F. M., Alekseev S. N., Guzeev E. A. (1980) *Corrosion of Concrete and Reinforced Concrete, Methods of their Protection*. Moscow, Stroizdat Publ. 536 (in Russian).
 18. Kodysh E. N., Trekin N. N. (2016) Improvement of the Regulatory Framework for the Design of Reinforced Concrete Structures. *Promyshlennoe i Grazhdanskoe Stroitelstvo = Industrial and Civil Engineering*, (6), 25–28 (in Russian).
 19. Mirzaev P., Mirzaev S. (2020) Optimization of Geometrical Parameters of Hollow-Core Slabs by Formwork-Free Shaping for Construction in Seismic Areas. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8 (6), 4973–4977. <https://doi.org/10.35940/ijrte.f9192.038620>.
 20. Korotkevich M. A. (2010) *Design of Power Transmission Lines. Mechanical Part*. Moscow, Vysshaya Shkola Publ. 574 (in Russian).
 21. Kodysh E. N., Nikitin N. K., Trekin N. N. (2010) *Calculation of Reinforced Concrete Structures Made of Heavy Concrete in Terms of Strength, Crack Resistance and Deformations*. Moscow, ASV Publ. 352 (in Russian).
 22. Mirzaev P. T., Umarov K. S., Shamansurova Z. P. (2021) *Concrete Rack for Power Lines*. Patent No FAP 01737 Uzbekistan. State Registration 29.11.2021 (in Russian).

Received: 06.12.2021

Accepted: 08.02.2022

Published online: 29.07.2022