

## **Новые конструктивные решения решетчатых опор ВЛ из сталей повышенной прочности**

*5-ая международная научно-практическая конференция «Опоры и фундаменты для умных сетей: инновации в проектировании и строительстве», Санкт-Петербург, 4-6 июля 2018*

*Касаткин С.П.,*

*начальник сектора НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»*

Компания «Евраз Холдинг» освоила изготовление уголкового проката из стали повышенной прочности С390, С440 и атмосферостойкой стали 14ХГНДЦ. В декабре 2014 года согласно постановлению Правительства №1521 утверждён «Перечень национальных стандартов и сводов правил» по проектированию, в которые была внесена данная продукция. В ходе рабочего совещания «Россети» и «Евраз Холдинг» был рассмотрен вопрос разработки типовой линейки опор ВЛ с учетом последних достижений в области производства металлопроката из сталей повышенной прочности и атмосферостойкой стали. Разработка эскизных проектов решетчатых опор 110-220 кВ с применением новых сталей была доверена научно-исследовательской лаборатории конструкций электросетевого строительства (НИЛКЭС).

Использование сталей С390 и С440 в конструкции решетчатых опор позволит снизить металлоемкость опор ВЛ. Атмосферостойкая сталь 14ХГНДЦ позволит сделать решетчатую опору ЛЭП необслуживаемой (не нужно красить и цинковать) на протяжении всего срока службы.

Стоимость тонны высокопрочной стали, указанных марок, на 7%, а атмосферостойкой – на 15% выше стоимости конструкционных сталей массового применения, однако с учетом механических характеристик и отсутствия затрат на эксплуатационное обслуживание опор ВЛ (для атмосферостойкой стали) возможно достичь существенного снижения затрат на жизненном цикле опор ВЛ.

Применение фасона из сталей повышенной прочности С390 и С440 и атмосферостойкой стали 14ХГНДЦ даст максимальный эффект в наиболее массовых изделиях – решетчатых опорах ВЛ 110-750 кВ.

В рамках работы лабораторией НИЛКЭС были выполнены следующие задачи:

– проведены расчеты типовых опор, выполненных из стали Ст3, на их соответствие требованиям современных норм (уточнение пролетов в соответствии с требованиями ПУЭ-7);

– рассчитаны опоры, геометрическая схема которых совпадает со схемой типовых опор, при условии использования сталей С245 (уточнение массы уголкового проката при сборе нагрузок на опору в соответствии с требованиями ПУЭ-7);

– рассчитаны опоры, геометрическая схема которых совпадает со схемой типовых опор, при условии использования сталей повышенной прочности С390 (С440) (уточнение массы уголкового проката при сборе нагрузок на опору в соответствии с требованиями ПУЭ-7);

– были проведены поиски новой геометрии опор при сохранении высоты подвески нижнего провода для минимизации массы конструкции при использовании высокопрочной стали. Были рассмотрены и рассчитаны несколько вариантов решетки опор. Сделан выбор оптимальных решений по параметру минимума массы опор.

– выполнено технико-экономическое сравнение вариантов рассмотренных конструкций.

К рассмотрению выбраны наиболее часто используемые следующие марки типовых опор, изначально разработанных на требования ПУЭ-6:

- Промежуточная П110-5В инв.№ 11520тм-т.1 (Рис. 1.1);
- Анкерно-угловая У110-1+9 инв.№ 3078тм-т.10 (Рис. 2.1);
- Промежуточная П220-2 инв. № 3080тм т.6. (Рис. 3.1).

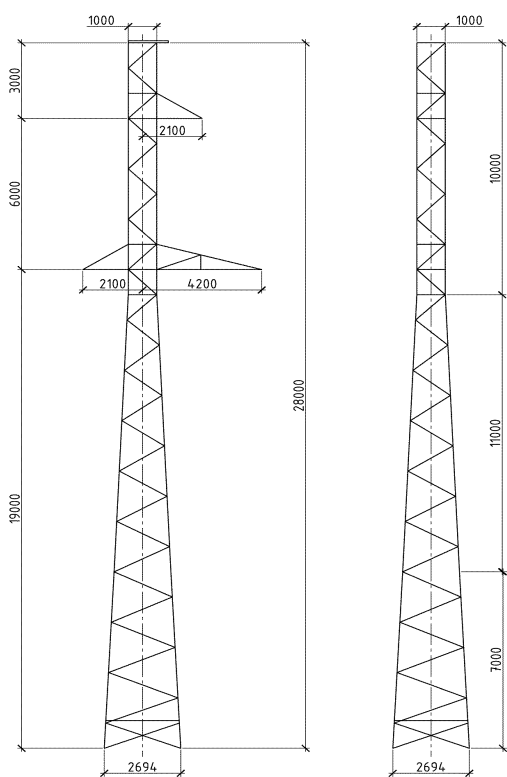


Рис. 1.1 П110-5В типовая,  
инв № 11520тм-т.1

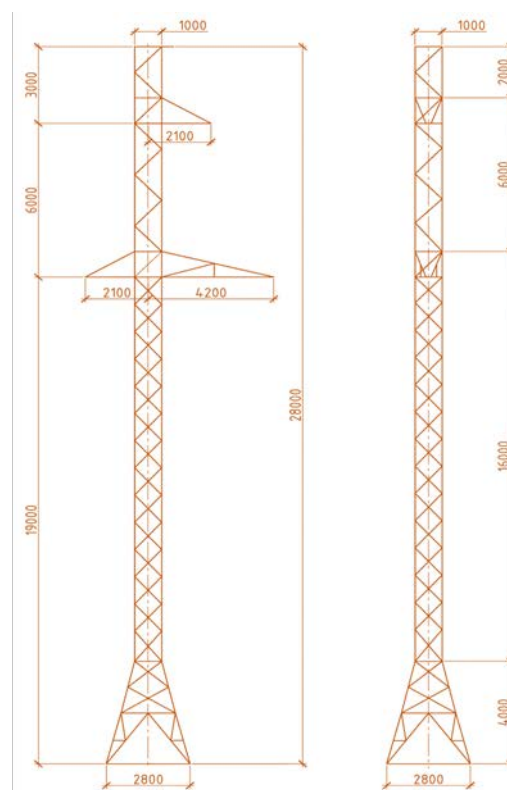
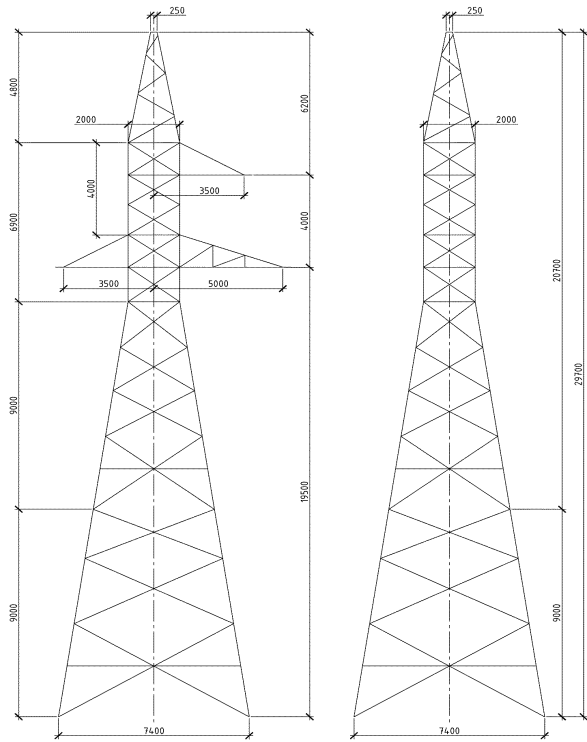
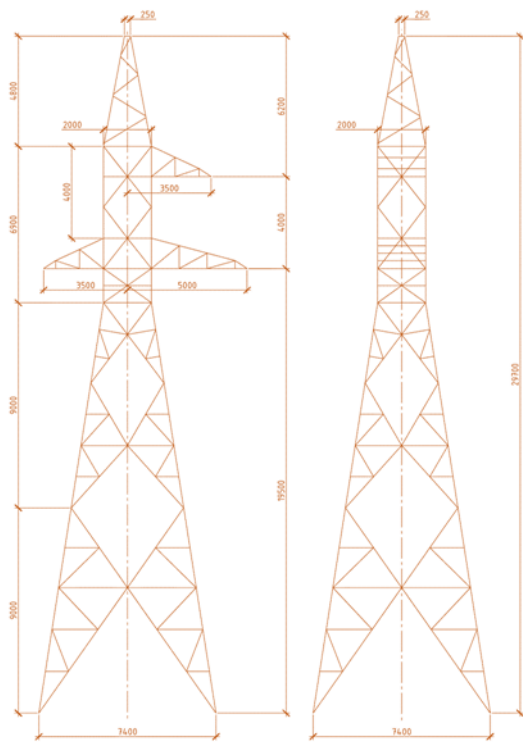


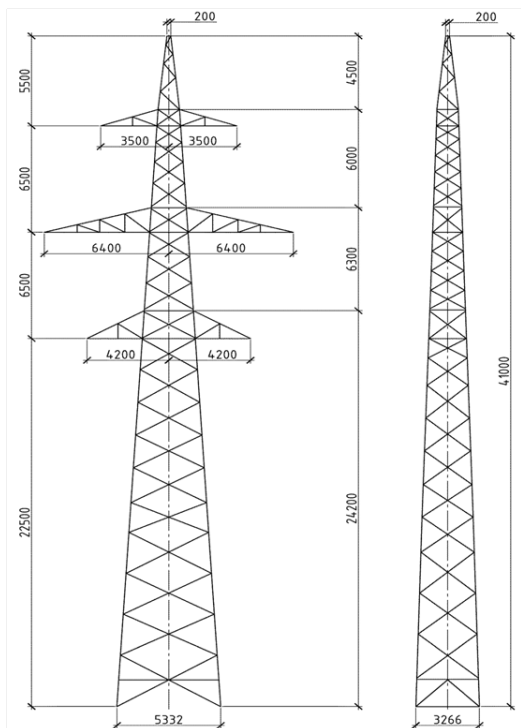
Рис. 1.2 П110-5ВМ  
с модернизированной решеткой



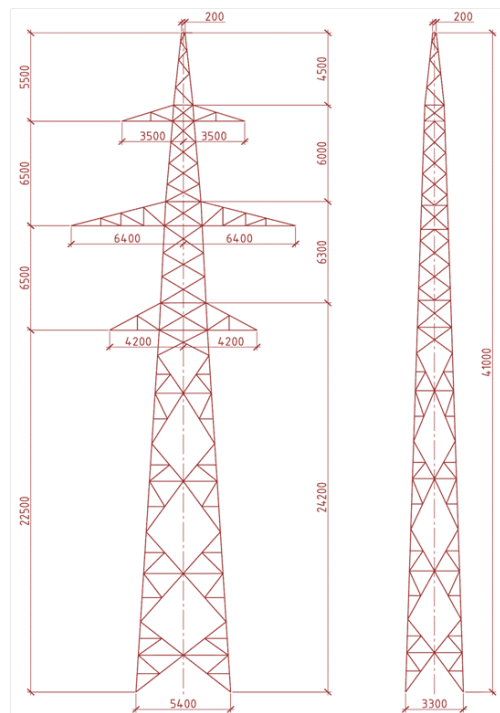
*Рис. 2.1 Y100-1+9 типовая,  
инв № 3078мм-т.10*



*Рис. 2.2 Y100-1+9M  
с модернизированной решеткой*



*Рис. 3.1 П220-2 типовая,  
инв № 3080мм-т.6*



*Рис. 3.2 П220-2M  
с модернизированной решеткой*

***Результаты анализа расчетов типовых схем опор П110-5В, У110-1+9, П220-2, выполненных из сталей С245 и С390 с учетом требований ПУЭ-7:***

– только лишь за счёт оптимизации сечений элементов типовой опоры на конкретные нагрузки для стали С245 возможно сократить массу элементов уголкового проката на **8,4, 15,8, и 4,6%** соответственно;

– подбор сечений элементов при использовании стали С390 дает уменьшение массы уголков на **11,3, 19,2, 9,5%** относительно массы указанных типовых опор.

Для существенного снижения массы опор необходимо было изменить геометрическую схему опоры, которая была оптимальной для унифицированных конструкций при использовании стали марки Ст3. Так как определяющим фактором при выборе поперечного сечения элементов в башенных опорах является требование обеспечения устойчивости элементов, то сократить массу (поперечное сечение) элементов опоры можно только уменьшая свободную длину элементов, работающих на сжатие. Для этого необходимо подобрать геометрическую схему опоры, используя возможность установки шпренгелей.

В процессе поиска геометрической схемы опоры, имеющей минимальный вес при заданном уровне нагрузок, было рассмотрено (рассчитано) несколько вариантов конструктивных решений для промежуточных опор 110, 220 кВ и анкерной опоры 110 кВ. В результате, для окончательного сравнения были выбраны схемы опор, дающие максимальный эффект в части минимизации массы конструкций. Для маркировки уже оптимизированных опор к индексу типовых конструкций была добавлена буква М (модернизированные): П110-5ВМ (Рис. 2.1), У110-1+9М (Рис 2.2.), П220-2М (Рис.3.2).

При сравнении стоимости опор разных геометрических схем, выполненных из обычных и высокопрочных сталей принята в расчет стоимость металла (уголкового профиля), стоимость изготовления и стоимость защиты от коррозии. Информация о стоимости принята в современном уровне цен по данным заводов изготовителей.

Для оценки возможного экономического эффекта от применения оптимизированных опор, использующих сталь С390 и атмосферостойкую сталь С345-14ХГНДЦ на объектах ПАО «Россети» была определена экономия при строительстве 1 километра ВЛ 110 кВ при использовании модернизированных опор. Определен возможный объем использования модернизированных опор на объектах ПАО «Россети». При этом учтено, что они могут быть использованы при строительстве как ВЛ 110 кВ, так и ВЛ 35 кВ, строящихся в габаритах 110 кВ. На основании данных о размере экономии при строительстве 1 км ВЛ 110 кВ и возможного объема строительства определён размер годовой экономии в масштабах ПАО «Россети».

***Результаты сравнительного анализа стоимости типовых опор с оптимизированными:***

– модифицированные опоры из стали С390 легче типовых опор на 17-34%. За счёт этого их стоимость ниже на **12-31%**;

– модифицированные опоры из атмосферостойкой стали С345 (14ХГНДЦ) легче типовых опор на 16-32%, если также учесть условие, что отсутствуют затраты на защитные покрытия (например, горячего цинкования), их стоимость ниже **на 28-43%**;

– расчет модернизированных схем опор для стали С440 показало, что ее использование в конструкциях при заданном уровне нагрузок не дает дополнительной выгоды по массе. Эта сталь может быть целесообразной в более нагруженных конструкциях, например, при увеличении района по ветру, гололёду или региональных коэффициентов.

***Результаты экономического эффекта от использования модернизированных опор:***

– применение модернизированных опор на строящихся ВЛ 110 кВ показывает экономию до **37,5% (до 335 тыс. руб. на 1 км ВЛ)**;

– годовой экономический эффект от применения модернизированных опор на объектах ПАО «Россети» (1160 км/год) может составлять **390 млн. рублей**.

***Вывод:***

Проведенное исследование доказало эффективность использования фасона из сталей повышенной прочности С390, С440 и атмосферостойкой стали С345-14ХГНДЦ для опор ВЛ. Результаты расчета экономического эффекта от использования модернизированных опор показали целесообразность разработки для ПАО «Россети» новых проектов унифицированных опор ВЛ из высокопрочных сталей с оптимизацией схем решетчатых конструкций.

НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»

Санкт-Петербург, Невский проспект 111/3

+7(812) 309-39-61

mail: info@nilkes.ru

нилкэс.пф