

АННОТАЦИЯ

Изложены соотношения, позволяющие определять расчетным методом механические характеристики основания сооружений после цементации на определенный срок ее эксплуатации. В методике учтены такие явления, как отказ скважины и процесс коррозии первого вида. Разработана методика оценки механических характеристик цементуемого основания на определенный срок эксплуатации и оценки долговечности цементуемого основания с параметром - сопротивление основания. Разработанная методика расчета позволяет определить усредненные характеристики основания сооружений после цементации без проведения полевых испытаний и лабораторных исследований образцов грунта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цементация, долговечность, основание сооружения.

ANNOTATION

Ratio for defining with the calculation method the mechanical characteristics of the base of the structures after cementation for a certain period of its exploitation are set out. The methodology takes into account such things as the well refusal and corrosion process of the first type. The method of evaluation of the mechanical characteristics of the cemented base for a certain period of exploitation and evaluation of the durability of cemented base with the parameter- the resistance of the base, is developed. The calculation method of determination of the average characteristics of the base of structures after cementation without conducting field trials and laboratory tests of soil samples is developed.

KEYWORDS: cementation, durability, the base of structures.

УДК 621.315.1:624.014

Танасогло А.В., к.т.н., ООО «Содружество», г. Мариуполь, Прядко Ю.Н., к.т.н., доц., КНУСА, г. Киев, Бакаев С.Н., к.т.н., ООО «Укрпроектстрой», г. Мариуполь

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛОСКИХ СЕКЦИЙ СТВОЛА ОПОРЫ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ 110 КВ

В статье выполнен сравнительный анализ теоретических и экспериментальных исследований действительной работы фрагментов стальных башенных опор ВЛ 110 кВ. Акцентируется внимание на опорах высокого напряжения, эксплуатирующихся на территории Украины. Описывается принцип проведения статических экспериментальных исследований плоских ферм на разработанной специализированной экспериментальной установке, позволяющей исследовать действительную работу фрагментов опор ВЛ. Приводится методика и результаты расчета плоской модели опоры в программном комплексе «SCAD». Представлены численные результаты расчета экспериментальной установки совместно с испытываемой моделью. Получены экспериментальные значения напряжений в элементах решетки и горизонтальных и вертикальных перемещений узлов крепления раскосов. При определении перемещений анализируется совместная работа элементов решетки экспериментальных образцов, учитывается поддерживающее влияние растянутых раскосов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: воздушная линия электропередачи, напряженно-деформированное состояние, статическое испытание, экспериментальная установка, металлическая опора, тензометрия.

Конструкции металлических опор высокого напряжения. Стальные опоры,

установлювані на високовольтних лініях електропередачі на Україні і за рубежом, мають самі різноманітні рішення.

Стальні опори, застосовувані на лініях електропередачі високого напруги, по конструктивному виконанню

стволів можуть бути сведені до двох основних схем – башенних, або одностовечних (рис.1), і порталних (рис.2) опор, а по способу закріплення стволів на фундаментах – до вільностоячих опор (рис.1) і до опор на відтяжках (рис.3).



а) опора ВЛ 35 кВ



б) опора ВЛ 110 кВ



в) опора ВЛ 220 кВ



г) опора ВЛ 330 кВ



д) опора ВЛ 500 кВ

Рис.1. Схемы одностовечных вольностоячих опор ВЛ високого напруги



Рис.2. Схема порталной опоры ВЛ



Рис.3. Схема опоры ВЛ на оттяжках

Недостатком опор на оттяжках является большая площадь отчуждаемой земли, а порталных опор – удвоенное относительно одностоечных опор количество фундаментов и перерасход стали. Уменьшение количества фундаментов особенно целесообразно при установке опор в горных районах, районах рек и на заболоченной местности, а уменьшение отчуждаемых площадей земли важно для трасс, проходящих через густонаселенные районы в городской черте и сельскохозяйственные угодья. В связи с этим, в последнее время значительное внимание уделяется разработке башенных свободностоящих опор, собираемым из отдельных элементов на болтах.

Постановка цели и задач экспериментальных исследований. Одним из основных элементов электрической сети являются воздушные линии электропередачи, надежная работа которых во многом определяет бесперебойность снабжения потребителей электрической энергией. Повышение надежности ВЛ может быть достигнуто за счет исследования и совершенствования методов расчета прочности и устойчивости конструктивных элементов опор ВЛ.

В опорах наиболее часто применяется перекрестная решетка с совмещенными в смежных гранях узлами, элементы которой выполняют из одиночных прокатных уголков, соединяемых друг с другом по одной полке на болтах. Узлы примыкания раскосов к поясам в такой решетке получаются не центрированными, т.к. геометрические оси раскосов несоосны с осями усилий, проходящим по раскосам. Возникающие при этом изгибающие моменты предопределяют ранее развитие пластических деформаций. Несущая способность таких систем в значительной мере определяется с той погрешностью, с которой подсчитываются внутренние усилия в отдельных ее элементах. Если, к тому же, учесть несовершенство реальной конструкции (искривление стержней, податливость болтовых соединений и опорных закреплений), то при высокой степени статической неопределимости системы правильность аналитического

решения будет зависеть не только от степени точности того или иного метода расчета, но и от соответствия принятой расчетной схемы и натурной конструкции.

Практическая целесообразность таких задач требует проведения экспериментальных исследований опор линий электропередачи. А поскольку наиболее массовыми на территории Украины являются металлические опоры ВЛ 110 кВ, то в качестве экспериментальных образцов были приняты натурные фрагменты ствола опоры У110-2.

Методика проведения экспериментальных исследований фрагментов опор. Цель экспериментальных исследований состоит в определении напряженно-деформированного состояния фрагментов опоры ВЛ 110 кВ с целью определения их действительной работы, а также в проведении сравнительного анализа полученных теоретических и экспериментальных результатов.

В качестве объекта экспериментальных исследований были приняты фрагменты ствола стальной башенной опоры У110-2. Испытуемые конструкции плоских ферм запроектированы в натурную величину и изготовлены на ЧАО «Донецкий завод высоковольтных опор».

Опытные плоские секции принимались из трех панелей из одиночных уголков, наиболее часто используемых в решетке опор ВЛ 110 кВ: первый вариант (рис. 4 и 8) – раскосы сечением L63x5, пояс – L125x8, второй вариант (рис.5 и 9) – раскосы сечением L45x4, пояс – L125x8.

Конструкции плоских ферм рассчитаны в соответствии с требованиями ДБН В.2.6-163:2010. Сечения стержней поясов подобраны так, чтобы осуществить конструктивно возможность бесфасоночного прикрепления раскосов к поясам двумя болтами М20 для первого варианта и двумя болтами М16 для второго варианта.

Для проведения экспериментальных исследований фрагментов опоры У110-2 была разработана экспериментальная установка (рис. 6). Испытуемая плоская ферма 1 устанавливается на опорный силовой постамент 2. Крепление фермы осуществляется анкерными болтами М20 через башмаки к опорному двутавру 3, который приваривается к постаменту.

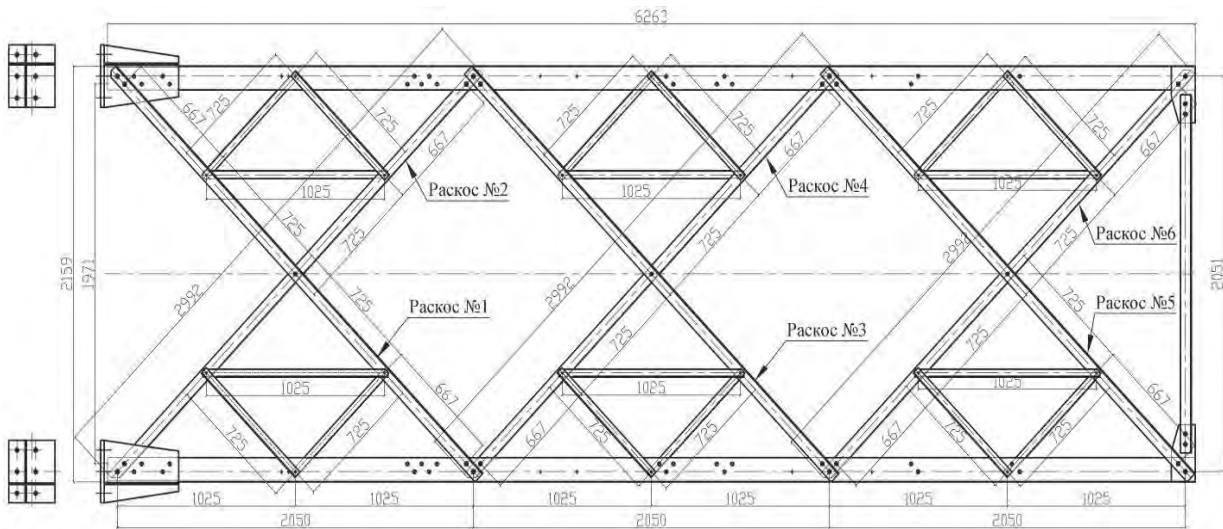


Рис. 4. Монтажная схема испытуемой плоской фермы (раскосы из уголков L63x5)

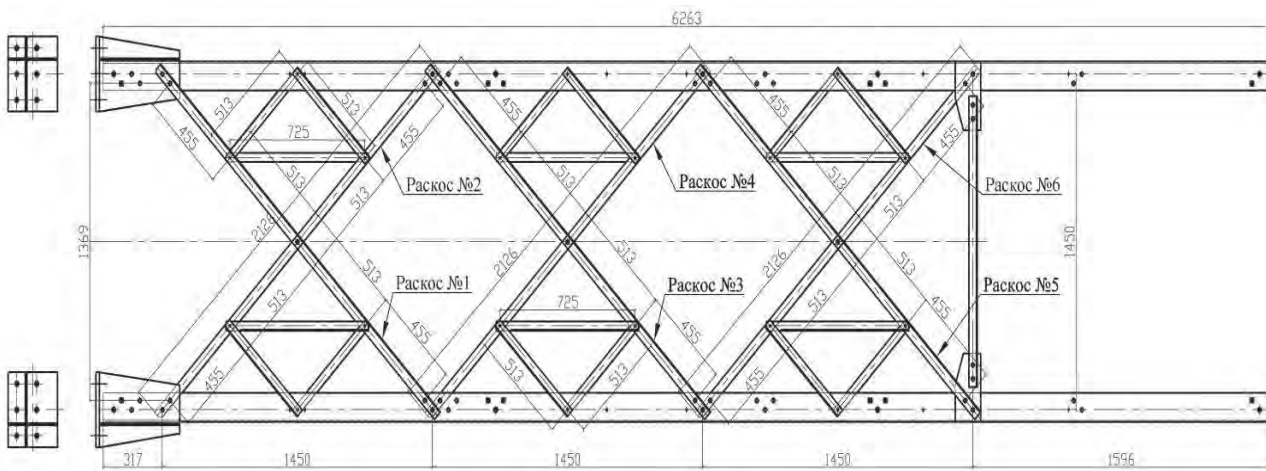


Рис. 5. Монтажная схема испытуемой плоской фермы (раскосы из уголков L45x4)

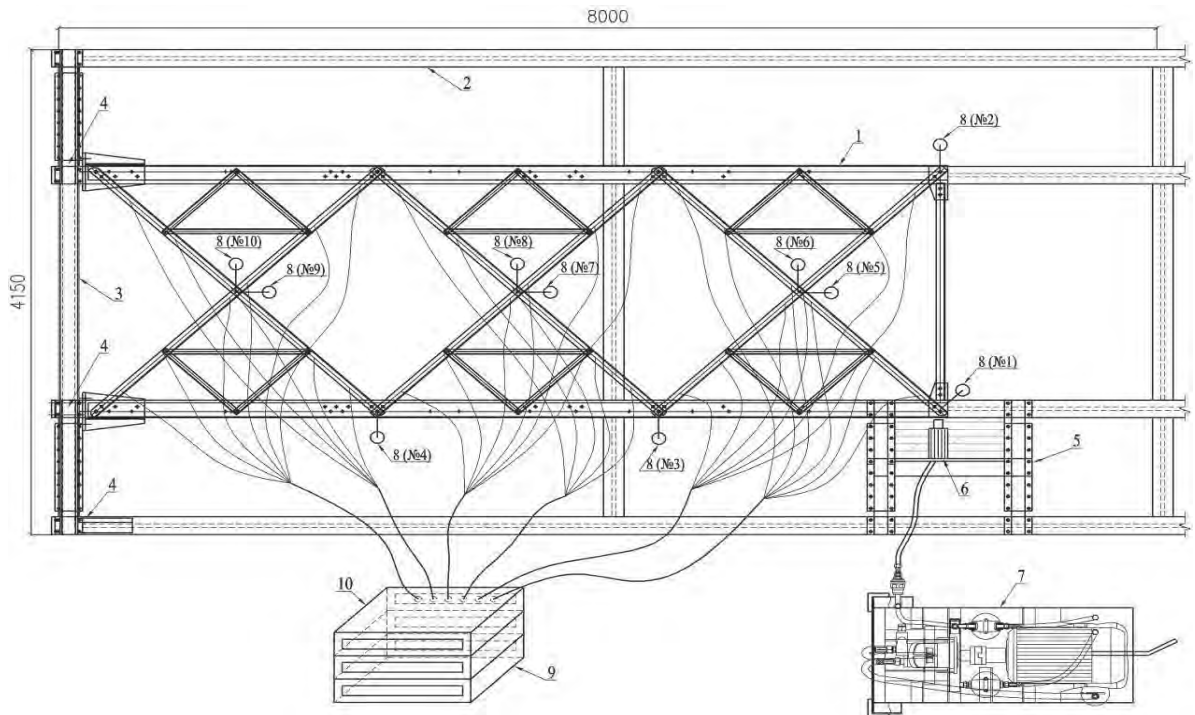


Рис. 6. Схема экспериментальной установки: 1 – испытуемый фрагмент опоры ВЛ; 2 – металлический силовой постамент; 3 – опорный двутавр; 4 – подкосы; 5 – опорная конструкция под домкрат; 6 – гидравлический домкрат ДГ-10; 7 – маслостанция ручная с манометром; 8 – прогибомеры Максимова и 6ПАО; 9 – тензометрическая система СИИТ-3; 10 – блок коммутаторов

Дополнительно устанавливаются подкосы 4 для обеспечения устойчивости двутавра из плоскости. Гидравлический домкрат 6 устанавливается на опорную конструкцию 5, прикрепляемую на болтах к постаменту. Для нагружения экспериментальных фрагментов опоры испытательной нагрузкой используется ручная маслостанция 7.

На испытуемые плоские фермы устанавливаются прогибомеры 6ПАО и Максимова 8 (рис. 6 и 10) в количестве 10 шт. для измерения перемещений узлов примыкания раскосов к поясу и узлов пересечения раскосов друг с другом в плоскости приложения нагрузки и из плоскости.

На рисунке 7 изображена трехмерная расчетная модель экспериментальной установки с испытуемым образцом для проведения численных и экспериментальных исследований.

На базе испытательного центра Дон-НАСА были проведены экспериментальные исследования фрагментов стальной башенной опоры У110-2.

Испытания плоских ферм выполнялись в четыре этапа: с двухболтовым и одноболтовым креплением раскосов к поясу; со шпренгельной решеткой и без нее.

В ходе экспериментальных исследований решались такие задачи: выявление действительных продольных усилий N и напряжений G в элементах

раскосов; определение горизонтальных и вертикальных перемещений узлов крепления раскосов к поясу и между собой; выявление фактической несущей способности всей конструкции и ее узлов при одноболтовом и двухболтовом креплении раскосов к поясу.

Нагрузка на конструкцию прикладывалась через гидравлический домкрат ДГ-10 (рис. 11) поэтапно тремя ступенями, интенсивностью по 1000 кг. После каждого этапа нагружения выдерживалась пауза 15-20 мин. до полной стабилизации деформаций конструкции, затем брались отчеты по всем приборам и далее следовало нагружение по следующему этапу. Разгрузка проводилась аналогичными этапами. Нагрузка прикладывалась так, чтобы исключить любое динамическое воздействие. Максимальная узловая нагрузка составила 3000 кг.

Для измерения относительных деформаций при испытаниях используются проволочные петлевые тензодатчики на бумажной основе с базой 20 мм (марки ПКБ с электрическим сопротивлением $R=200$ Ом). Тензодатчики устанавливаются вблизи узлов по шести сечениям в каждом раскосе (рис.12 и 13). В качестве регистрирующей аппаратуры используется тензометрическая система СИИТ-3.

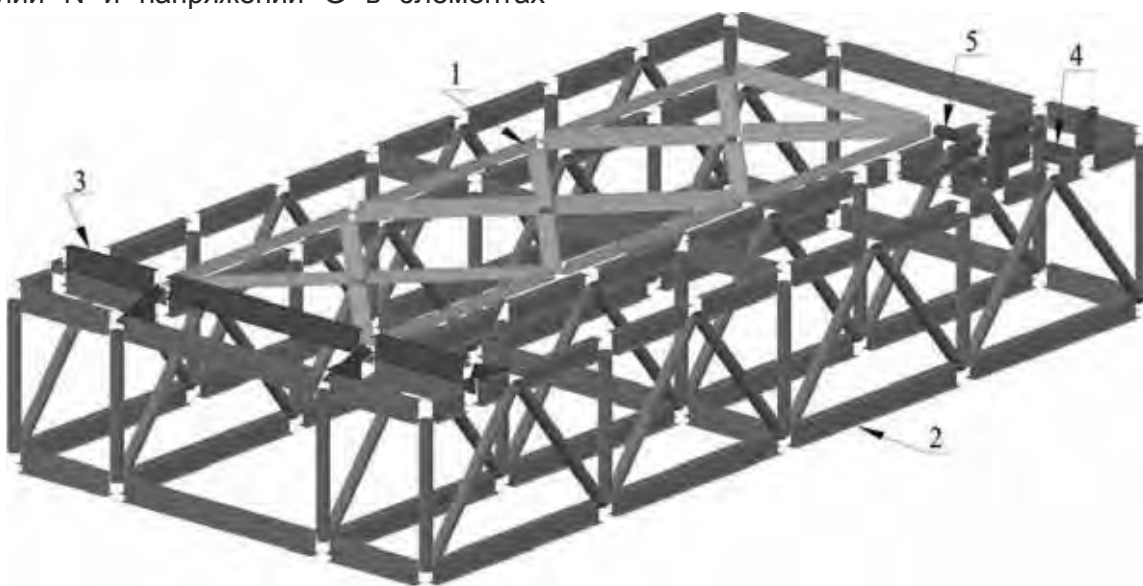


Рис. 7. Трехмерная модель экспериментальной установки: 1 – испытуемый образец опоры ВЛ; 2 – металлический силовой постамент; 3 – опорный двутавр с подкосами; 4 – опорная конструкция под домкрат; 5 – гидравлический домкрат ДГ-10.



Рис. 8. Общий вид испытуемой фермы (решетка L63x5)



Рис. 9. Общий вид испытуемой фермы (решетка L45x4)



Рис. 10. Узел пересечения раскосов



Рис. 11. Узел установки гидравлического домкрата ДГ-10

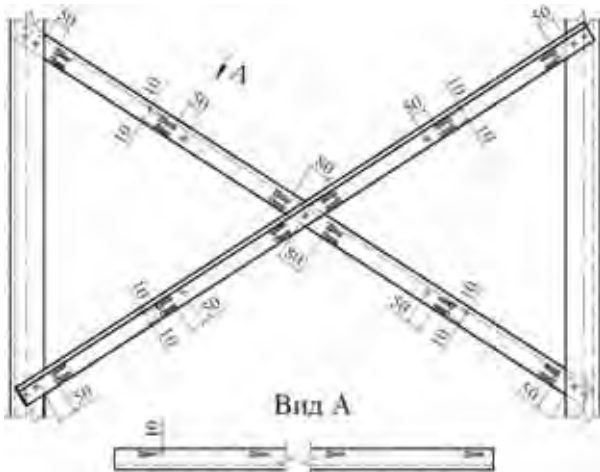


Рис. 12. Схема расположения тензодатчиков

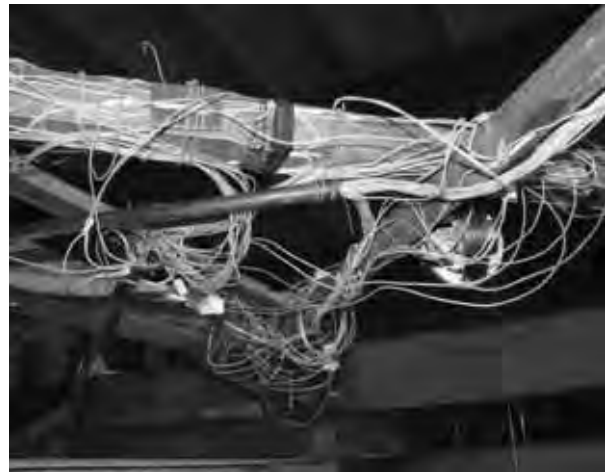


Рис. 13. Раскосы с тензодатчиками сопротивления

В результате экспериментальных исследований получены напряжения и продольные усилия в раскосах (табл. 1 и 2) и даны сравнительные графики

теоретических и экспериментальных значений перемещений узлов (рис. 14, 15, 16 и 17).

Таблица 1

Продольные усилия N (т) и напряжения G (МПа) в элементах плоской фермы (решетка L63x5)

№ раскоса	Теоретические значения		Экспериментальные значения*		Погрешность, %
	$N_{теор.}$, кг	$G_{теор.}$, МПа	$N_{экспер.}$, кг	$G_{экспер.}$, МПа	
1 раскос	-2276.5	37.14	$\frac{-1959,3}{2091,3}$	$\frac{31,96}{34,12}$	$\frac{13,93}{8,14}$
2 раскос	2073.6	33.83	$\frac{1643,5}{1292,8}$	$\frac{26,81}{21,09}$	$\frac{20,74}{37,65}$
3 раскос	-2075.4	33.86	$\frac{-1682,3}{-1626,7}$	$\frac{27,44}{26,54}$	$\frac{18,94}{21,62}$
4 раскос	2274.7	37.11	$\frac{2307,4}{2627,0}$	$\frac{37,64}{42,86}$	$\frac{1,42}{13,4}$
5 раскос	-2276.0	37.13	$\frac{-2269,9}{-2747,4}$	$\frac{37,03}{44,82}$	$\frac{0,270}{17,16}$
6 раскос	2074.2	33.84	$\frac{1753,5}{1384,7}$	$\frac{28,61}{22,59}$	$\frac{15,46}{33,24}$

Таблица 2

Продольные усилия N (т) и напряжения G (МПа) в элементах плоской фермы (решетка L45x4)

№ раскоса	Теоретические значения		Экспериментальные значения*		Погрешность, %
	$N_{теор.}$, кг	$G_{теор.}$, МПа	$N_{экспер.}$, кг	$G_{экспер.}$, МПа	
1 раскос	-2064.2	59.32	$\frac{-2003,4}{-2667,6}$	$\frac{57,57}{76,65}$	$\frac{2,940}{22,62}$
2 раскос	1946.7	55.94	$\frac{1848,4}{1788,9}$	$\frac{53,12}{51,41}$	$\frac{5,05}{8,11}$
3 раскос	-2031.9	58.39	$\frac{-1829,3}{-1583,9}$	$\frac{52,57}{45,52}$	$\frac{9,970}{22,05}$
4 раскос	2257.3	36.82	$\frac{2134,2}{2564,0}$	$\frac{34,82}{41,83}$	$\frac{5,450}{11,96}$
5 раскос	-2260.7	64.96	$\frac{-2115,1}{-2469,9}$	$\frac{60,78}{70,98}$	$\frac{6,44}{8,47}$
6 раскос	1963.7	56.43	$\frac{1525,2}{1434,8}$	$\frac{43,83}{41,23}$	$\frac{22,33}{26,93}$

* в числителе даны значения для двухболтового крепления раскосов к поясу с установкой шпренгельной решетки, в знаменателе – для одноболтового крепления раскосов без шпренгельной решетки

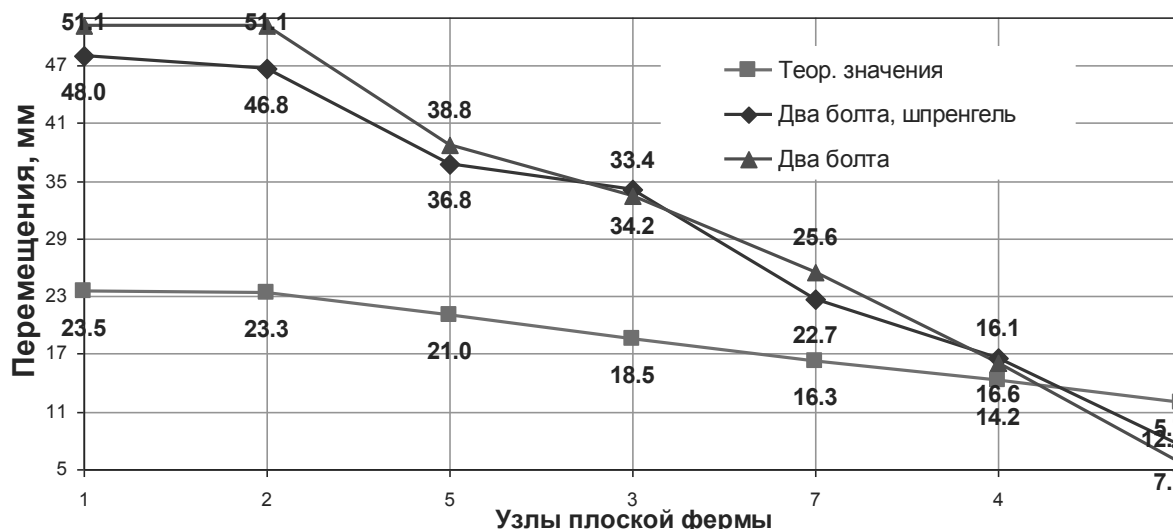


Рис. 14. Перемещения узлов при двухболтовом креплении раскосов (решетка L63x5)

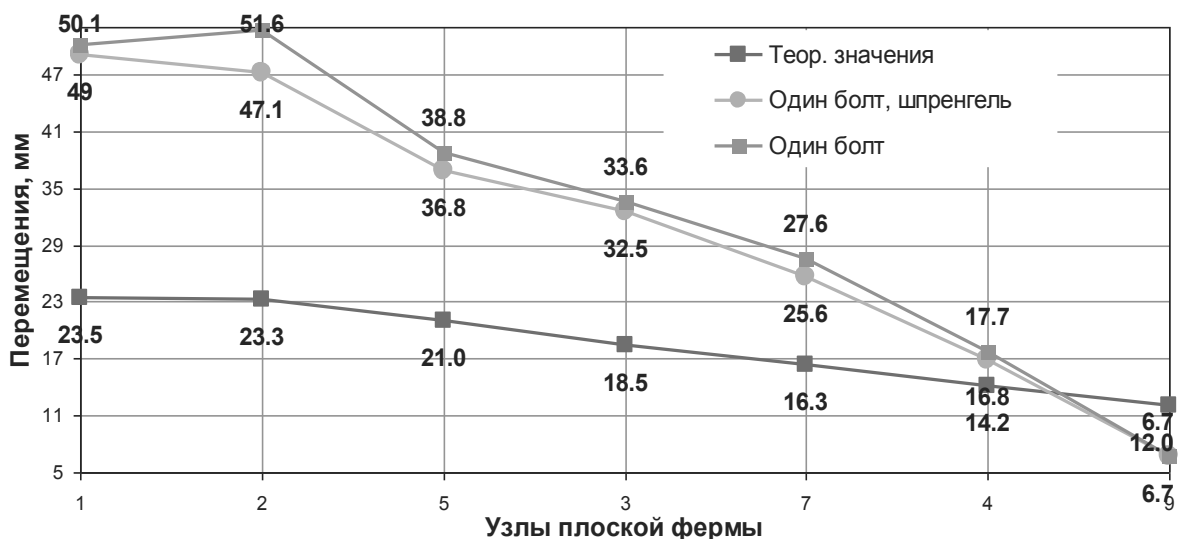


Рис. 15. Перемещения узлов при одноболтовом креплении раскосов (решетка L63x5)

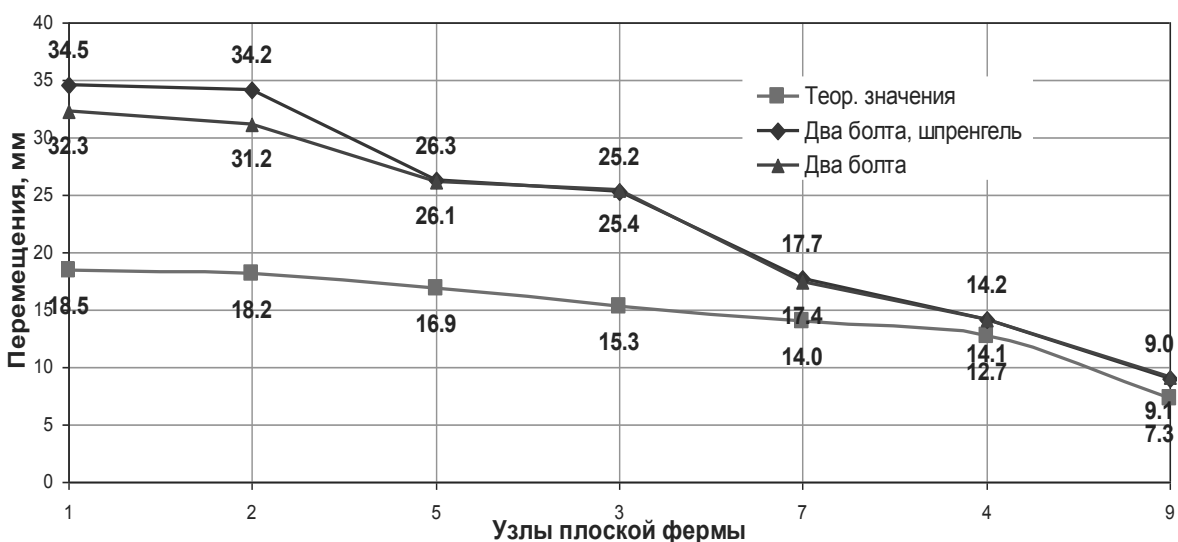


Рис. 16. Перемещения узлов при двухболтовом креплении раскосов (решетка L45x4)

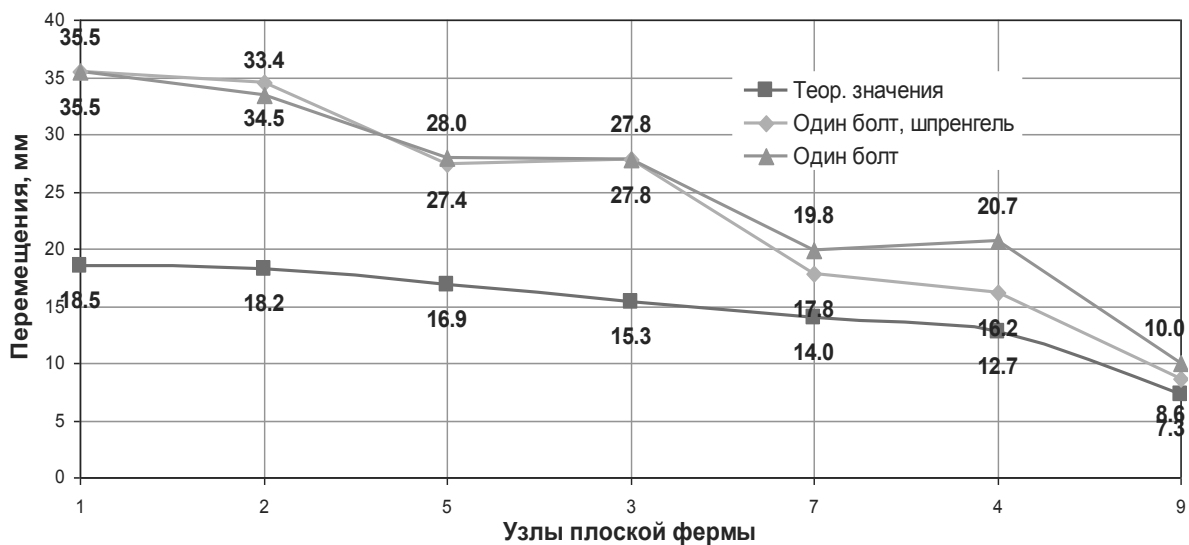


Рис. 17. Перемещения узлов при одноболтовом креплении раскосов (решетка L45x4)

Основные выводы

1. Создана экспериментальная установка, позволяющая исследовать напряженно-деформированное состояние фрагментов опор ВЛ в любом расчетном сечении.
2. Апробирована методика проведения статических экспериментальных исследований фрагментов опор ВЛ с двухболтовым и одноболтовым креплением раскосов, со шпренгельной решеткой и без нее.
3. Во всех случаях экспериментальные значения перемещений больше теоретических в среднем на 36 – 44 % за счет податливости болтовых соединений в узлах.
4. Деформативность плоских ферм со шпренгельной решеткой меньше на 1 – 12 %, чем аналогичных ферм без шпренгельной решетки.
5. Деформативность конструкций при двухболтовом креплении раскосов к поясу меньше на 1 – 9 %, чем при одноболтовом креплении.
6. Усилия и напряжения в раскосах из уголка L63x5 при двухболтовом креплении меньше теоретических в среднем на 11,8 %, а в раскосах из уголка L45x4 – на 8,7 %.
7. Для конструкций ферм при одноболтовом креплении экспериментальные значения напряжений в элементах ниже теоретических на 19,3 %.
8. Экспериментальные значения напряжений в элементах испытуемых образцов показали, что есть резерв несущей способности, поэтому необходимо совершенствовать методику устойчивости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. ДБН В.1.2-2:2006. Державні будівельні норми. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст]. – Замість СНиП 2.01.07-85; надано чинності 2007-01-01. – К.: Мінбуд України, 2006. – 61 с.
2. Правила улаштування електроустановок. Глава 2.5 «Повітряні лінії електропередавання напругою вище 1 кВ до 750 кВ» [Текст] / Мінпаливенерго України. – К.: ОЕП «ГРІФРЕ», 2006. – 125 с.
3. Shevchenko, Ye.; Nazim, Ya.; Tanasoglo, A.; Garanzha, I. Refinement of

wind loads on lattice support structures of the intersystem overhead power transmission lines 750 kV, Procedia Engineering (2015) 117, pp. 1033-1040.

4. Танасогло А.В. Оптимальные конструктивные решения двухцепных анкерно-угловых опор линий электропередачи 110 кВ [Текст] / А.В. Танасогло // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2015. – Т. 11, №1. – С. 5–14.

5. Назим, Я. В. Исследование напряженно-деформированного состояния конструкций опор большого перехода межсистемной воздушной линии электропередачи в условиях реконструкции с заменой проводов [Текст] / Я. В. Назим, А. В. Танасогло // Металлические конструкции. – 2015. – Т. 21, №2. – С. 49–61.

6. Васылев, В.Н. Исследование пространственной работы крестовой решетки при натурных испытаниях опоры ВЛ на Полигоне ДонНАСА [Текст] / В.Н. Васылев, Е.В. Шевченко, А.В. Танасогло, А.М. Алёхин // Металлические конструкции. – 2013. – Т. 19, №1. – С. 15-25.

7. Танасогло, А.В. Исследование устойчивости решетчатых стальных опор линий электропередачи [Текст] / А.В. Танасогло // Современные строительные конструкции из металла и древесины: Сб. науч. тр. – Одесса : ОГАСА, 2011. – №15. – Часть 3. – С. 233-238.

АНОТАЦІЯ

У статті виконано порівняльний аналіз теоретичних й експериментальних досліджень дійсної роботи фрагментів сталевих баштових опор ПЛ 110 кВ. Акцентується увага на опорах високої напруги, що експлуатуються на території України. Описується принцип проведення статичних експериментальних досліджень плоских ферм на розробленій спеціалізованій експериментальній установці, що дозволяє досліджувати дійсну роботу фрагментів опор ПЛ. Приводиться методика та результати розрахунку плоскої моделі опори в програмному комплексі «SCAD». Представлено чисельні результати розрахунку експериментальної установки

разом з випробуваною моделлю. Отримано експериментальні значення напружень в елементах решітки та горизонтальних і вертикальних переміщень вузлів кріплення розкосів. При визначенні переміщень аналізується спільна робота елементів решітки експериментальних зразків, ураховується підтримуючий вплив розтягнутих розкосів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: повітряна лінія електропередачі, напружено-деформований стан, статичне випробування, експериментальна установка, металева опора, тензометрія.

There is made the comparative analysis of the theoretical and experimental investigations of a useful operation of fragments of steel tower supports of OPTL 110 kV. Attention is focused on high voltage supports, which are operated in Ukraine. There is described the principle of carrying out static experimental investigations of plane trusses on developed specialized experimental unit, allowing to investigate a useful operation of support fragments of OPTL. There is given a design procedure and design data of a plane pattern support in the software package "SCAD". There is presented numerical results of calculation of the experimental unit with the test model. There are received experimental values of stresses in the lattice components and the horizontal and vertical displacements of attachment knots of lattice diagonal element members. In definition of central displacements there is analyzed a joint operation of the lattice components of experimental patterns, supporting influence of the stretched lattice diagonal element members is taken into account.

KEYWORDS: overhead power transmission line, mode of deformation, static test, experimental unit, metal support, tensometry.

УДК 624.05

**Бобраков А.А., к.т.н., доц.,
Щербина Л.В., к.т.н., доц., ЗНТУ,
г. Запорожжє**

МЕТОДЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАПИТАЛЬНЫХ РЕМОНТОВ В ЖКХ

В статье исследованы вопросы, касающиеся совершенствования методов и принципов проведения системных мероприятий для поддержания основных параметров жилищного фонда на должном уровне, которые способствуют созданию новой организационной культуры и позволяют обеспечить принципы непрерывности, комплексности и оптимизации планирования. Рассмотрены базовые положения метода параллельного проектирования в рамках реализации задач связанных с восстановлением эксплуатационной надёжности жилого фонда.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: жилищный фонд, капитальный ремонт, технологии, параллельное проектирование, концептуальное проектирование.

Вступление. В общем процессе реформирования экономики Украины проблема реформы ЖКХ занимает особое место. Во-первых, это одна из крупнейших отраслей народного хозяйства, во-вторых, эта отрасль наиболее социально значима. Несмотря на то, что реформирование ЖКХ в настоящее время является приоритетным направлением украинской экономики, большинство мероприятий в рамках проводимой реформы направлены в большей степени на поддержание текущей работоспособности отрасли, а не на ее дальнейшее развитие и совершенствование.

Актуальность. Реформирование ЖКХ требует комплексного подхода, проведения системных мероприятий по повышению эффективности его