

УДК 621.315.1

DOI 10.52167/1609-1817-2024-131-2-206-214

М.А. Джаманбаев, Н.Б. Жумахан, Е.С. Ильясов,
Ж.Е. Каратаева, З.А. Джумабекова

Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан

E-mail: nurzhan_14_95@mail.ru

ОЦЕНКА КРУТИЛЬНОЙ ЖЕСТКОСТИ ОДИНОЧНЫХ СТАЛЕАЛЮМИНИЕВЫХ ПРОВОДОВ ЧЕРЕЗ ЕГО ДИАМЕТР

Аннотация. В статье излагается актуальность рассматриваемого вопроса, обосновываются методы его решения. Для исследования и моделирования процессов пляски проводов и гололедообразования на проводах необходимо иметь сведения о крутильной жесткости, так как, крутильная жесткость провода зависит от материала и конструкции, диаметра, длины пролета, натяжения. Аналитическое определение крутильной жесткости проводов с учетом всех этих факторов не представляется возможным. Поэтому, оценка крутильной жесткости во многом осуществляется экспериментально. В основе эксперимента лежит определение зависимости между крутящим моментом и углом закручивания одиночных проводов. Опираясь на эти данные, крутильная жесткость определяется косвенно, то есть путем вычисления. Такой способ оценки жесткости создает некоторые неудобства. Поэтому в статье ставится задача оценки крутильной жесткости непосредственно – через диаметр провода.

На основе обработки экспериментальных данных в статье получена эмпирическая формула, которая позволяет оценить крутильную жесткость провода по его диаметру. Достоверность формулы проверена путем составления эмпирической и экспериментальной зависимости. Расчетная формула для оценки крутильной жесткости одиночных сталеалюминиевых проводов используется при решении различных прикладных задач.

Ключевые слова. Линия электропередачи, длина пролета, одиночный провод, крутящий момент, угол закручивания, жесткость, диаметр, модель, эксперимент.

Введение.

В процессе эксплуатации воздушных линий электропередачи наблюдаются различные виды колебаний проводов. К ним относятся [1]:

- вибрация проводов, которая представляет собой высокочастотные колебания с малой длиной волн и незначительной амплитудой. В результате появляются усталостные напряжения, которые повреждают провод в зоне крепления его к опоре;

- еще один вид колебаний (субколебания) проводов без гололеда наблюдается на линиях с расщепленной фазой. Они возникают при скорости ветра 5-20 м/с с частотой 1-3 Гц и амплитудой до нескольких десятков сантиметров. Колебания могут вызвать соударения проводов между собой, перегибы и повреждения самих распорок;

- к другому виду относятся интенсивные низкочастотные колебания одиночных проводов и расщепленных фаз воздушных линий, так называемые «пляска» проводов. Пляска проводов возникает обычно при ветре 5-15 м/с и отложении на проводах гололеда. Провода могут колебаться длительное время (до нескольких суток), в среднем несколько часов. В результате пляски происходят оплавления и пережог проводов из-за коротких замыканий, повреждения и поломки опор, гирлянд, изоляторов и других элементов ЛЭП.

При решении выше отмеченных прикладных задач требуются данные о параметрах линий электропередач, метеоусловий, а также данные о характеристиках проводов. К

одним из характеристик проводов относятся их изгибные и крутильные жесткости. Эти характеристики используются при расчете проводов на механическую прочность, при составлении математической модели колебательных процессов, при решении задач гололедообразования на проводах, при разработке методов борьбы с пляской проводов и т.д.

Результаты теоретических исследований крутильных жесткостей одиночных проводов и расщепленных фаз встречаются в источниках [2-10]. Для увеличения пропускной способности линий электропередачи применяется расщепленная фаза. Расщепленная фаза представляет собой совокупность нескольких проводов (пучок проводов), соединенных между собой дистанционными распорками. Конструкции расщепленных фаз самые разнообразные и число проводов в пучке, как правило, доходит до восьми.

Если на расщепленную фазу в середине пролета приложить крутящий момент, то фаза закручивается на некоторый угол. Зная зависимости между крутящим моментом и углом закручивания фазы, в дальнейшем, может быть определена крутильная жесткость расщепленной фазы. Эти зависимости для расщепленных фаз удается устанавливать аналитически [9,10]. Согласно [9] для определения эквивалентной крутильной жесткости расщепленной фазы предлагается формула

$$k_{p\phi} = n\tau + T_0 R^2 \left(1 + \frac{EFP_0^2 \ell^2}{12T_0^3} \right), \quad (1)$$

где n – число проводов в фазе, τ – крутильная жесткость одиночного провода (при расчетах можно пренебречь, значения определяется экспериментально), T_0 – натяжения провода R – радиус расщепления, E – модуль упругости, F – площадь поперечного сечения провода, ℓ – длина пролета, P_0 – вес единицы длины провода.

Как показывает анализ, расчетная формула (1) дает для крутильной жесткости несколько заниженные результаты.

Крутильная жесткость расщепленной фазы может быть определена исходя из зависимости между жесткостью и крутильной частотой эквивалентного вала [10]. Крутильная частота вала для полуволнового колебания определяется по известной формуле:

$$p = \frac{\pi}{\ell} \sqrt{\frac{K}{J}}. \quad (2)$$

Заменив значение расщепленной фазы эквивалентным валом

$$K=K_{p\phi}; \quad J=J_{p\phi} \left(\text{где } J_{p\phi} = \frac{nP_0}{g} R^2 \right).$$

И решив выражение (2) относительно жесткости расщепленной фазы, получили расчетную формулу в виде:

$$K_{p\phi} = \frac{nP_0 \ell^2 R^2}{2\pi^2 g} \left(\omega_\Lambda^2 + \frac{3}{4} \Omega^2 \right), \quad (3)$$

где

$$\omega_{\Lambda}^2 = \frac{\pi^2 g T_0}{P_0 \ell^2} \left(1 + \frac{8 E F P_0^2 \ell^2}{\pi^4 T_0^3} \right),$$
$$\Omega^2 = \frac{\pi^2 g T_0}{2 P_0 \ell^2} \left(1 + \frac{8 E F P_0^2 \ell^2}{2 \pi^2 T_0^3} \right),$$

здесь p – крутильная частота вала, J и $J_{p\phi}$ – момент инерции вала и расщепленной фазы, K и $K_{p\phi}$ – крутильная жесткость вала и расщепленной фазы.

В конце статьи делается соответствующий вывод, что увеличение длины пролета, массы провода, числа проводов в фазе (радиуса расщепления) и частоты колебания приводит к увеличению крутильной жесткости расщепленной фазы.

Зависимость между крутящим моментом и углом закручивания одиночного провода, как правило, устанавливается экспериментально, поскольку определение аналитической зависимости между этими величинами задача не из легких. Это связано с тем, что механизм возникновения внутренних трений между отдельными повивами сталеалюминиевого провода при кручении достаточно сложен, а также возникает некоторая трудность при учете деформации кручения отдельных концентрических повивов. При таком положении, единственно возможным способом установления отмеченной зависимости, является экспериментальный подход [11].

В источнике [5] разработан общий метод расчёта многоповивных (многослойных) одиночных проволочных конструкций регулярной структуры с учётом взаимодействия проволочных повивов силами давления и трения. На основе разработанного подхода получены формулы для вычисления матриц жесткости и податливости, позволяющие дать оценки жесткостям провода на кручение и изгиб с учетом его внутреннего строения и взаимодействия повивов между собой. Расчетные формулы при этом получаются сложными, объем и процедура вычислений намного возрастает.

Материалы и методы

Ниже, рассматривается зависимость между крутильной жесткостью одиночного провода и его диаметром. Как известно [1], определение крутильной жесткости одиночных проводов, может быть вычислена по формуле:

$$k = \frac{M\ell}{4\varphi}, \quad (4)$$

где k – крутильная жесткость одиночного провода;

M – крутящий момент, приложенный к проводу;

ℓ – длина пролета;

φ – угол закручивания одиночного провода.

Следует отметить, что при оценке крутильной жесткости применение формулы (4) неэффективно, поскольку требуется знание трех параметров - M , ℓ и φ . Если учесть, что крутильная жесткость пропорциональна модулю сдвига и полярному моменту инерции, которая в свою очередь имеет степенную зависимость от диаметра провода, то оценку крутильной жесткости можно упростить, если в качестве независимого параметра взять диаметр провода. Следовательно, цель данной статьи – упрощение расчетной формулы крутильной жесткости (4), путем описания ее через степенную модель вида

$$k = a \cdot d^b, \quad (5)$$

где d – диаметр провода, здесь параметры модели a и b определяются путем обработки экспериментальных данных методом наименьших квадратов [12].

В таблице 1 приведены систематизированные экспериментальные материалы, взаимствованные из источника [11], которые в дальнейшем будут использованы при оценке параметров a и b .

Таблица 1 - Данные, необходимые для оценки параметров a и b ($k_э$ – экспериментальная жесткость)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$d, м$	0,0069	0,0084	0,0096	0,0114	0,0135	0,0152	0,017	0,019	0,0216	0,024	0,0332
$k_э,$ $\frac{ДаН \cdot м^2}{рад}$	0,111	0,193	0,371	0,525	1,25	1,65	2,31	3,153	4,95	11,8	39,0

Построению степенной модели предшествует процедура линеаризации переменных. Линеаризация производится путем логарифмирования обеих частей уравнения (5):

$$\lg k = \lg a + b \lg d. \quad (6)$$

Для расчета параметров линейной регрессии (6) решаем систему нормальных уравнений относительно $\lg a$ и b :

$$\begin{cases} n \lg a + b \sum_1^{11} \lg d_i = \sum_1^{11} \lg k_i \\ \lg a \sum_1^{11} \lg d_i + b \sum_1^{11} (\lg d_i)^2 = \sum_1^{11} (\lg k_i \lg d_i) \end{cases}. \quad (7)$$

По исходным данным (таблица 1) рассчитываем соответствующие коэффициенты системы уравнений (7) (таблица 2).

Таблица 2 - Вычисление коэффициентов системы уравнений (k_m – теоретическая жесткость)

№	$\lg k_i$	$\lg d_i$	$(\lg d_i)^2$	$\lg k_i \lg d_i$	$k_m,$ $\frac{ДаН \cdot м^2}{рад}$
1	-0,955	-2,161	4,671	2,063	0,1
2	-0,717	-2,076	4,309	1,483	0,209
3	-0,431	-2,018	4,071	0,869	0,342
4	-0,28	-1,943	3,776	0,544	0,646
5	0,097	-1,87	3,496	-0,181	1,208
6	0,217	-1,818	3,306	-0,395	1,874
7	0,364	-1,77	3,131	-0,643	2,836
8	0,498	-1,721	2,963	-0,858	4,279
9	0,695	-1,666	2,774	-1,157	6,878
10	1,072	-1,62	2,624	-1,736	10,157
11	1,591	-1,479	2,187	-2,353	33,745
Σ	2,155	-20,141	37,306	-2,366	

С учетом числовых значений коэффициентов системы (7), преобразуем к виду

$$\begin{cases} 11 \lg a - 20,141b = 2,155 \\ -20,141 \lg a + 37,306b = -2,366 \end{cases} . \quad (8)$$

Решив систему уравнений (8) относительно искомым параметров, получим:

$$b = 3,7; \quad \lg a = 7,0 \quad \text{откуда} \quad a = 10^7 .$$

Подставляя числовые значения параметров в степенную модель (5), получим расчетную формулу для определения крутильной жесткости одиночных сталеалюминевых проводов по известному диаметру провода

$$k_m = 10^7 \cdot d^{3,7} . \quad (9)$$

Результаты и обсуждение.

На рисунке 1 приведены результаты сопоставления экспериментальных (таблица 1) и теоретических данных, вычисленных по формуле (9) (результаты вычисления приведены в таблице 2). Как следует из рисунка 1, установленная эмпирическая зависимость между крутильной жесткостью и диаметром одиночного сталеалюминевых провода в целом хорошо согласуется с экспериментальной зависимостью. Имеет место некоторое расхождение между экспериментальными и расчетными данными при больших диаметрах провода. Например, при увеличении диаметра провода до $d=33,2$ мм (для марки провода АС – 600/72) расхождение составляет около 15%, следовательно оценочная формула для крутильной жесткости при больших диаметрах провода подлежит уточнению на основе дополнительных данных (на основе специального экспериментального исследования). Однако следует отметить, что на действующих высоковольтных линиях электропередачи, применяются провода марки АС- 300/39 с диаметром $d=24,0$ мм и АС- 400/51 с диаметром $d=27,5$ мм. Для этих данных расхождения между экспериментальными и расчетными данными менее значительны, и эмпирическая формула (9) может быть с успехом использована для оценки крутильной жесткости одиночных проводов действующих линий электропередачи.

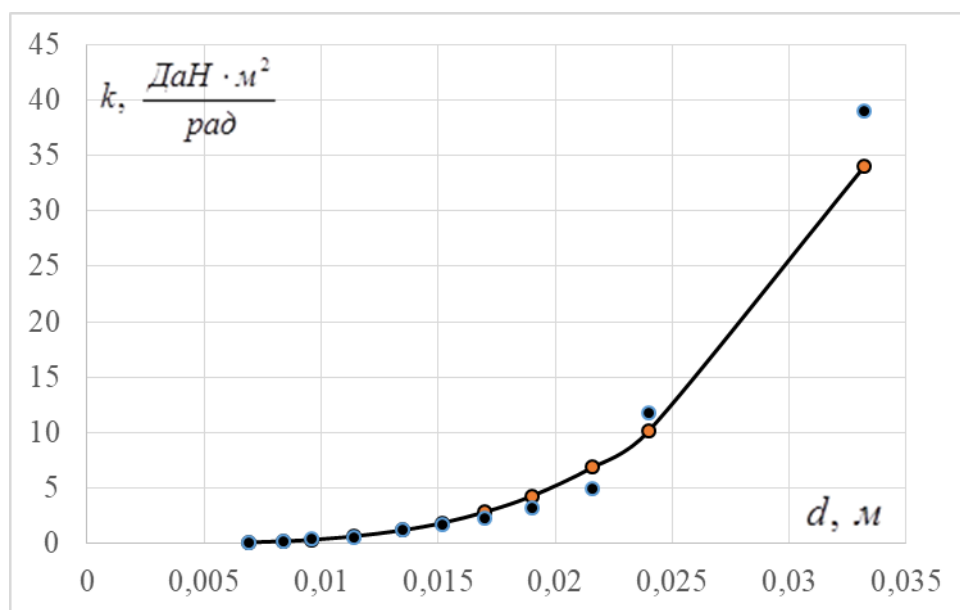


Рисунок 1 - Зависимость крутильной жесткости от диаметра провода. Точками обозначены экспериментальные данные, сплошная линия – теоретическая зависимость

Заклучение.

В заключение следует отметить, что для полного решения проблемы, связанной с эффективной защитой линий электропередачи от пляски проводов, необходимо продолжить исследовательские работы в различных направлениях. Определенные задачи могут быть поставлены и в области дальнейшего изучения некоторых характеристик элементов воздушных линий, главным образом проводов и тросов, с целью получения необходимой информации для выполнения более точных расчетов возможной интенсивности пляски проводов и эффективности различных типов гасителей. К ним относятся, например, исследования демпфирующих свойств крутильной жесткости одиночных и расщепленных фаз, а также оценка влияния ветровой нагрузки и гололедного осадка на эти характеристики. Успехи, в решении отмеченных задач, позволят существенно углубить понимание сложного механизма колебательного процесса и будут способствовать совершенствованию способов защиты действующих линий электропередачи от пляски проводов.

Рассмотренные в настоящей статье вопросы являются одним из составных частей общей проблемы защиты воздушной линий от явлений пляски проводов. Полученная в статье расчетная формула для оценки крутильной жесткости по диаметру проводов, в перспективе, может быть использована при решении различных прикладных задач, направленных для повышения надежности работы линий электропередач.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бекметьев Р. М., Жакаев А.Ш., Ширинских Н.В. Пляска проводов воздушных линий электропередачи. –Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1979. 152 с.
- [2] Nigol O., Clarke G.J., Havard D.G. Torsional stability of bundle conductors. -IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. Pas. -no. 5, September/October 1977, p. 1666-1674
- [3] Shalashilin V.I., Danilin A.N., Volkov-Bogorodskiy D.B. Model of overhead line conductor with interaction of layers. Proc. 6th International Symposium on Cable Dynamics. – Charleston (U.S.A), 19-22 Sept. 2005. – P. 371–377.
- [4] Назим Я. В. Исследование крутильной жесткости проводов для воздушных линий электропередачи.- Металлические конструкции 2011, Том 17, №3, 199-215 с.
- [5] Аносов Ю.В., Данилин А.Н., Курдюмов Н.Н. О жесткостях проволочных конструкций спирального типа.- «Труды МАИ». Выпуск № 80. www.mai.ru/science/trudy/
- [6] Бекбаев А.Б., Джаманбаев М.А., Абитаева Р.Ш. Частотная характеристика и крутильная жесткость расщепленной фазы воздушных ЛЭП.- Всемирный конгресс инженеров и ученых WSEC-2017 «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации».-г. Астана, 19-20 июнь 2017 Том I. - 380 с. Стр 171-178
- [7] Кабашов В.Ю., Вавилова И.В., Грахов П.А. Экспериментальные исследования крутильных деформаций проводов малых сечений при гололеде.- Вестник БГАУ/Vestnik BSAU, 2013, №2. Стр. 79-82
- [8] Пустильников Л.Д. О формулах для определения крутильной жесткости расщепленной фазы с учетом провисания провода.-М.: 1988. Деп. в информэнерго 31. 10. 88 №2947-ЭН88
- [9] Wang I., Lilien J. L. Overhead electrical transmission line galloping. A full multi - Span 3–DOF–Model, some Application and design recommendations //IEEE Transactions on Power Delivery. 1998.-Vol. 13. №3. P.-909–916.
- [10] Абитаева Р.Ш., Джаманбаев М.А., Бекбаев А.Б. Частотная характеристика и крутильная жесткость расщепленной фазы воздушных ЛЭП.- Всемирный конгресс

инженеров и ученых WSEC-2017 «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации».- Астана, 19-20 июнь 2017 Том I. - 380 с. Стр 171-178

[11] Джаманбаев М.А., Жұмахан Н.Б., Ильясов Е. С. Экспериментальная зависимость между углом закручивания расщепленных фаз и одиночных проводов от приложенного крутящего момента. - EUROPEAN RESEARCH: сборник статей XXXIII Международной научнопрактической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2021. – стр. 55-60

[12] Практикум по эконометрике: Учеб. пособие/И.И. Елисеева, С.В. Курышева, Н.М. Гордеенко и др.; под ред. И.И. Елисеевой.- М.: Финансы и статистика, 2002.-192 с.

REFERENCES*

[1] Bekmet'ev R. M., Zhakaev A.Sh., Shirinskih N.V. Pljaska provodov vozdušnyh linij jelektroperedachi. –Alma-Ata, «Наука» KazSSR, 1979. 152 s.

[2] Nigol O., Clarke G.J., Havard D.G. Torsional stability of bundle conductors. - IEEE Transactions on Paver Apparatus and Systems, Vol. Pas. -no. 5, September/October 1977, p. 1666-1674

[3] Shalashilin V.I., Danilin A.N., Volkov-Bogorodskiy D.B. Model of overhead line conductor with interaction of layers. Proc. 6th International Symposium on Cable Dynamics. – Charleston (U.S.A), 19-22 Sept. 2005. – P. 371–377.

[4] Nazim Ja. V. Issledovanie krutil'noj zhestkosti provodov dlja vozdušnyh linij jelektroperedachi.- Metallicheskie konstrukcii 2011, Tom 17, №3, 199-215 s.

[5] Anosov Ju.V., Danilin A.N., Kurdjumov N.N. O zhestkostjah provolochnyh konstrukcij spiral'nogo tipa.- «Trudy MAI». Vypusk № 80. www.mai.ru/science/trudy/

[6] Bekbaev A.B., Dzhamanbaev M.A., Abitaeva R.Sh. Chastotnaja harakteristika i krutil'naja zhestkost' rasshheplennoj fazy vozdušnyh LJeP.- Vsemirnyj kongress inzhenerov i uchenyh WSEC-2017 «Jenergija budushhego: innovacionnye scenarii i metody ih realizacii».-g. Astana, 19-20 ijun' 2017 Tom I. - 380 s. Str 171-178

[7] Kabashov V.Ju., Vavilova I.V., Grahov P.A. Jeksperimental'nye issledovanija krutil'nyh deformatsij provodov malyh sechenij pri gololede.- Vestnik BGAU/Vestnik BSAU, 2013, №2. Str. 79-82

[8] Pustil'nikov L.D. O formulah dlja opredelenija krutil'noj zhestkosti rasshheplennoj fazy s uchetom provisanija provoda.-M.: 1988. Dep. v informjenergo 31. 10. 88 №2947-JeN88

[9] Wang I., Lilien J. L. Overhead electrical transmission line galloping. Afullmulti - Span 3–DOF–Model, some Application and design recommendations //IEEE Transactions on Power Delivery. 1998. Vol. 13. №3. P. 909–916.

[10] Abitaeva R.Sh., Dzhamanbaev M.A., Bekbaev A.B. Chastotnaja harakteristika i krutil'naja zhestkost' rasshheplennoj fazy vozdušnyh LJeP. - Vsemirnyj kongress inzhenerov i uchenyh WSEC-2017 «Jenergija budushhego: innovacionnye scenarii i metody ih realizacii».- Astana, 19-20 ijun' 2017 Tom I. - 380 s. Str 171-178

[11] Dzhamanbaev M.A., Zhymahan N.B., Il'jasov E. S. Jeksperimental'naja zavisimost' mezhdu uglom zakruchivaniya rasshheplennyh faz i odinochnyh provodov ot prilozhennogo krutjashhego momenta. - EUROPEAN RESEARCH: sbornik statej XXXIII Mezhdunarodnoj nauchnoprakticheskoj konferencii. – Пенза: MCNS «Наука и Prosveshhenie». – 2021. – стр. 55-60

[12] Praktikum po jekonometrike: Ucheb. posobie/I.I. Eliseeva, S.V. Kuryшева, N.M. Gordeenko i dr.; pod red. I.I. Eliseevoj.- М.: Finansy i statistika, 2002.-192 s.

Мураткали Джаманбаев, ф-м.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, dzhamanbaev@mail.ru

Нұржан Жұмахан, лектор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, Nurzhan_14_95@mail.ru

Ержан Ильясов, лектор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, ilyassov.yerzhan@mail.ru

Жанбуби Каратаева, лектор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, zhanna_karataeva68@mail.ru

Зульфия Джумабекова, лектор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, zulfia2409@mail.ru

ДАРА БОЛАТ-АЛЮМИНДІ СЫМДАРДЫҢ БҰРЫЛЫС ҚАТАҢДЫҒЫН ОЛАРДЫҢ ДИАМЕТРЛЕРІ АРҚЫЛЫ БАҒАЛАУ

Андатпа. Мақалада зерттелетін мәселелердің өзектілігі және мәселелерді шешу жолдары қарастырылған. Желідегі мұз қатқан сымдардың жел өтіндегі билеулерін зерттеу барысында сымдардың бұрылыс қатаңдығы кеңінен қолданыс тапқан. Бұрылыс қатаңдығы, әдетте біршама параметрлерге тәуелді болып келеді: сымның материалына және конструкциясына, пролет ұзынығына, сым диаметріне, механикалық кернеуге. Бұрылыс қатаңдығын осы параметрлерді есепке ала отырып, аналитикалық анықтау мүмкін емес. Сондықтан қатаңдықты сымға берілетін бұру моменті мен сымның бұрылу бұрышының арасындағы тәжірибелік мәліметтерге сүйене отырып, жанама тәсілмен анықтайды. Мұндай тәсіл біршама қиындықтар туғызады. Осы себепті, мақалада сымның бұрылыс қатаңдығын есептеудің жеңілдетілген эмпирикалық формуласын алу мәселесі қойылған. Эмпирикалық формула тәжірибелік деректерді статистикалық тәсілмен өңдеу негізінде алынған. Есептеу формуласына тек жалғыз параметр – сым диаметрі енеді.

Эмпирикалық формуланың дәлдігі тәжірибелік деректермен салыстыру арқылы дәлелденген. Формула электр энергиясын тасымалдау желілерінің сенімділігін арттыруға бағытталған түрлі қолданбалы есептеулерді жүргізуде кеңінен қолданыс табады.

Түйінді сөздер. Өуе желісі, сым, бұру моменті, бұрылу бұрышы, бұрылыс қатаңдығы, сым диаметрі, модель, эксперимент.

Muratkali Dzhamanbayev, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, dzhamanbaev@mail.ru

Nurzhan Zhumakhan, lecturer, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, Nurzhan_14_95@mail.ru

Yerzhan Ilyassov, lecturer, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, ilyassov.yerzhan@mail.ru

Zhanbubi Karataeva, lecturer, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, zhanna_karataeva68@mail.ru

Zulfiya Dzhumabekova, lecturer, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, zulfia2409@mail.ru

ESTIMATION OF TORSIONAL STIFFNESS OF SINGLE STEEL-ALUMINUM WIRES THROUGH ITS DIAMETER

Abstract. The article outlines the relevance of the issue under consideration, substantiates the methods of its solution. To study and simulate the processes of wire dancing

and icing on wires, it is necessary to have information about torsional rigidity. So, the torsional rigidity of the wire depends on its material and design, diameter, span length, wire tension. Analytical determination of the torsional stiffness of wires, taking into account all these factors, is not possible. Therefore, the evaluation of torsional stiffness is largely carried out experimentally. The experiment is based on determining the relationship between torque and twist angle of single wires. Based on this data, the torsional stiffness is determined indirectly, that is, using formulas relating torque, twist angle and span length. This method of stiffness estimation requires knowledge of several parameters and creates some inconvenience. Therefore, the task is to evaluate the torsional stiffness through a single parameter - the diameter of the wire. This formulation of the problem greatly simplifies the determination of the torsional stiffness of single wires.

Based on the processing of experimental data, an empirical formula has been obtained in the article, which makes it possible to estimate the torsional rigidity of a wire by its diameter. The reliability of the formula was verified by compiling an empirical and experimental relationship. The calculation formula for estimating the torsional stiffness of single steel-aluminum wires is used in solving various applied problems.

Keywords. Power line, span length, single wire, torque, twist angle, stiffness, diameter, model, experiment.
