

УДК 622:621.311.019.3(043)

А.Г. Захарова, Н.М. Шаулема

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА НАДЕЖНОСТЬ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ

Увеличение парка горнодобывающих машин, особенно мощных экскаваторов и буровых станков, на угольных разрезах Кузбасса обуславливает необходимость обеспечения бесперебойности электроснабжения всех звеньев технологических процессов разрезов. Отказы в системах электроснабжения (СЭС) открытых горных работ снижают эффективность работы горных машин, технологических звеньев и угольного разреза в целом вследствие уменьшения объема добычи, увеличения себестоимости, снижения уровня промышленной безопасности.

Высокий уровень надежности систем электроснабжения и их элементов – один из решающих факторов, обеспечивающих эффективность использования горной техники. На надежность и безопасность функционирования систем электроснабжения и их элементов сильное влияние оказывают факторы горного производства – передвижной характер горных работ, буровзрывные работы, сильная запыленность воздуха, трудность проведения технического обслуживания, влияние погодных условий и др.

На основе статистических исследований, про-

веденных на разрезах «Кедровский», «Краснобродский» и «Сартакинский» с 2005 по 2007 гг. [1], показано распределение наиболее характерных факторов по степени влияния на надежность систем электроснабжения. Из анализа видно, что основными причинами аварийных отключений фидеров являются аварии на воздушных линиях электропередачи (ВЛ), вызванные захлестом (обрывом) проводов, пробоем (обрывом) изоляторов, погодными условиями. Поэтому в системах электроснабжения угольных разрезов Кузбасса основное внимание необходимо уделять анализу надежности ВЛ.

Наиболее удобной формой представления статистических связей между аварийностью и различными факторами, влияющими на работу ВЛ, являются парные регрессионные зависимости [2], которые позволяют установить тесноту связей и получить математические модели (уравнения регрессии), позволяющие с определенной точностью прогнозировать характер изменения аварийности ВЛ в зависимости от исследуемых факторов.

К рассмотрению были приняты конструктивные и технико-эксплуатационные факторы, опре-

Таблица 1

Факторы	Выборочная средняя	Среднеквадратическое отклонение	Закон распределения
Количество отказов ВЛ N_o	9,26	9,56	Пуассона
Общая длина ВЛ L , км	2,81	1,60	Вейбулла-Гнеденко
Длина стационарной части ВЛ L_c , км	1,64	1,10	Вейбулла-Гнеденко
Длина передвижной части ВЛ L_n , км	1,33	1,06	Вейбулла-Гнеденко
Количество экскаваторов, присоединенных к одному фидеру N_s	1,94	1,15	Пуассона
Общее количество потребителей на одном фидере N_{nom}	3,53	2,33	Пуассона
Количество отпаек N_{omn} на фидере	2,27	2,12	Пуассона
Общее количество угловых опор N_{yo}	7,69	4,92	Пуассона
Количество стационарных угловых опор N_{yoc}	4,51	3,34	Пуассона
Количество передвижных угловых опор N_{yon}	4,76	4,29	Пуассона
Угол встречи с преобладающим ветром ВЛ в целом α , град.	39,70	15,90	Нормальный
Угол встречи стационарной части ВЛ с преобладающим ветром α_c , град.	40,66	17,68	Нормальный
Угол встречи передвижной части ВЛ с преобладающим ветром α_n , град.	39,17	20,16	Нормальный
Нагрузка P , кВт	1896,94	1276,12	Вейбулла-Гнеденко
Сечение провода ВЛ S , мм^2	99,81	20,75	Нормальный

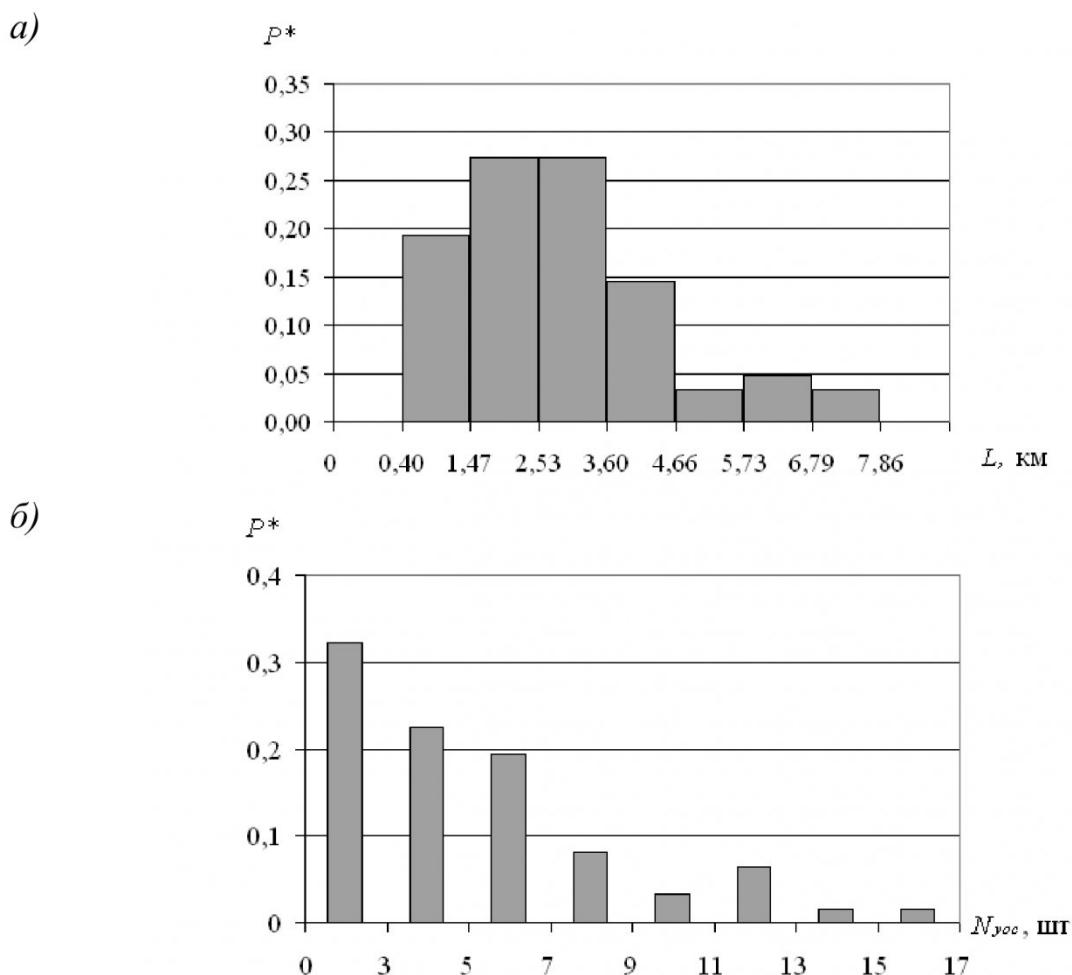


Рис. 1. Гистограммы относительных частот распределения:
а) общих длин ВЛ; б) количества стационарных угловых опор

делённые при помощи метода экспертных оценок. В качестве зависимой переменной, характеризующей аварийность ВЛ, выбрано число отказов на фидере.

Поскольку подавляющее большинство аварий происходит на передвижных ВЛ, то рассматривались только те фидеры, у которых есть и стационарная, и передвижная части.

Учитывая конструктивные особенности стационарных и передвижных ВЛ, для них отдельно подвергались анализу длина, углы встречи с преобладающими ветрами и количество угловых опор.

Угловые опоры рассматривались в качестве фактора, влияющего на надежность, потому что они, по условиям эксплуатации, при нормальных условиях работы должны воспринимать слагающую тяжений проводов смежных пролетов [3]. На практике на разрезах часто требования ПУЭ не выполняются и вместо угловых используют промежуточные опоры. При этом невозможно правильно натянуть провода, что приводит к их захлесту и обрыву.

В табл. 1 приведены эксплуатационные ста-

тистические параметры исследуемых ВЛ (условные обозначения, выборочные средние, среднеквадратические отклонения и законы распределения). При проверке закона распределения использовался критерий χ^2 Пирсона.

На рис. 1 показаны гистограммы частот распределения для некоторых эксплуатационных факторов.

В табл. 2 представлены уравнения регрессии, корреляционные отношения и остаточные среднеквадратические отклонения для рассмотренных конструктивных и технико-эксплуатационных факторов.

На рис. 2 в качестве примера показаны линии регрессии для общих длин ВЛ и длин передвижных ВЛ. Для всех исследуемых зависимостей значимость коэффициентов корреляции проверялась согласно [2] сравнением их с критическим значением, зависящим от объема выборки n и уровня значимости p . Для оценки значимости уравнения регрессии в целом использовали F -критерий Фишера.

Величина $R^2 = 0,2313$ означает, что на аварийность ВЛ в 23 % случаев от общего числа от-

Таблица 2

Факторы	Вид уравнения регрессии	Корреляционное отношение R^2	Остаточное среднеквадратичное отклонение
Общая длина ВЛ L , км	$y = 1,5486 L + 5,6427$	0,0658	9,65
Длина стационарной части ВЛ L_c , км	$y = 0,5829 L_c + 9,1883$	0,0037	10,01
Длина передвижной части ВЛ L_n , км	$y = 3,9556 L_m L_n + 5,5437$	0,1814	9,38
Нагрузка P , кВт	$y = 0,0028 P + 7,4777$	0,1075	9,89
Количество отпаек N_{omn} на фидере	$y = 3,4345 N_{omn} + 6,0971$	0,2294	9,17
Угол встречи ВЛ с преобладающим ветром в целом по фидеру α , град	$y = 0,0309 \alpha + 8,0405$	0,0026	9,63
Угол встречи стационарных ВЛ с преобладающим ветром α_c , град	$y = -0,0044 \alpha_c + 9,446$	7E-05	9,64
Угол встречи передвижных ВЛ с преобладающим ветром α_n , град	$y = 0,2022 \alpha_n + 2,7003$	0,1398	9,46
Общее количество угловых опор N_{yo}	$y = 0,7084 N_{yo} + 5,1134$	0,1280	9,70
Количество стационарных угловых опор N_{yco}	$y = 0,4084 N_{yco} + 11,601$	0,0196	9,90
Количество передвижных угловых опор N_{yon}	$y = 1,0707 N_{yon} + 5,978$	0,2171	9,36
Количество экскаваторов N_3 , присоединенных к одному фидеру	$y = 3,5934 N_3 + 5,3398$	0,2313	9,13
Общее количество потребителей на одном фидере N_{nom}	$y = 1,875 N_{nom} + 3,3902$	0,1953	9,60
Срок службы стационарных ВЛ t_{phi} , лет	$y = 0,0072 t_{phi} + 0,5588$	0,0138	1,28
Срок службы забойных ВЛ t_{phi} , лет	$y = -2,1021 t_{phi} + 6,3408$	0,0797	4,25
Срок службы распределительных ВЛ t_{phi} , лет	$y = -0,7847 t_{phi} + 6,9429$	0,0672	3,55
Сечение провода ВЛ S , мм^2	$y = 0,0785 S + 18,893$	0,0234	9,93

казов существенно влияет количество экскаваторов, присоединенных к одному питающему фидеру. Относительно большие значения R^2 получены для количества отпаек на фидере ($R^2=0,2294$), длин передвижных ВЛ ($R^2=0,1814$) и числа передвижных угловых опор ($R^2=0,2171$). Наиболее низкие корреляционные отношения выявлены для сечения провода ($R^2=0,0234$), длин стационарных ВЛ ($R^2=0,00371$), количества стационарных угловых опор ($R^2=0,0196$), срока службы стационарных ($R^2=0,0138$), забойных ($R^2=0,0797$), распределительных ВЛ ($R^2=0,0672$), угла встречи стационарной части ВЛ с преобладающим ветром ($R^2=0,00007$).

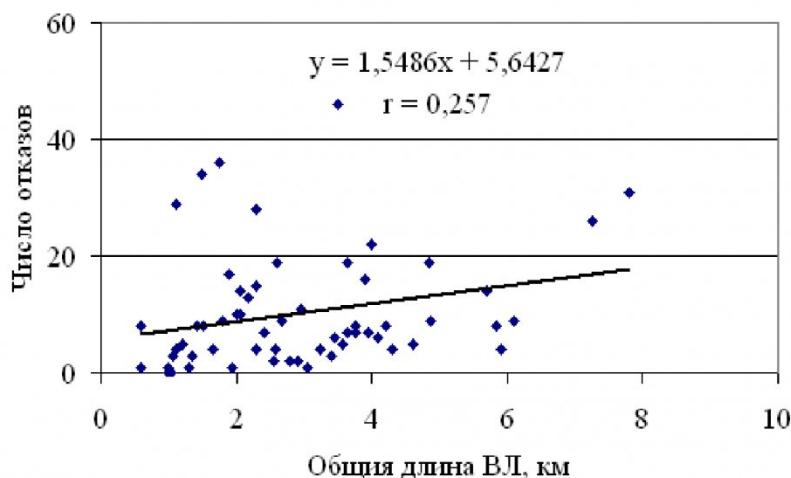
Такие низкие значения R^2 для факторов, характеризующих стационарные линии электропередач, говорят о том, что параметры стационар-

ных воздушных линий не оказывают существенного влияния на аварийность.

Результаты проведенного анализа позволяют сделать вывод о том, что среди отказов воздушных линий электропередачи в целом определяющую роль играют отказы их передвижных частей, а с помощью уравнений регрессии, приведенных в таблице, может быть рассчитано число отказов ВЛ в зависимости от влияющих факторов.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании систем электроснабжения, выборе трассировки ВЛ, планировании графиков технического обслуживания и планово-предупредительных ремонтов, для оптимизации структуры и улучшения режимов работы СЭС, при прогнозировании надежности воздушных линий электропередачи и для расчета экономического ущерба от ненадежности СЭС и их элементов.

а)



б)

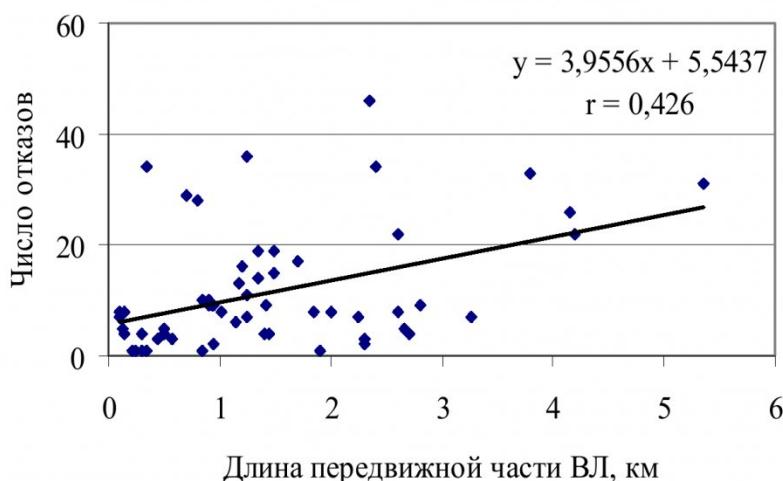


Рис. 2. Линии регрессии для: а) общих длин ВЛ; б) длин передвижных ВЛ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захарова А.Г. Анализ отказов систем электроснабжения угольных разрезов Кузбасса / А.Г. Захарова, Н.М. Шаурова // Промышленная энергетика. – 2008. – № 12. – С. 18-21.
2. Сигел Э. Практическая бизнес-статистика.: Пер. с англ. // М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 1056 с.
3. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. 3-й выпуск. – Новосибирск.: Сиб. унив. изд-во, 2006. – 854 с.

Авторы статьи:

Захарова Алла Геннадьевна - докт. техн. наук, проф. каф. электропривода и автомати- зации КузГТУ. e-mail: zaharova8@gmail.com	Шаурова Надежда Михайловна - канд.техн.наук, доц. каф. элек- тропривода и автоматизации КузГТУ. e-mail: anaa5283@mail.ru
---	---