

УДК 004.725.7

## ОЦЕНКА ЖИВУЧЕСТИ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ПРИ ГРОВОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Лозбинев Ф.Ю., Собенков К.Р., Пономарева А.В.

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Брянский филиал

Представлен вариант методики расчетной оценки коэффициента оперативной готовности Западной магистрали корпоративной сети связи органов власти Брянской области. Рассмотрен вариант классификации дестабилизирующих факторов в корпоративных сетях связи. Приведены статистические данные о грозовых воздействиях на Западную магистраль сети. Выполнена расчетная оценка структурной живучести магистрали при статистической и случайной вероятности грозовых воздействий.

**Ключевые слова:** телекоммуникационная сеть, живучесть, дестабилизирующие факторы, грозовые воздействия, вероятность воздействий, статистические показатели, случайная выборка, коэффициент оперативной готовности.

Настоящая работа представляет собой продолжение исследований реального объекта – мультисервисной корпоративной сети связи (МКСС) органов государственного и муниципального управления на территории Брянской области и посвящена оценке воздействия внешних дестабилизирующих факторов (ДФ) на показатели надёжности её функционирования. Подробная информация о создании, эволюции сети и развитии методики расчетной оценки показателей её надёжности приведена в работах [1-3].

Исследования воздействия внешних дестабилизирующих факторов выполнены на примере Западной магистрали (рис. 1), которая является наиболее сложным компонентом сети и включает 104 объекта: 68 радиоэлектронных средств (РЭС), 36 коммутаторов, 16 оконечных точек и 18 узлов ретрансляции. Расстояние от центра сети до самых удалённых оконечных точек составляет более 230 км.

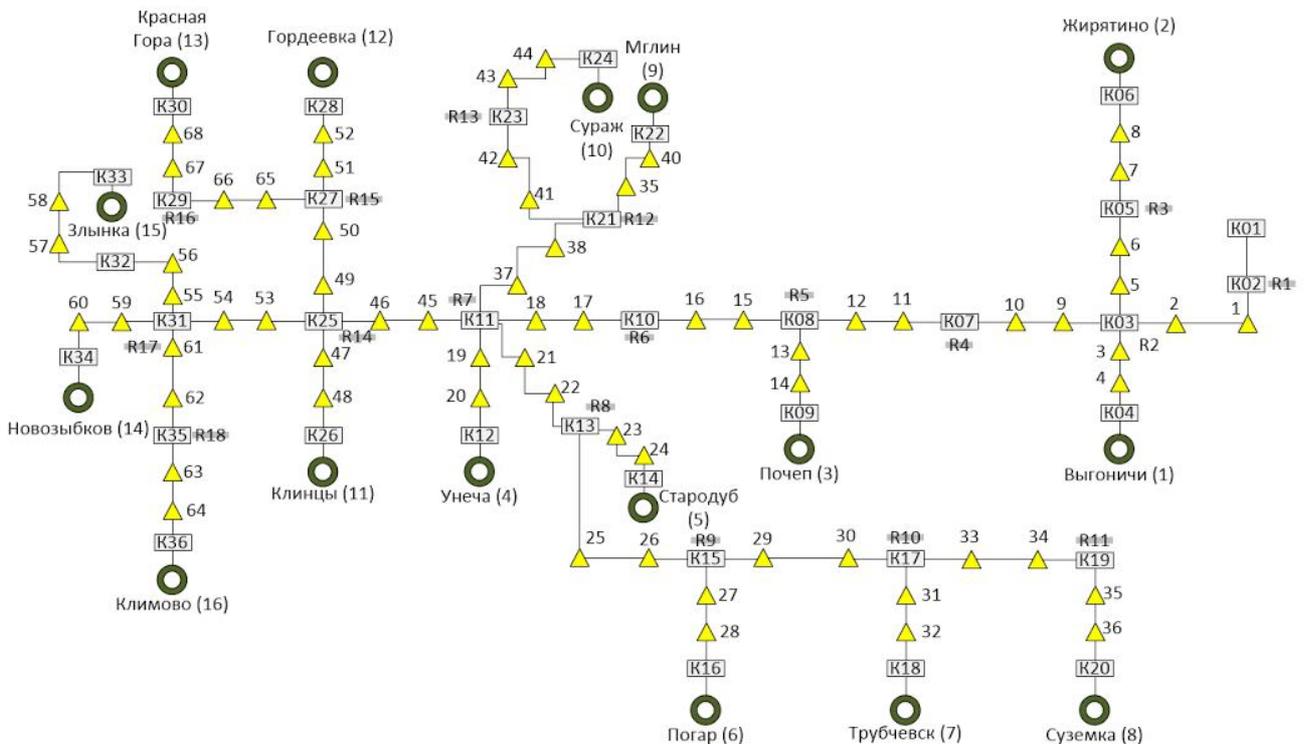


Рис. 1. Топологическая схема Западной магистрали корпоративной сети (R1 ... R18 – узлы ретрансляции)

В работе проф. А.Н.Назарова [4] для проведения обобщенной оценки надежности оборудования связи в комплексе и оценки надежности направлений (соединений) сети связи применяется коэффициент готовности  $K_z$ , определяемый показателями  $T_o$  и  $T_e$  :

$$K_z = T_o / (T_o + T_e), \quad (1)$$

где  $T_o$  – время наработки на отказ объекта связи (наработка от начала эксплуатации до возникновения отказа);  $T_e$  – время восстановления объекта связи (продолжительность восстановления до работоспособного состояния).

В качестве показателя структурной живучести (различают объектовую и структурную живучесть) канала связи применяется коэффициент оперативной готовности, определяемый по формуле [4]:

$$K_{oz} = P(T) K_z, \quad (2)$$

где  $P(T)$  – вероятность сохранения работоспособности канала связи при внешнем воздействии.

Последствия воздействия внешних дестабилизирующих факторов на сеть связи характеризуются низким, средним и высоким уровнем ущерба, наносимым сети связи внешним воздействием [4]. Низкий уровень ущерба при воздействии внешних дестабилизирующих факторов на сеть связи характеризуется выходом из строя 10% элементов сети, средний – 30% и высокий уровень ущерба – 50% элементов сети.

В [5] предложен вариант классификации дестабилизирующих факторов (рис. 2), воздействующих на МКСС.



Рис. 2. Дестабилизирующие факторы, воздействующие на сеть

Разделение ДФ на внутренние и внешние дает возможность представить показатель «устойчивость связи» как совокупность свойств надежности и живучести. При этом надежность определяется свойством сети сохранять работоспособность при воздействии внутренних ДФ, а живучесть – свойством сети сохранять работоспособность при воздействии внешних ДФ (как непреднамеренных, так и преднамеренных), задаваемых в виде модели воздействия [4].

Внутренние ДФ определяются характеристиками, обеспеченными и заявленными производителем оборудования. В числе внешних ДФ выделяются техногенные, природные и человеческие (непреднамеренные и преднамеренные) [5]. Техногенные ДФ на территории Брянской области обусловлены, в первую очередь, особенностями обеспечения электроэнергией районных центров и мест расположения объектов ретрансляции (в том числе, высотных

объектов операторов мобильной связи). К ДФ природного характера, которые можно прогнозировать как на основе логико-вероятностного подхода, так и с использованием нейро-нечёткого подхода, относятся грозовые и температурные воздействия.

Полное устранение всех ДФ принципиально невозможно. Задача состоит в выявлении факторов, от которых они зависят, в создании методов и средств уменьшения их влияния на безопасность сети, а также в эффективном распределении ресурсов для обеспечения защиты, равнопрочной по отношению ко всем негативным воздействиям [4].

В настоящей работе в качестве внешних ДФ, влияющих на надежность функционирования сети, рассматриваются только грозовые воздействия.

Гроза может оказать значительное разрушительное воздействие на телекоммуникационную сеть. Средняя гроза занимает приблизительно 10 км в ширину и перемещается со скоростью приблизительно 40 км в час [6]. Область наибольшей опасности – зона до 16 км перед передним краем грозового облака. Наиболее опасными являются воздействия, возникающие при прямом ударе молнии в объект связи (как правило, в антенно-мачтовые сооружения). Возникающий при этом бросок потенциала земли может достигать нескольких сотен тысяч вольт. На объекте связи, где не выполнен комплекс мер по защите от перенапряжений, при таком ударе молнии происходит массовый выход из строя оборудования. Часто повреждаются также воздушные линии связи и кабели, проложенные в грунте, особенно с высоким удельным сопротивлением.

Статистические данные по грозовым воздействиям на объекты Западной магистрали сети в течение 2014-2015 годов [7] представлены в табл. 1.

Таблица 1

Статистические данные по грозам в оконечных точках Западной магистрали в 2014-2015 годах

Оконечная точка	Продолжительность гроз, ч			Расчетное количество часов	
	2014 г.	2015 г.	Средняя	РЭС	ВОЛС+РЭС
1. Выгоничи	20	4	12	12	12
2. Жирятино	20	4	12	12	12
3. Почеп	16	16	16	16	16
4. Унеча	14	10	12	16	12
5. Стародуб	14	10	12	16	12
6. Погар	14	12	13	16	13
7. Трубчевск	14	10	12	16	12
8. Суземка	14	10	12	16	12
9. Мглин	14	8	11	16	11
10. Сураж	14	12	13	16	13
11. Клинцы	14	12	13	16	13
12. Гордеевка	16	14	15	16	15
13. Красная Гора	16	12	14	16	14
14. Новозыбков	16	12	14	16	14
15. Злынка	32	16	24	24	24
16. Климово	48	10	29	29	29

В случае использования технологической схемы, построенной только на РЭС, расчетное количество часов грозовых воздействий для оконечной точки принято (с учетом топологии магистрали) как максимальное из всех участков сети до рассматриваемой оконечной точки [4]. Также (с учетом [6]), принято предположение, что грозовые воздействия на сеть в промежуточных опорных точках сети не превышают уровня таких воздействий в оконечных точках.

При использовании технологической схемы, построенной на ВОЛС в сочетании с РЭС, для каждой оконечной точки принято реальное среднестатистическое количество часов грозовых воздействий.

Однако известно, что не каждое воздействие грозы может привести к повреждению оборудования. Расчетные величины вероятности повреждаемости  $P_n$  при различном прогнозируемом проценте повреждений от грозových воздействий для технологической схемы, построенной на ВОЛС в сочетании с РЭС на последней миле, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Вероятность повреждаемости  $P_n$  оборудования от грозových воздействий (ВОЛС в сочетании с РЭС DreamStation 5n-24D на последней миле)

Оконечная точка	Вероятность повреждаемости $P_n$ для процента повреждений от грозových воздействий					
	10	15	20	30	50	100
1. Выгоничи	0,00033	0,00050	0,00067	0,00100	0,00167	0,00333
2. Жирятино	0,00033	0,00050	0,00067	0,00100	0,00167	0,00333
3. Почеп	0,00044	0,00067	0,00089	0,00133	0,00222	0,00444
4. Унеча	0,00033	0,00050	0,00067	0,00100	0,00167	0,00333
5. Стародуб	0,00033	0,00050	0,00067	0,00100	0,00167	0,00333
6. Погар	0,00036	0,00054	0,00072	0,00108	0,00181	0,00361
7. Трубчевск	0,00033	0,00050	0,00067	0,00100	0,00167	0,00333
8. Суземка	0,00033	0,00050	0,00067	0,00100	0,00167	0,00333
9. Мглин	0,00031	0,00046	0,00061	0,00092	0,00153	0,00306
10. Сураж	0,00036	0,00054	0,00072	0,00108	0,00181	0,00361
11. Клинцы	0,00036	0,00054	0,00072	0,00108	0,00181	0,00361
12. Гордеевка	0,00042	0,00063	0,00083	0,00125	0,00208	0,00417
13. Красная Гора	0,00039	0,00058	0,00078	0,00117	0,00194	0,00389
14. Новозыбков	0,00039	0,00058	0,00078	0,00117	0,00194	0,00389
15. Злынка	0,00067	0,00100	0,00133	0,00200	0,00333	0,00667
16. Климово	0,00081	0,00121	0,00161	0,00242	0,00403	0,00806

Величина  $P_n$  определялась как отношение продолжительности гроз (в часах) в оконечной точке магистрали к времени грозоопасного периода (3600 часов; 5 месяцев с мая по сентябрь включительно).

С использованием методики, предложенной в работах [1-3], для Западной магистрали сети (при варианте технологической схемы с использованием ВОЛС в сочетании с РЭС DreamStation 5n-24D на последней миле) выполнены расчеты коэффициентов оперативной готовности  $K_{oz}$  конечных точек и магистрали в целом.

Для расчета использована следующая формула

$$K_{oz} = K_z \cdot (1 - P_n), \quad (3)$$

где  $P_n$  – вероятность повреждаемости оборудования от грозových воздействий (табл. 2);  $K_z$  – коэффициент готовности оконечной точки.

При выполнении расчетов рассматривались следующие вероятности повреждаемости оборудования в результате грозových воздействий: 0%, 10%, 15%, 20%, 30%, 50%, 100%.

Результаты расчетов представлены в табл. 3.

Диаграмма изменения коэффициента оперативной готовности Западной магистрали при среднестатистической вероятности грозových воздействий представлена на рис. 3.

Известно, что грозových воздействия на сеть могут произойти без какой бы то ни было статистической закономерности. Поэтому в работе также выполнен расчет коэффициентов оперативной готовности конечных точек магистрали при случайной выборке вероятности грозových воздействий (принцип Монте-Карло). Результаты расчетов представлены в табл. 4.

Диаграмма изменения коэффициента оперативной готовности Западной магистрали при случайной выборке вероятности грозových воздействий (по принципу Монте-Карло) представлена на рис. 4.

Таблица 3

Коэффициенты оперативной готовности  $K_{ог}$  конечных точек Западной магистрали при среднестатистической вероятности грозových воздействий

Оконечная точка	Коэффициент оперативной готовности $K_{ог}$ для процента повреждений от грозových воздействий						
	0	10	15	20	30	50	100
1. Выгоничи	0,99982	0,99949	0,99932	0,99915	0,99882	0,99815	0,99649
2. Жирятино	0,99784	0,99751	0,99734	0,99717	0,99684	0,99617	0,99451
3. Почеп	0,99980	0,99935	0,99913	0,99891	0,99846	0,99757	0,99535
4. Унеча	0,99975	0,99941	0,99925	0,99908	0,99875	0,99808	0,99641
5. Стародуб	0,99972	0,99939	0,99922	0,99905	0,99872	0,99805	0,99639
6. Погар	0,99970	0,99933	0,99915	0,99897	0,99861	0,99789	0,99609
7. Трубчевск	0,99967	0,99934	0,99917	0,99900	0,99867	0,99800	0,99634
8. Суземка	0,99193	0,99160	0,99143	0,99127	0,99094	0,99027	0,98862
9. Мглин	0,99443	0,99413	0,99397	0,99382	0,99352	0,99291	0,99139
10. Сураж	0,99162	0,99126	0,99108	0,99090	0,99054	0,98983	0,98804
11. Клинцы	0,99972	0,99936	0,99918	0,99900	0,99864	0,99791	0,99611
12. Гордеевка	0,99526	0,99484	0,99463	0,99443	0,99401	0,99318	0,99111
13. Красная Гора	0,99256	0,99218	0,99199	0,99179	0,99141	0,99063	0,98870
14. Новозыбков	0,99970	0,99931	0,99911	0,99892	0,99853	0,99775	0,99581
15. Злынка	0,99967	0,99900	0,99867	0,99834	0,99767	0,99634	0,99301
16. Климово	0,99967	0,99886	0,99846	0,99806	0,99725	0,99564	0,99162
Западная магистраль	0,99755	0,99715	0,99694	0,99674	0,99634	0,99553	0,99350

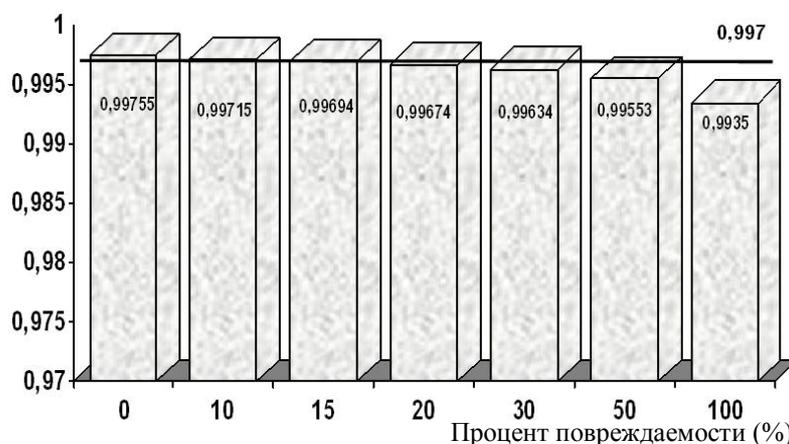


Рис. 3. Коэффициент оперативной готовности Западной магистрали при среднестатистической вероятности грозových воздействий

Таблица 4

Коэффициенты оперативной готовности  $K_{ог}$  конечных точек Западной магистрали при случайной выборке вероятности грозových воздействий

Оконечная точка	Коэффициент оперативной готовности $K_{ог}$ для процента повреждений от грозových воздействий						
	0	10	15	20	30	50	100
1. Выгоничи	0,99982	0,99926	0,99899	0,99871	0,99815	0,99704	0,99427
2. Жирятино	0,99784	0,99739	0,99717	0,99695	0,99651	0,99562	0,99340
3. Почеп	0,99980	0,99924	0,99896	0,99868	0,99813	0,99702	0,99424
4. Унеча	0,99975	0,99886	0,99841	0,99797	0,99708	0,99530	0,99086
5. Стародуб	0,99972	0,99839	0,99772	0,99705	0,99572	0,99306	0,98639

Окончание табл. 4

Оконечная точка	Коэффициент оперативной готовности $K_{ог}$ для процента повреждений от грозовых воздействий						
	0	10	15	20	30	50	100
6. Погар	0,99970	0,99931	0,99911	0,99892	0,99853	0,99775	0,99581
7. Трубчевск	0,99967	0,99923	0,99900	0,99878	0,99834	0,99745	0,99523
8. Суземка	0,99193	0,99154	0,99135	0,99116	0,99077	0,99000	0,98807
9. Мглин	0,99443	0,99399	0,99377	0,99355	0,99310	0,99222	0,99001
10. Сураж	0,99162	0,99123	0,99104	0,99085	0,99046	0,98969	0,98776
11. Клинцы	0,99972	0,99928	0,99905	0,99883	0,99839	0,99750	0,99528
12. Гордеевка	0,99526	0,99487	0,99468	0,99448	0,99409	0,99332	0,99139
13. Красная Гора	0,99256	0,99218	0,99199	0,99179	0,99141	0,99063	0,98870
14. Новозыбков	0,99970	0,99931	0,99911	0,99892	0,99853	0,99775	0,99581
15. Злынка	0,99967	0,99928	0,99909	0,99889	0,99850	0,99773	0,99578
16. Климово	0,99967	0,99928	0,99909	0,99889	0,99850	0,99773	0,99578
Западная магистраль	0,99755	0,99704	0,99678	0,99653	0,99601	0,99499	0,99242

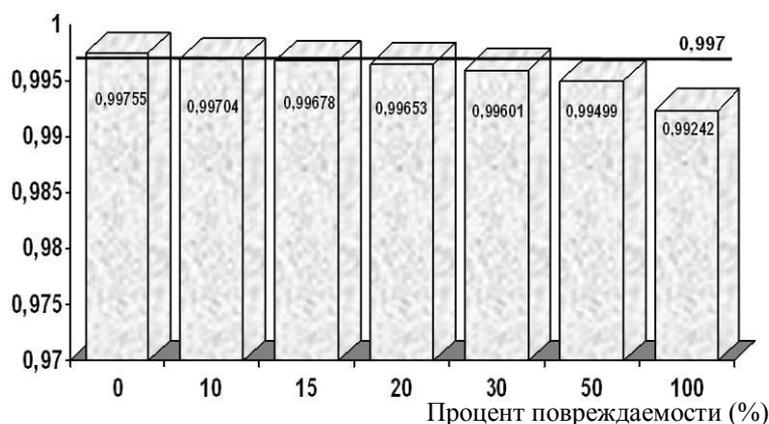


Рис. 4. Коэффициент оперативной готовности Западной магистрали при случайной выборке вероятности грозовых воздействий

Анализ результатов, представленных в табл. 3-4 и на диаграммах (рис. 3-4), позволяет сформулировать следующие выводы.

1. Разработанная методика позволяет осуществлять оценку живучести корпоративной сети связи при грозовых воздействиях.

2. При грозовых воздействиях в рассмотренной магистрали сети можно считать, что требования соответствия коэффициента оперативной готовности для существующих сетей связи нормативному (0,997) перестают выполняться при предполагаемых 15...20% повреждений от указанных воздействий.

3. При предполагаемых 100% повреждениях на магистрали требования соответствия нормативному коэффициенту готовности (0,997) не выполняются.

4. Даже при предполагаемых 10% повреждениях требования к коэффициенту оперативной готовности для сетей связи следующего поколения (0,9994) также не выполняются.

5. Показатели живучести магистрали телекоммуникационной сети связи не являются стабильной величиной, а динамически изменяются в зависимости от сезонного характера воздействия дестабилизирующих факторов.

6. Случайный характер вероятности грозовых воздействий на магистраль сети в рамках рассмотренной территории не оказывает существенного влияния на качественную картину распределения расчетного коэффициента оперативной готовности исследуемой магистрали сети.

7. Грозовые воздействия на сеть в 2014-2015 годах можно считать не очень чувствительными. Необходимо выполнить исследования с большей глубиной статистического ряда.

8. В качестве перспективных задач дальнейшего исследования живучести рассмотренной магистрали сети следует обозначить следующие:

- вероятность повреждаемости оборудования (вопросы объектной живучести) следует рассмотреть как функцию, зависящую от высоты подвеса оборудования над землёй и от частоты грозových воздействий на промежуточные опорные точки сети с учетом их реальной статистики в этих промежуточных точках;

- прогнозную оценку грозových воздействий на сеть целесообразно рассмотреть также в рамках нейро-нечеткого подхода;

- помимо грозových воздействий необходимо также рассмотреть влияние на сеть температурных, техногенных и человеческих ДФ.

### **Список литературы**

1. Лозбинеv, Ф.Ю. Методика оценки готовности телекоммуникационных сетей органов власти на примере территории Брянской области / Ф.Ю. Лозбинеv, А.П. Кобышев // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2015. - №2. - С. 110-115.

2. Лозбинеv, Ф.Ю. Совершенствование методов оценки надёжности мультисервисной корпоративной сети связи на основе логико-вероятностного подхода / Ф.Ю. Лозбинеv, Е.В. Колесник, А.А. Гамов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. - 2015. - № 2. - С.52-66. <http://ntv-brgu.ru/index.php/2-2015/>.

3. Лозбинеv, Ф.Ю. Расчетная оценка элементной и структурной надёжности корпоративной телекоммуникационной сети на территории Брянской области / Ф.Ю. Лозбинеv, А.А. Гамов, Е.В. Колесник // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2016. - № 1. - С.66-73. <http://ntv-brgu.ru/index.php/1-2016/>.

4. Назаров, А.Н. Модели и методы расчета показателей качества функционирования узлового оборудования и структурно-сетевых параметров сетей связи следующего поколения / А.Н. Назаров, К.И. Сычев. – Красноярск: ООО «Поликом», 2010. - 389 с.

5. Лозбинеv, Ф.Ю. Особенности эксплуатации корпоративных телекоммуникационных сетей органов власти в Брянской области / Ф.Ю. Лозбинеv, Е.В. Колесник, К.М. Блиновский // Сб. статей и материалов IX Международной науч.-практ. конф. «Традиции и инновации в государственном и муниципальном управлении: вузовское измерение». – Брянск: Брянский филиал РАНХиГС, 2015. - Т.2. - С.61-66.

6. Химич, П. Принципы комплексной грозозащиты электронного оборудования / Петр Химич // Электрик: Международный электротехнический журнал. - 2011. - № 7/8. - С. 52-60.

7. Сайт GISMETEO Прогноз погоды [электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.gismeteo.ru](http://www.gismeteo.ru), свободный.

### **Сведения об авторах**

Лозбинеv Фёдор Юрьевич - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой математики и информационных технологий, Брянский филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», [flozbinev@yandex.ru](mailto:flozbinev@yandex.ru).

Собенков Константин Романович - бакалавр направления подготовки «Прикладная информатика», Брянский филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», [sobenkov95@yandex.ru](mailto:sobenkov95@yandex.ru).

Пономарева Александра Васильевна - студент направления подготовки «Прикладная информатика», Брянский филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», [shura\\_ponomareva@bk.ru](mailto:shura_ponomareva@bk.ru).

## ESTIMATION OF VITALITY OF CORPORATIVE TELECOMMUNICATIONS UNDER THUNDERSTORM INFLUENCE

Lozbinev F.Yu., Sobenkov K.R., Ponomareva A.V.

The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Bryansk filial

The variant of the methods of the accounting estimation of the factor to operative readiness of West pathway of corporative telecommunications of organ of power of Bryansk region is presented. The variant of categorizations of destructor factor in corporative telecommunications is considered. The statistical given about thunderstorm influence on West pathway of the network are brought. Accounting estimation of structured vitality of pathways at statistical and casual probability thunderstorm influence is executed.

**Key words:** telecommunication network, vitality, destructor factors, thunderstorm influences, probability influence, statistical factors, casual sample, factor of operative readiness.

### References

1. Lozbinev F.Yu., Kobyshev A.P. Methods of the estimation of readiness of the telecommunication networks of organs of administration on example of the territory of Bryansk region, *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2015, No.2, pp. 110-115.

2. Lozbinev F.Yu., Kolesnik E.V., Gamov A.A. Improvement of the methods of the estimation of reliability of multifunction corporative telecommunications on base of logician-probabilistic approach. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, No. 2, pp. 52-66.

3. Lozbinev F.Yu., Gamov A.A., Kolesnik E.V. The accounting estimation of element and structured reliability of corporative telecommunication network on territory of Bryansk region. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, No.1, pp. 66-73.

4. Nazarov A.N., Sychev K.I. Models and methods of the calculation of the factors quality operating the node equipment and structured-network parameter telecommunications following generation. Krasnoyarsk, publishers ООО «Polikom», 2010. 389 p.

5. Lozbinev F.Yu., Kolesnik E.V., Blindovsky K.M. Particularities of usages of the corporative telecommunication networks of government organs in Bryansk region. *Sbornik statey i materialov IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Traditsii i innovatsii v gosudarstvennom i munitsipalnom upravlenii: vuzovskoe izmerenie"* [Collection articles and materials of IX International scientifically-practical conference «Traditions and innovations of state and municipal management: high school measurement»]. The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Bryansk filial, 2015, Part 2, pp. 61-66.

6. Himich, P. Principles of complex protection of electronic equipment from thunderstorm. *Electrical engineer: International electrical engineering journal*, 2011, No.7/8, pp. 52-60.

7. GISMETEO Weather forecast [electronic resource]. – Available^ [www.gismeteo.ru](http://www.gismeteo.ru), free/.

### Authors' information

Fedor Yu. Lozbinev - Doctor of the Technical Sciences, Professor, Head of chair of mathematics and information technology at The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Bryansk filial, [flozbinev@yandex.ru](mailto:flozbinev@yandex.ru).

Konstantin R. Sobenkov - Bachelor of directions of preparation «Applied informatics» at The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Bryansk filial, [sobenkov95@yandex.ru](mailto:sobenkov95@yandex.ru).

Alexandra V. Ponomareva - Student of directions of preparation «Applied informatics» at The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Bryansk filial, [shura\\_ponomareva@bk.ru](mailto:shura_ponomareva@bk.ru).