

КНЯЗЕВА Н. А., д.т.н., профессор,  
ЗИМЕНКО Л. Н., аспирант (Одесская национальная академия пищевых технологий)

## Метод обеспечения структурной живучести интеллектуальной надстройки

*Работа посвящена разработке метода обеспечения структурной живучести интеллектуальной надстройки с централизованным принципом управления при предоставлении интеллектуальных сервисов в сетях следующего поколения. Для оценки структурной живучести интеллектуальной надстройки предложено средневзвешенное значение верхней и нижней границы структурной живучести. Предложен способ определения верхней и нижней границ структурной живучести.*

**Ключевые слова:** структурная живучесть, интеллектуальная надстройка, верхняя граница живучести, нижняя граница живучести.

### Постановка задачи, анализ последних исследований и публикаций

При проектировании сети следующего поколения (NGN, Next Generation Network) и во время последующей ее эксплуатации одной из актуальных задач является оценка, обеспечение и повышение живучести сети, отдельных узлов и каналов связи.

Живучесть сети – способность сети сохранять и восстанавливать выполнение основных функций в заданном объеме и на протяжении заданного времени в случае изменения структуры сети и/или алгоритмов и условий ее функционирования вследствие неблагоприятных воздействий (НВ) [1].

Вопросам обеспечения живучести систем и сетей различного назначения посвящен ряд работ украинских и российских авторов: Ю. И. Громова [1], А. Г. Додонова, Л. В. Ландэ [2], Ю. И. Стекольников [3] и других.

При выборе способа оценки, повышения и обеспечения живучести в системах различного назначения важной задачей является выбор показателей живучести, которые должны удовлетворять следующим основным требованиям [3]:

а) по смысловому содержанию показатель должен соответствовать определению свойства живучести систем;

б) показатель должен обеспечивать достаточно высокий уровень системности исследований;

в) показатель должен обеспечивать возможность разработки моделей живучести систем, доступных для проведения исследований и выполнения расчетов;

г) показатель должен быть чувствительным к манипуляциям на уровне характеристик свойства живучести.

Известно, что оценка показателей живучести систем осуществляется аналитическими методами. Существуют различные аналитические модели и методы синтеза живучих систем, оценки, обеспечения и повышения живучести систем различного назначения, основанные на разнообразных подходах: на использовании теоретико-игрового, энтропийного подходов, на использовании логико-вероятностных, детерминированных и стохастических моделей невосстанавливаемых и восстанавливаемых систем, а также методы, которые основаны на использовании искусственного интеллекта [1 – 4].

В соответствии с концепцией развития NGN развивается и спектр предоставляемых сервисов, в том числе и интеллектуальных сервисов (ИС), для управления предоставлением которых применяются интеллектуальные надстройки (ИН) с централизованным принципом управления (ЦПУ). В связи с этим вопросы оценки, обеспечения и повышения живучести ИН приобретают особую актуальность. Телекоммуникационные сети, и соответственно ИН, относятся к структурным системам, в соответствии с чем, особое значение для ИН приобретают вопросы обеспечения структурной живучести, что определяет возможность разработки методов обеспечения структурной живучести ИН, основанных на использовании потокового подхода [2, 4].

### Формирование цели исследования

Целью данной работы является разработка метода обеспечения структурной живучести интеллектуальной надстройки с централизованным принципом управления, реализующего потоковый подход с использованием предложенного показателя структурной живучести, определяемого на основе нижней и верхней границ структурной живучести,

достижение требуемого значения которого обеспечивается введением структурной избыточности (поскольку свойством живучести обладают только избыточные системы), осуществляемой с использованием оптимизационной процедуры резервирования тех ветвей, которые образуют множество путей, организуемых для обслуживания поступающих в сеть заявок на предоставление ИС, и тех ветвей сечений, разделяющих множество путей, выбор которых определяется на основе максимизации эффективности каждого этапа резервирования.

Именно потоковый подход позволяет [2, 3]:

- обосновать требования к структуре ИН с учетом заданного (директивного) уровня показателя структурной живучести;
- выбрать лучший по показателю структурной живучести проект системы из рассматриваемых альтернатив;
- обеспечить показателю структурной живучести максимальное значение в некоторой области допустимых значений.

**Основной материал**

Интеллектуальная надстройка – устройство, управляющее ИС (например, сервис 800, сервис VAS – Value Added Services, сервисы с добавленной стоимостью, Freephone – звонок за счет вызываемой стороны, Rate Service – звонки с дополнительной платой, проверка исходящих вызовов и другие). ИС – дополнительный сервис телекоммуникационной сети, при предоставлении которого происходит изменение процесса обслуживания вызова в части процедур маршрутизации или тарификации.

Общий вид ИН с ЦПУ представлен на рис. 1 [5].

Как видно из рис. 1, программные коммутаторы Softswitch соединены между собой. В случае невозможности обработки заявки на ИС одним из Softswitch, заявка поступает далее на обработку к другому Softswitch, пока не будет обработана и передана на сервер услуг. Таким образом, на одном уровне между программными коммутаторами Softswitch есть равноправные связи, благодаря использованию которых может быть образовано множество путей (маршрутов) обслуживания заявки на ИС:  $M_{st} = \{\mu_{st}^k\}$ , где  $k = \overline{1, K}$ ,  $K$  – количество путей между пунктами  $s$  (пользователь) и  $t$  (сервер услуг).

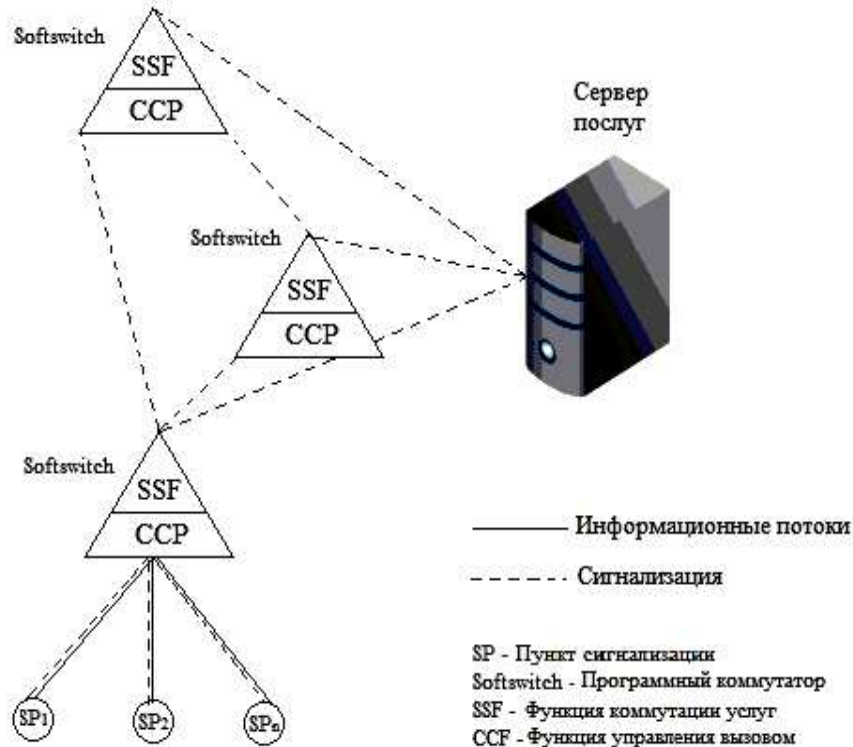


Рис. 1. Интеллектуальная надстройка с централизованной архитектурой

В качестве показателя структурной живучести ИН –  $P_{ИН}$  – в данной работе предложено средневзвешенное значение нижней и верхней границ структурной живучести.

Верхняя граница структурной живучести ( $P_{ВГСЖ}$ ) определяется на основе множества путей, используемых для обслуживания поступающих заявок на ИС. При определении  $P_{ВГСЖ}$  принимается гипотеза: пути считаются независимыми, образующими параллельную структуру. Нижняя граница структурной живучести ( $P_{НГСЖ}$ ) определяется на основе множества сечений, разделяющих множество путей, используемых для обслуживания заявок на ИС. При определении нижней границы структурной живучести  $P_{НГСЖ}$  принимается гипотеза, что все сечения образуют последовательную структуру. Показатель  $P_{ИН}$  определяется в соответствии с выражением (1):

$$P_{ИН} = \frac{P_{ВГСЖ} w_{ВГСЖ} + P_{НГСЖ} w_{НГСЖ}}{w_{ВГСЖ} + w_{НГСЖ}}, \quad (1)$$

где  $w_{ВГСЖ}$  и  $w_{НГСЖ}$  – весовые коэффициенты, определяющие важность, значимость для определения  $P_{ИН}$  показателей  $P_{ВГСЖ}$  и  $P_{НГСЖ}$ , соответственно.

В случае нормирования значений весовых коэффициентов, а именно:

$$w_{ВГСЖ} + w_{НГСЖ} = 1, \quad (2)$$

выражение (1) принимает вид:

$$P_{ИН} = P_{ВГСЖ} w_{ВГСЖ} + P_{НГСЖ} w_{НГСЖ}. \quad (3)$$

Значения  $w_{ВГСЖ}$  и  $w_{НГСЖ}$  целесообразно определять на основе экспертных оценок.

В случае, когда один из коэффициентов  $w_{ВГСЖ} / w_{НГСЖ} = 0$ , показатель  $P_{ИН} = P_{НГСЖ} / P_{ВГСЖ}$ .

Таким образом, в соответствии с выражениями (1) / (3) показатель структурной живучести  $P_{ИН}$  может быть рассчитан как средневзвешенное значение граничных значений  $P_{ВГСЖ}$  и  $P_{НГСЖ}$ , так и по каждому из граничных значений.

Выбор показателя –  $P_{ИН}$  – определяется тем, что данный показатель удовлетворяет основным требованиям (а) – (г) [3], а именно:

а) по смысловому содержанию  $P_{ИН}$  определяется на основе потокового подхода, который используется для решения задач синтеза живучих систем, оценки, обеспечения и повышения живучести систем;

б) достаточно высокий уровень системности исследований обеспечивается учетом множества путей, организуемых для обслуживания поступающих в сеть заявок на ИС, и множества сечений, разделяющих эти пути;

в) показатель  $P_{ИН}$  имеет высокую степень формализации, что позволяет выполнить его расчет и провести исследование его изменений при изменении ситуации в ИН;

г) расчет  $P_{ИН}$  осуществляется на основе учета требований на предоставление ИС, поступивших в ИН, и возможностей по их обслуживанию, что позволяет обеспечить чувствительность показателя к любым манипуляциям на уровне характеристик ИН.

Кроме того, данный показатель полностью соответствует критериям разработки живучих систем – пригодности, сравнительной оценки и оптимальности:

$P_{ИН}$  определяется на основе потокового подхода, что соответствует критерию пригодности; определение достижения показателем требуемого значения осуществляется на основе учета существующих ограничений, что определяется критерием сравнительной оценки; требуемое значение  $P_{ИН}$  достигается в процессе оптимизации (максимизации) его значения, что соответствует критерию оптимальности.

Суть процедуры определения  $P_{ИН}$  состоит в следующем.

Верхняя граница структурной живучести определяется как вероятность непоражения хотя бы одного пути  $\mu_{st}^k$  множества путей  $M_{st}$  обслуживания заявки на ИС:

$$P_{ВГСЖ} = 1 - \prod_{\mu_{st}^k \in M_{st}} (1 - \prod_{\beta_{xy} \in \mu_{st}^k} p_{xy}), \quad (4)$$

где  $\beta_{xy}$  – участок пути  $\mu_{st}^k$ ;

$p_{xy}$  – вероятность непоражения участка  $\beta_{xy}$  при НВ.

Нижняя граница структурной живучести определяется как вероятность непоражения множества сечений  $\delta_{st}$ , разделяющих множество путей  $M_{st}$  обслуживания заявки на ИС:

$$P_{НГСЖ} = \prod_{\delta_{st}^l \in \delta_{st}} (1 - \prod_{\beta_{xy} \in \delta_{st}^l} (1 - p_{xy})), \quad (5)$$

где  $\beta_{xy}$  – участок сечения  $\delta_{st}^l$  ( $l = \overline{1, L}$ ,  $L$  – количество сечений разделяющих множество путей  $M_{st}$ ).

Суть метода обеспечения структурной живучести ИН сводится к следующему.

Полученное на основе выражений (1) или (3) значение показателя структурной живучести ИН  $P_{ИН}$  сравнивается с требуемым значением  $P_{ТР}$  :

$$P_{ИН} \geq P_{ТР}, \quad (6)$$

где  $P_{ИН}$  – вероятность непоражения системы предоставления ИС при НВ, т. е. показатель структурной живучести ИН;

$P_{ТР}$  – требуемый показатель структурной живучести ИН.

Если условие (6) выполняется, это означает, что необходимое значение показателя структурной живучести  $P_{ИН}$  достигнуто, система предоставления ИС удовлетворяет заданному требованию к структурной живучести.

При невыполнении условия (6) – переход к процедуре обеспечения необходимого значения структурной живучести  $P_{ТР}$ .

В данной работе задача обеспечения структурной живучести ИН формулируется как задача линейного программирования, в результате решения которой формируется оптимальная структура резерва участков путей (сечений), а именно:

Минимизировать значение целевой функции (7) при выполнении ограничения (8):

$$C_{СИС} = \prod_{i=1}^n c_i m_i \rightarrow \min, \quad (7)$$

где  $C_{СИС}$  – стоимость системы резервных элементов;

$i$  – номер участка в системе;

$n$  – количество участков в системе;

$c_i$  – стоимость  $i$ -го резервного участка системы;

$m_i$  – кратность резервирования  $i$ -го участка системы.

Решение представленной оптимизационной задачи сводится к следующему. Найти вектор оптимальной структуры резерва  $M(m_1, m_2, \dots, m_n)$ , обеспечивающий минимум функции (7) при ограничении (6).

Создание оптимальной резервируемой системы представим в виде следующего многошагового процесса. Рассматривается система, которая состоит из  $n$  участков сети, при том, что на начальном этапе процесса допускается, что ни у одного из участков нет резервных элементов. На первом шаге процесса отыскивается такой участок, добавление к которому одного резервного элемента дает наибольший "удельный" выигрыш в приросте показателя структурной живучести системы в целом, то есть наибольший прирост на единицу стоимости. Оценка эффективности резервирования участка выполняется с использованием градиентного метода на основе показателя (8), рассчитываемого для каждого  $i$ -го участка при увеличении кратности его резервирования на единицу [4]:

$$\gamma(m_i + 1) = \frac{p_i(m_i + 1) - p_i m_i}{c_i \cdot p_i(m_i)}. \quad (8)$$

Здесь  $p_i(m_i + 1), p_i m_i$  – значения показателя вероятности непоражения  $i$ -го участка при кратности резервирования  $(m_i + 1)$  и  $m_i$ . Необходимость резервирования каждого участка определяется на основе учета влияния этого процесса на изменение значений  $P_{ВГСЖ}$  и  $P_{НГСЖ}$ , что осуществляется с помощью показателей  $\gamma_{ВГСЖ}(m_i + 1)$  и  $\gamma_{НГСЖ}(m_i + 1)$ , рассчитываемых в соответствии с выражением (8) для множеств путей (показатель  $\gamma_{ВГСЖ}(m_i + 1)$ ) и для множеств сечений (показатель  $\gamma_{НГСЖ}(m_i + 1)$ ). В результате чего для каждого  $i$ -го участка формируется средневзвешенная величина (9), максимальное значение которой среди всех полученных средневзвешенных величин и определяет номер участка для увеличения на единицу кратности его резерва на данном шаге.

$$\gamma_{срзв} = \frac{w_{ВГСЖ} \gamma_{ВГСЖ} + w_{НГСЖ} \gamma_{НГСЖ}}{2}, \quad (9)$$

где  $\gamma_{ВГСЖ}$  и  $\gamma_{НГСЖ}$  – значение градиентов для расчетов нижней и верхней границ показателей структурной живучести, соответственно.

На втором шаге отыскивается следующий участок (включая и тот, к которому только что был присоединен резервный элемент), добавление к которому одного резервного элемента дает опять наибольшее относительное увеличение показателя структурной живучести системы в целом. Аналогичным способом процесс построения системы оптимального резервирования продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто выполнение условия (6).

Реализуем предложенный метод обеспечения структурной живучести ИН, представленной на рис. 1.

ИН с централизованной архитектурой представим в виде графа (рис. 2).

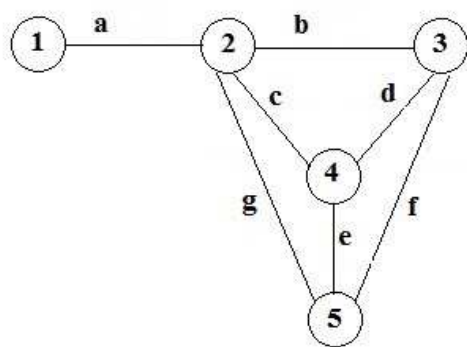


Рис. 2. Граф сети

Вершины графа на рис. 2 имеют следующие обозначения: «1» – пользователь, «2», «3», «4» – программные коммутаторы Softswitch, «5» – сервер услуг.

Исходные данные – стоимость резервного оборудования (в условных единицах) и вероятности непопадения участков сети при НВ – приведены в табл. 1.

$$P_{ВГСЖ} = 1 - (1 - p_a p_g)(1 - p_a p_b p_f)(1 - p_a p_c p_e)(1 - p_a p_b p_d p_e)(1 - p_a p_c p_d p_f) = 1 - (1 - 0,85 \cdot 0,91)(1 - 0,85 \cdot 0,91 \cdot 0,91)(1 - 0,85 \cdot 0,95 \cdot 0,95) \times (1 - 0,85 \cdot 0,91 \cdot 0,95 \cdot 0,95)(1 - 0,85 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,91) = 0,99858.$$

Для расчета показателя  $P_{НГСЖ}$  определим разделяющее множество сечений (12) для полученных допустимых путей (11), выделив сечения ранга  $r \leq 4$  [6]:

$$P_{НГСЖ} = (1 - (1 - p_a))(1 - (1 - p_b)(1 - p_c)(1 - p_g))(1 - (1 - p_b)(1 - p_d)(1 - p_e)(1 - p_g)) \times (1 - (1 - p_d)(1 - p_e)(1 - p_f))(1 - (1 - p_c)(1 - p_d)(1 - p_f)(1 - p_g)) \times (1 - (1 - p_e)(1 - p_f)(1 - p_g)) = 0,84907.$$

Таблица 1

Исходные данные ИН

Участок	a	b	c	d	e	f	g
Стоимость (у. е.)	1	1	1	2	2	2	1
Вероятность непопадения	0,85	0,91	0,95	0,95	0,95	0,91	0,91

Необходимо обеспечить требуемый уровень структурной живучести ИН  $P_{TP} = 0,99$ .

Для расчетов примем весовые коэффициенты следующими:  $w_{ВГСЖ} = 0,4$  и  $w_{НГСЖ} = 0,6$ .

Для нахождения значений показателя структурной живучести  $P_{ВГСЖ}$  определим множество путей  $m_{15}$  прохождения заявки на ИС от пользователя «1» к серверу услуг «5» и представим их в дизъюнктивной нормальной форме (10):

$$m_{15} = ag + abf + ace + abdcg + abde + acdf. \quad (10)$$

Примечание. Для упрощения расчетов в путях выражения (10) учтены лишь участки, соответствующие ребрам графа, образующим пути.

Из полученного множества путей (10) выбираются допустимые пути. Будем считать допустимыми пути, ранг которых  $r \leq 4$ . Тогда из множества путей (10) получим множество допустимых путей (11):

$$m_{15}^{r \leq 4} = ag + abf + ace + abde + acdf. \quad (11)$$

Найдем значение верхней границы живучести

$P_{ВГСЖ}$  с использованием (4) и данных табл. 1:

$$\delta_{15}^{r \leq 4} = a + bcs + dbeg + def + cdfg + efg. \quad (12)$$

Примечание. Ранг пути (сечения) – количество ветвей, составляющих путь (сечение).

На основе данных табл. 1 в соответствии с (5) получим:

На основе выражения (1) определим  $P_{ИН} = 0,90887$ . Поскольку полученный показатель структурной живучести  $P_{ИН} = 0,90887$  не обеспечивает выполнение условия (6), т. е.  $P_{ИН} = 0,98572 < P_{ТР} = 0,99$ , необходимо перейти к процедуре структурного резервирования участков сети – решению задачи (7) при ограничении (6).

Первый шаг расчетов состоит в определении значений  $\gamma_{ВГСЖ}(m_i + 1)$  и  $\gamma_{НГСЖ}(m_i + 1)$  при подключении резервного оборудования к каждому из участков сети, расчета  $\gamma_{срвзв}$  и выбора того участка, подключение резервного оборудования к которому обеспечивает максимальное значение  $\gamma_{срвзв}$ .

В табл. 2, столбцах 2 – 4 указаны значения  $P_{ВГСЖ}$ ,  $C_{ВГСЖ}$  (стоимость резервного оборудования) и показатель  $\gamma_{ВГСЖ}(m_i + 1)$ , полученные при расчете  $P_{ВГСЖ}$ . Столбцы 5 – 7 содержат аналогичную

информацию для расчета  $P_{НГСЖ}$ . Все эти значения рассчитываются для каждого из участков (a – g). В столбец 8 записывается значение показателя  $\gamma_{срвзв}$ , полученного на основе (9), максимальное значение которого и определяет выбор участка для резервирования.

В результате выполнения шага 1 резервное оборудование следует ввести на участке «a». Полученное на этом шаге значение  $P_{ИН} = 0,98572 < P_{ТР} = 0,99$ . Следовательно, процесс резервирования необходимо продолжить.

Результаты выполнения шага 2 представлены в табл. 2. На данном шаге следует выполнить резервирование участка «a», что обеспечивает значение показателя структурной живучести  $P_{ИН} = 0,99733$ .

Поскольку при этом условии (6) выполняется, т. е.  $P_{ИН} = 0,99733 > P_{ТР} = 0,99$ , процесс формирования оптимальной структуры резерва завершен.

Таблица 2

Результаты расчетов резервирования участков

Номер шага	$P_{ВГСЖ}^{15}$	$C_{ВГСЖ}$	$\gamma_{ВГСЖ}(m_i + 1)$	$P_{НГСЖ}^{15}$	$C_{НГСЖ}$	$\gamma_{НГСЖ}(m_i + 1)$	$\gamma_{срвзв}$
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,99858	0	0	0,84907	0	0	0
1							
a	0,99990	5	0,00026	0,97644	1	0,15000	0,04505
b	0,99911	2	0,00027	0,84939	2	0,00019	0,00011
c	0,99929	2	0,00036	0,84941	2	0,00020	0,00013
d	0,99887	4	0,00007	0,84927	6	0,00004	0,00002
e	0,99895	4	0,00009	0,84959	6	0,00010	0,00005
f	0,99911	4	0,00013	0,84957	6	0,00009	0,00005
g	0,99901	1	0,00043	0,84971	4	0,00019	0,00014
2							
a	0,99999	10	0,00014	0,99557	2	0,08627	0,02591
b	0,99911	4	0,00013	0,84933	4	0,00007	0,00005
c	0,99930	4	0,00018	0,84942	4	0,00001	0,00004
d	0,99923	8	0,00008	0,84928	12	0,00002	0,00002
e	0,99896	8	0,00005	0,84962	12	0,00005	0,00003
f	0,99916	8	0,00007	0,84961	12	0,00005	0,00003
g	0,99905	2	0,00026	0,84943	8	0,00005	0,00007

В результате получен вектор оптимальной структуры резерва:

$$M(m_a, m_b, m_c, m_d, m_e, m_f, m_g) = (2, 0, 0, 0, 0, 0, 0).$$

Это значит, что кратность резервирования участка «a» равна «2», что обеспечивает требуемый показатель структурной живучести ИН. При этом минимально

возможная стоимость резервного оборудования составит  $C = 2 y.e.$

#### Выводы

В работе представлен метод обеспечения структурной живучести ТКС на основе предложенного показателя структурной живучести – средневзвешенного значения нижней и верхней

границ структурной живучести. Предложен способ определения верхней и нижней границ структурной живучести. Задача обеспечения структурной живучести ИН сформулирована как задача линейного программирования. Представлен метод достижения требуемого значения структурной живучести ИН на основе введения структурной избыточности путем использования оптимизационной процедуры резервирования участков путей, используемых для предоставления ИС, и сечений, разделяющих данные пути, выбор которых определяется на основе максимизации эффективности каждого этапа резервирования.

Выполнен пример реализации предложенного метода обеспечения структурной живучести интеллектуальной надстройки с централизованным принципом управления.

#### Литература

1. Громов, Ю. Ю. Синтез и анализ живучести сетевых систем [Текст]: монография / Ю. Ю. Громов, В. О. Драчев, К. А. Набатов, О. Г. Иванова. – М.: «Изд-во Машиностроение-1», 2007. – 152 с. – ISBN 978-5-94275-386-3.
2. Додонов, А. Г. Живучесть информационных систем [Текст] / А. Г. Додонов, Д. В. Ландэ. – К.: Наук. думка, 2011. – 256 с. – ISBN 978-966-00-0973-9
3. Стекольников, Ю. И. Живучесть систем [Текст] / Ю. И. Стекольников. – СПб.: Политехника, 2002. – 152 с.
4. Князева, Н. А. Метод обеспечения структурной живучести телекоммуникационной сети [Текст] / Н. А. Князева // International Journal Information technologies and knowledge. – 2014. – С. 152-165.
5. Шестопапов, С. В. Оцінка загального часу обслуговування заявки на додаткову послугу системами управління [Текст] / С. В. Шестопапов // Проблеми інформатизації та управління. – 2009. – 3(27).
6. Князева, Н. О. Теорія проектування комп'ютерних систем та мереж. Ч.2. Методи аналізу і синтезу комп'ютерних мереж [Текст] / Н. О. Князева. – Одеса: СПД Бровкін О.В., 2012. – 240 с.

**Kniazieva N.A., Zimenko L.N. The Method of Providing Structural Survivability of Intelligent superstructure.** The work is dedicated to the development of the method for determining the structure of survivability of intelligent superstructure (IS) with centralized control principle in the providing the intelligent services in the Next Generation Networks. To assess the structural survivability of IS here is offered an average weighted value of the lower and upper limits of structural survivability.

It is noted that nowadays the demand for intelligent services is being increased and they can be provided by IS. Here is shown actuality of determining the structural survivability of the system of intelligent services.

It is suggested as an indicator of structural survivability (formula (1)) the determining of an average weighted value of the upper and lower limits of structural survivability. In its turn, the upper limit of structural survivability of IS is determined on the basis of the multiple paths used for servicing the requests for IS. The lower limit of a structural survivability is determined on the basis of the set of links that distribute multiple of paths that are used for maintenance of IS applications.

**Keywords:** structural survivability, intelligent superstructure, the upper limit of survivability, the lower limit of survivability.

**Князева Н. О., Зіменко Л. М. Метод забезпечення структурної живучості інтелектуальної надбудови.** Робота присвячена розробленню методу забезпечення структурної живучості інтелектуальної надбудови з централізованим принципом управління при наданні інтелектуальних сервісів у мережах наступного покоління. Для оцінки структурної живучості інтелектуальної надбудови запропоновано середньозважене значення верхньої і нижньої границі структурної живучості. Запропоновано спосіб визначення верхньої та нижньої границі структурної живучості.

**Ключові слова:** структурна живучість, інтелектуальна надбудова, верхня границя живучості, нижня границя живучості.

Поступила 28.10.2016

**Князева Н. О.** доктор технічних наук, професор, професор кафедри Комп'ютерної інженерії, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, Україна, E-mail: [knyazeva@ukr.net](mailto:knyazeva@ukr.net)

**Зіменко Л. М.** аспірант кафедри Комп'ютерної інженерії, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, Україна, E-mail: [zimenko.liliya@gmail.com](mailto:zimenko.liliya@gmail.com)

**Kniazieva N. A.** Doctor of engineering, professor, professor of Department of Computer Engineering, Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine. E-mail: [knyazeva@ukr.net](mailto:knyazeva@ukr.net)

**Zimenko L. N.** graduate student of Department of Computer Engineering, Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine. E-mail: [zimenko.liliya@gmail.com](mailto:zimenko.liliya@gmail.com)