

УДК 614.8+351.86

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ШТАТНОЙ СТРУКТУРЫ АЭРОМОБИЛЬНЫХ ГРУППИРОВОК В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ МЧС РОССИИ

Д. Н. Костылев, М. А. Разводов, И. В. Кудрявцев
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера требуют срочного реагирования со стороны государственных структур. Актуальной задачей в таких условиях является повышение эффективности реагирования аэромобильных группировок образовательных организаций высшего образования МЧС России. Авторами рассматривается организационно-штатная структура аэромобильной группировки Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России при ликвидации крупномасштабных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. На основании графоаналитического метода, дающего возможность получить подробно и объективно все необходимые качественные характеристики изучаемой системы и экспертного опроса, предложена новая организационно-штатная структура аэромобильной группировки для образовательных организаций высшего образования МЧС России с целью повышения эффективности их применения. Предлагаемая структура по всем показателям качества топологии – более надежная и устойчивая за счет перераспределения связей и взаимосвязей.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, аэромобильная группировка, организационно-штатная структура.

Техногенные аварии, катастрофы и стихийные бедствия представляют собой значительную проблему не только в Российской Федерации, но и в мире в целом.

Сохраняющиеся тенденции роста количества и масштабов последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) заставляют искать новые пути повышения эффективности защиты населения и территорий от ЧС, предвидеть возможные угрозы, риски и опасности, развивать методы их прогноза и предупреждения.

ЧС природного и техногенного характера требуют незамедлительного реагирования со стороны государственных структур.

Актуальной задачей в этих условиях является повышение эффективности реагирования аэромобильных группировок МЧС России (АМГ) [1].

Под АМГ понимается группировка специально подготовленных и оснащенных сил и средств МЧС России, в состав

которой, в зависимости от классификации ЧС, включаются необходимые органы управления и подразделения МЧС России, которые доставляются в район бедствия с помощью авиации, а также другими видами транспорта для решения задач по предназначению.

Главной задачей такой группировки является эффективное и быстрое реагирование на крупные ЧС природного и техногенного характера.

АМГ создаются на внештатной основе из формирований, дислоцированных в зоне ответственности территориальных органов МЧС России [1].

В связи с отсутствием конкретной структуры АМГ в приказе МЧС России [2], она, как правило, определяется непосредственно командиром АМГ, после проведения оценки обстановки оперативными группами министерства, что существенно снижает мобильность и скорость реагирования на поступающие сигналы о ЧС.

Типовая структура АМГ образовательных организаций высшего образования МЧС России будет рассмотрена на примере ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (академия).

Целью исследования является разработка организационно-штатной структуры АМГ образовательных организаций высшего образования МЧС России.

Для достижения поставленной цели решается ряд задач:

1. Исследование структуры и функции АМГ академии.
2. Проектирование новой графовой модели структуры АМГ академии.
3. Разработка рекомендаций по совершенствованию организационно-штатной структуры АМГ образовательных организаций высшего образования МЧС России.

Методы исследования. Для исследования подобных структур систем управления, с точки зрения Доброва А.В., наиболее подходящим является графо-аналитический метод [3], дающий возможность получить подробно и объективно все необходимые качественные характеристики изучаемой системы.

Метод основан на теории графов и имеет следующие особенности: распространенность и универсальность; интерпретируемость и наглядность; компактность (лаконичность) представления модели; структурность.

Графовая модель структуры требует для своего построения минимальный объем информации. Анализ структурных свойств исследуемой системы имеет топологический характер. Для исследования топологических характеристик графовой модели приняты показатели оценки качества топологии структуры разработанной модели.

Для анализа значимости критериев и формирования векторов приоритетов был использован метод анализа иерархий Томаса Саати [4].

Результаты исследования и их обобщение. Первоочередной задачей проводимого исследования стал анализ существующей организационно-штатной структуры АМГ академии, которая состоит из постоянного и переменного состава, оснащенного специальной техникой, оборудованием, снаряжением, инструментом согласно таблице оснащённости.

Исходя из имеющихся нормативных правовых актов по созданию АМГ [1], приказов академии и боевого расчета разработана действующая структурная схема АМГ академии (рис. 1.)

Данная схема наглядно иллюстрирует, что компоновка и распределение сил в группировке АМГ зависит только от мнения командира, его видения ситуации и кругозора знаний о возникшей проблеме, поскольку четко установленной структуры АМГ, характера распределения сил и средств в нормативных правовых актах отсутствуют.

Для определения рациональности распределения личного состава и соответствия структуры АМГ для быстрого и качественного выполнения задач было проведено исследование структуры АМГ на примере академии.

Данное исследование было ориентировано на изучение процесса функционирования системы. При этом особое внимание уделялось таким свойствам как поведение и характеристики системы, которые меняются во времени, а при анализе структуры важны свойства и характеристики системы, которые не зависят от времени.

Однако необходимо иметь в виду, что структурные и функциональные свойства тесно связаны между собой, поэтому анализ функционирования и изучение структуры являются двумя взаимосвязанными, дополняющими друг друга стадиями системного анализа и, как следствие, заканчиваются построением математической модели [5].

Построенная графовая модель АМГ академии (рис. 2.) основана на дей-

ствующей структурной схеме АМГ академии (рис. 1.).

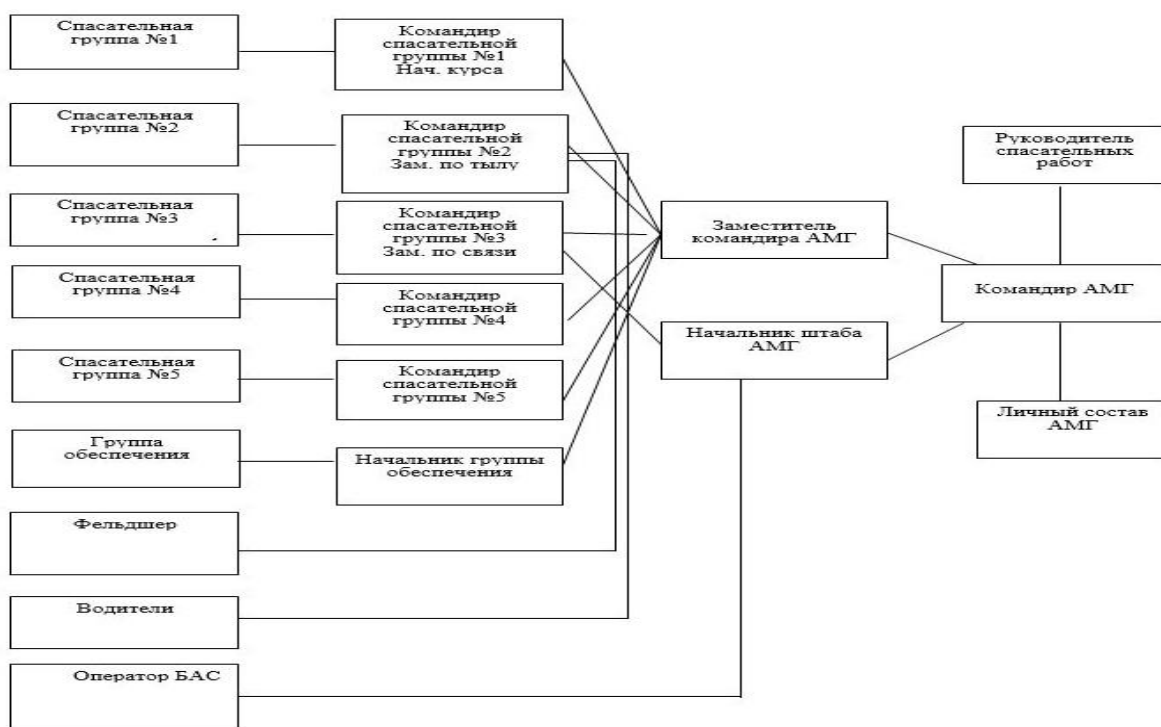


Рис. 1. Структурная схема АМГ академии

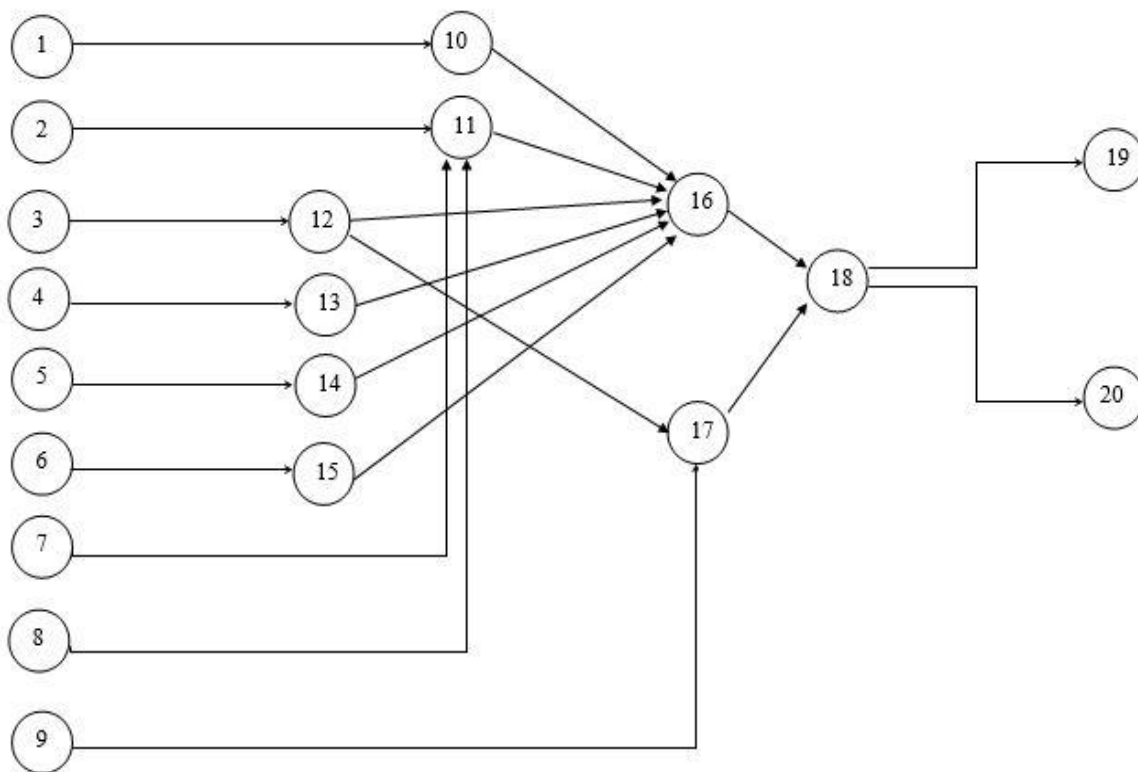


Рис. 2. Графовая модель АМГ академии

Для оценки качества топологии модели АМГ академии принят комплекс показателей, характеризующих качество системы управления.

На первом этапе был проведен анализ элементов системы, который показал, что изолированные вершины неинцидентны ни одному из ребер графа; висячие вершины – это вершины, в которые нельзя попасть ни из одной вершины графа; тупиковые вершины – это вершины, из которых нельзя попасть в другие вершины графа. В исследуемой системе: изолированных вершин – нет, висячие – 1-9, тупиковые – 19-20.

При проведении анализа связей

$$R_{min} = n - 1 \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{R - R_{min}}{R_{min}} = \frac{R}{n - 1} - 1. \quad (2)$$

Значение R определяется по матрице смежности. В ориентированном графе каждому ребру (i, j) соответствует

системы выявлено, что исследуемая система не содержит контуров и петель, подграфы не являются сильно связанными.

Для проведения оценки связности структуры использовался показатель связности графа α , который характеризует относительную разность числа связей R , имеющих в данном графе, и числа связей R_{min} , минимально необходимых для сохранения связности графа структуры. Показатель связности графа α интерпретируется как мера избыточности структуры по связям.

Если граф содержит n вершин, то:

единственный элемент матрицы смежности $\alpha_{ij} = 1$. Поэтому для ориентированного графа:

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} = \sum_{i=1}^n V_i, \quad (3)$$

Данная характеристика позволяет выявить наличие обрывов в структуре, висячие вершины и др.

По проведенному расчету, где $R = 19$, $n = 20$, получено следующее значение показателя связности графа $\alpha = 0$, что свидетельствует об отсутствии избыточности структуры по связям.

$$d = \max d_{ij}, \quad i \in I, j \in J. \quad (4)$$

Данный параметр характеризует максимальное число связей, разделяющих входные и выходные элементы структуры. По значению d_{ij} можно косвенно судить о ряде предельных параметров системы, в частности о ее надежности, длительности задержек сообще-

Далее был определен диаметр структуры. Пусть d_{ij} – длина минимального пути между висячей вершиной i и тупиковой вершиной j , равной числу ребер, составляющих этот путь. Обозначая через I и J – множества висячих и тупиковых вершин графа, диаметр структуры определяется как:

ний, идущих от висячих вершин к тупиковым, инерционности и т.д.

Определение значения d_{ij} сводится к стандартной задаче поиска кратчайшего пути на графе для каждой пары (i, j) , такой что $i \in I, j \in J$.

Диаметр исследуемой структуры

равен 4.

Следующим этапом являлось определение структурной компактности. Для ее количественной оценки вводился параметр, отражающий близость элементов между собой. Близость двух элементов i и j между собой определялся через минимальную длину пути для ориентированного графа d_{ij} .

Вследствие этого, величина отражала общую структурную близость элементов между собой в системе.

$$q = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m d_{ij}, \quad (i \neq j) \quad (5)$$

Для количественной оценки структурной компактности часто используют относительный показатель

$$q_{\text{отн}} = \frac{q}{q_{\text{мин}}} - 1, \quad (6)$$

где $q_{\text{мин}} = n(n-1)$ – минимальное значение компактности для структуры системы сильно связанного графа.

$$q_{\text{отн}} = \frac{q}{n(n-1)} - 1 = \frac{q}{20(20-1)} - 1 = \frac{q}{380} - 1 = \frac{64}{380} - 1 = -0,8316$$

Для исследуемой структуры относительный показатель компактности составил – 0,8316.

При определении степени центра-

$$\gamma = \frac{1}{(n-1)(V(k)-1)} \sum_{i=1}^n (V(k) - V(i)) \quad (7)$$

где $V(i) = V_i + V^i$ – сумма чисел входящих и выходящих ребер,

$$V(k) = \max V(i), i = 1, \dots, n.$$

Для структур систем, имеющих максимальную степень централизации,

$$\gamma = 1 \quad (8)$$

для структур с равномерным распределением связей

$$\gamma = 0 \quad (9)$$

Определим, что $V(k) = \max V(i), V(18) = 7$.

Так как вершина (18) – максимальная (в нее входит 5 потоков, выходит 2, следовательно, всего 7).

Определим сумму входящих и выходящих ребер для вершины графа:

$V(1)=1$	$V(11)=2$
$V(2)=1$	$V(12)=2$
$V(3)=1$	$V(13)=5$
$V(4)=1$	$V(14)=3$
$V(5)=1$	$V(15)=3$
$V(6)=1$	$V(16)=2$
$V(7)=1$	$V(17)=2$
$V(8)=1$	$V(18)=7$
$V(9)=1$	$V(19)=1$
$V(10)=1$	$V(20)=1$

По расчетам степень централизации (γ) получилась равной 0,8947.

Для определения структур-

ной избыточности проведен следующий расчет:

$$\delta = \frac{1}{2(n-1)} \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \right] - 1. \quad (10)$$

Данная структурная характеристика используется для косвенной оценки экономичности и надежности исследуе-

$$\delta \geq 0 \quad (11)$$

для систем с минимальной избыточностью

$$\delta = 0 \quad (12)$$

для систем несвязных

$$\delta < 0 \quad (13)$$

Таким образом, система с большей избыточностью δ

потенциально более надежна

$$\delta = \frac{1}{2(20-1)} 19 - 1 = \frac{19}{38} - 1 = -0,5$$

Структурная компактность исследуемой структуры равна - 0,5.

На последнем этапе осуществлялось определение сложности структуры системы. Сложность структуры должна определяться сложностью анализа ее свойств.

Если функционирование системы представить как процесс переработки входных воздействий в выходные, кото-

рый направлен от входных элементов системы к выходным, то можно предположить, что изучать свойства этого процесса будет тем труднее, чем разнообразнее пути, ведущие от входа к выходу системы. Приняв это предположение за основу, показатель сложности можно определить, как:

$$\psi = \frac{1}{n_1 n_2} \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} s_{ij} - 1, \quad (14)$$

где n_1 и n_2 – число висячих и тупиковых вершин в графе структуры;

S_{ij} – число различных путей, ве-

дущих от i -й висячей вершины в j -ю тупиковую.

$$\psi = \frac{1}{10 * 2} 20 - 1 = \frac{20}{20} - 1 = 0$$

По проведенным расчетам сложность исследуемой структуры получилась равной 0.

Результаты исследования позволили сделать выводы по качеству структуры системы (табл.1).

Таблица 1

Основные показатели структуры

Показатель	n	α	d	$q_{отн}$	γ	δ	Ψ
Значение	20	0	4	-0,8316	0,8947	-0,5	0

В результате топологического анализа структуры (из таких показателей исследуемой системы как надежность, длительность задержек сообщений между ее элементами, экономичность, инерционность, неравномерность загрузки ее элементов, сложность ее структуры получены следующие выводы:

1. В системе не все элементы одинаково загружены и неравномерно распределены связи, что свидетельствует о присутствии в системе элементов, на которые возложены большее количество задач. Об этом свидетельствует высокая степень централизации, а максимальное количество входящих и исходящих ребер приходится на одну вершину. Данной вершине соответствует командир АМГ.

2. В исследуемой системе задержки информации могут быть незначительными, так как диаметр структуры равен 4 и многие элементы соединены между собой прямыми связями. Данная система имеет недостаточное число связей, т.е. не предусмотрены резервные варианты взаимосвязей, что говорит о низкой надежности системы.

3. Сложность структуры равна 0, что говорит о ее простоте.

4. Показатель структурной избыточности, равный -0,5, свидетельствует о том, что граф является сильносвязным и надежность системы низкая.

5. Значение структурной компактности высокое. Это свидетельствует о маленьком расстоянии между элементами, а значение показателя связности ниже среднего. Из этого следует факт недостаточности связей между ними.

По результатам анализа топологических характеристик можно сделать вывод, что исследуемая система недостаточно надежна; большее число потоков идет на командира АМГ, а заместители и начальник штаба АМГ не нагружены.

С целью определения рациональных векторов совершенствования структуры АМГ, для анализа значимости критериев был проведен опрос 27 экспертов по 5 показателям, раскрывающим проблемы совершенствования структуры АМГ. Оценка качества консультаций осуществлялась по 5 критериям с использованием метода попарных сравнений [4]. Каждому критерию оценки были присвоены сравнительные числовые значения (от К1 до К5).

Числовые оценки критериев в таблице были получены исходя из следующей шкалы: 1 – равный вклад двух критериев в цель, 3 – умеренное превосходство одного над другим, 5 – существенное или сильное превосходство, 7 – значительное превосходство.

Для каждого критерия был получен собственный вес, соответствующий экспертным оценкам (табл. 2).

Таким образом, по экспертной оценке, 5-й критерий был выбран как самый приоритетный, на втором месте – 4-й критерий (вес К4 на 42% меньше, чем К5), на третьем – 3-й критерий (на 55% и 33% меньше, чем К5 и К4 соответственно).

Минимальный вес получил 2-й критерий – важность равномерного распределения должностных обязанностей между заместителями командира АМГ.

Числовой вес критериев по результатам экспертной оценки

№	Критерий	Числовой вес
1	Важность конкретно прописанных должностей в штате (боевом расчете) АМГ вместо общего списка	0,0951
2	Важность равномерного распределения должностных обязанностей между заместителями командира АМГ	0,0384
3	Необходимость закрепления типового штата и структурных схем АМГ в нормативных правовых актах	0,1923
4	Важность распределения общего количества спасателей на мобильные группы для повышения эффективности работы АМГ	0,2491
5	Необходимость компоновки мобильных групп АМГ учитывая специфику направления ее дальнейших действий (тушение пожаров; ликвидация последствий наводнений; дегазация и т.д.)	0,4251

Для исследования структуры АМГ академии выбран и обоснован графоаналитический метод, который обладает рядом характеристик, которые подходят для объекта исследования. Построена структурная схема, на основе которой разработана графовая модель структуры АМГ академии, поэтапно исследованы топологические характеристики графовой модели, в результате чего сделан вывод о том, что исследуемая структура недостаточно надежна, не все элементы одинаково загружены и неравномерно распределены связи (большая часть потоков информации идет на командира АМГ). Определены наиболее важные результаты экспертного опроса. На основании полученной информации определим пути совершенствования структуры АМГ академии.

На основании оценки результатов исследования, с учетом перераспределения связей и взаимосвязей, в целях совершенствования структуры АМГ академии, разработана новая графовая модель (рис. 3).

В результате рациональных преобразований элементы графовой модели расположились следующим образом

(каждому элементу системы присвоен порядковый номер – по нумерации вершин):

1. Группа АСДНР 1;
 2. Группа АСДНР 2;
 3. Группа АСДНР 3;
 4. Группа АСДНР 4;
 5. Группа АСДНР 5;
 6. Группа обеспечения и оперативного управления;
 7. Командир группы АСДНР 1;
 8. Командир группы АСДНР 2;
 9. Командир группы АСДНР 3;
 10. Командир группы АСДНР 4;
 11. Командир группы АСДНР 5;
 12. Помощник по материальному обеспечению;
 13. Помощник по вооружению и технике;
 14. Начальник связи;
 15. Заместитель командира АМГ;
 16. Заместитель командира АМГ по материальному обеспечению и технической части;
 17. Начальник штаба АМГ;
 18. Командир АМГ;
 19. Руководитель спасательных работ;
 20. Академия;
 21. Личный состав АМГ.
- Модель структуры АМГ на основе гра-

фоаналитического метода позволила получить количественные показатели качества топологии структуры.

Рассчитанные показатели качества

топологии исследуемой и предлагаемой структуры обобщены и представлены в таблице 3.

Таблица 3

Сравнительная таблица

Показатель	n	α	d	$q_{отн}$	γ	δ	Ψ
Исследуемая система	20	0	4	-0,8316	0,8947	-0,5	0
Предлагаемая система	21	1	6	1,2143	0,6286	0	8,5

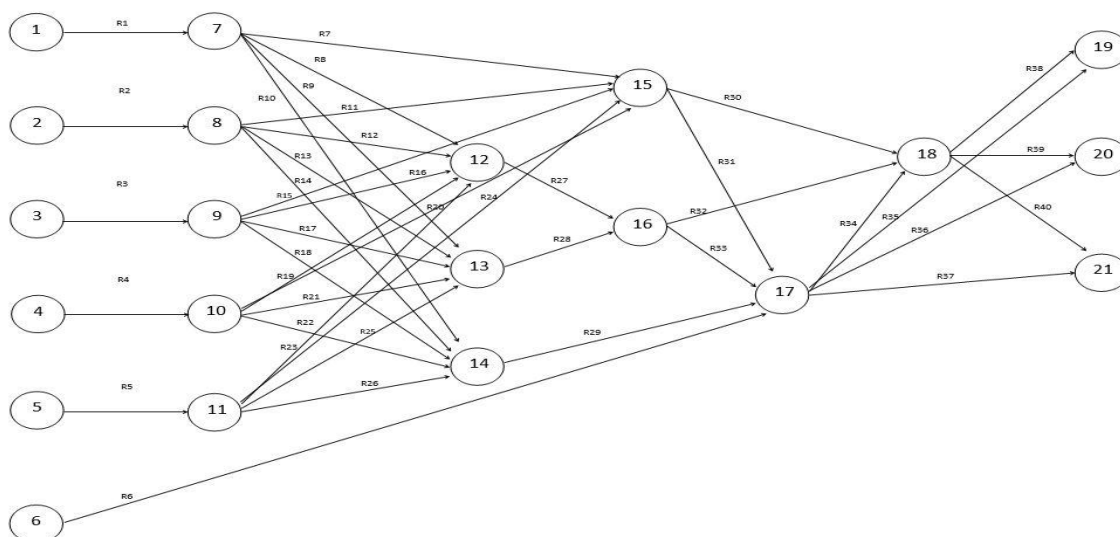


Рис. 3. Графовая модель предлагаемой структуры АМГ академии

Сравнение показателей «Предлагаемой структуры» и «Исследуемой структуры», приведенных в таблице 3, позволяет сделать следующие выводы:

- анализ показателя связности структуры (мера избыточности структуры по связям: относительная разность числа связей R и числа связей R_{min} , минимально необходимых для сохранения связности графа структуры), показывает, что в модели «Предлагаемой структуры» он равен 1, а в «Исследуемой структуре» – 0. Это означает, что в «Исследуемой

структуре» недостаточное количество связей, т.е. не предусмотрены резервные варианты передачи информации, что не позволяет ей устойчиво и надежно функционировать. В «Предлагаемой структуре» показатель связности повысился до 1. Таким образом, в «Предлагаемой структуре» достаточное количество связей, она может устойчиво и надежно функционировать, что особенно важно, в особых условиях.

- показатель диаметра структуры (длина пути) в «Предлагаемой структуре»

равен 6, а в «Исследуемой структуре» – 4. В системе задержки информации могут быть незначительными.

- анализ показателя «Структурная компактность» в модели «Предлагаемой структуры» равен 1,2143, а в модели «Исследуемой структуры» равен -0,8316, т.е. он увеличился. Показатель «Структурная компактность» оценивает инерционность информационных процессов в системе, которая описывается количеством разделяющих связей в структуре. Она показывает достаточную инерционность информационных процессов в исследуемой системе управления, т.е. в системе имеют место длительные задержки между висячими и тупиковыми вершинами. Данный показатель указывает на низкую оперативность управления процессами в системе.

- анализ показателя «Степень централизации структуры управления» показывает, что в модели «Предлагаемой структуры» он равен 0,6286, а в модели «Исследуемой структуры» – 0,8947.

- показатель 0,8947 показывает, что в «Исследуемой структуре» высокая централизация управления, т.е., в системе не все элементы одинаково загружены и неравномерно распределены связи, что свидетельствует о присутствии в системе элемента, на который возложено большее число задач. Этим элементом является руководитель АМГ. В «Предлагаемой структуре» удалось понизить степень централизации до 0,6286.

- анализ показателя «Структурная избыточность» показывает, что в модели «Предлагаемой структуры» он равен 0, а в модели «Исследуемой структуры» - 0,5. Структурный параметр отражает превышение общего числа связей над минимально необходимым. Система с большей избыточностью потенциально более надежна.

- анализ показателя «Сложность структуры управления» – среднее число путей, ведущих от висячих вершин к ту-

пиковым. В «Предлагаемой структуре» – 8,5, а в модели «Исследуемой структуры» – 0. Это означает, что пути, ведущие от входа к выходу системы, стали значительно более разнообразными. Данный факт, в рамках исследования, с учетом особых условий, считается положительным показателем.

- анализ структурного показателя «Исследуемой структуры» и сравнение его с показателем «Предлагаемой структуры» позволяет сделать вывод о том, что граф не является сильно связанными, но его удалось повысить, т.е. система стала более надежной.

Важно отметить, что степень централизации значительно понизилась, несмотря на то, что руководитель в предлагаемой структуре продолжает владеть полным объемом информации, что считается положительным аспектом при принятии управленческих решений. Таким образом «Предлагаемая структура» по всем показателям качества топологии стала более надежной, более устойчивой за счет перераспределения связей и взаимосвязей.

По результатам проведенного исследования разработаны рекомендации по совершенствованию структуры АМГ академии, с учетом мнений экспертов. На основании полученных результатов разработана новая структурная схема АМГ академии (рис. 4.)

В результате проведенного исследования предлагается:

- произвести корректировку и доработку нормативной правовой базы по созданию АМГ МЧС России;
- разработать типовую организационно-штатную структуру на основе предлагаемой модели;
- распределить и разработать функциональные обязанности личного состава АМГ;
- доработать порядок оснащения АМГ с учетом специфики выполняемых задач.

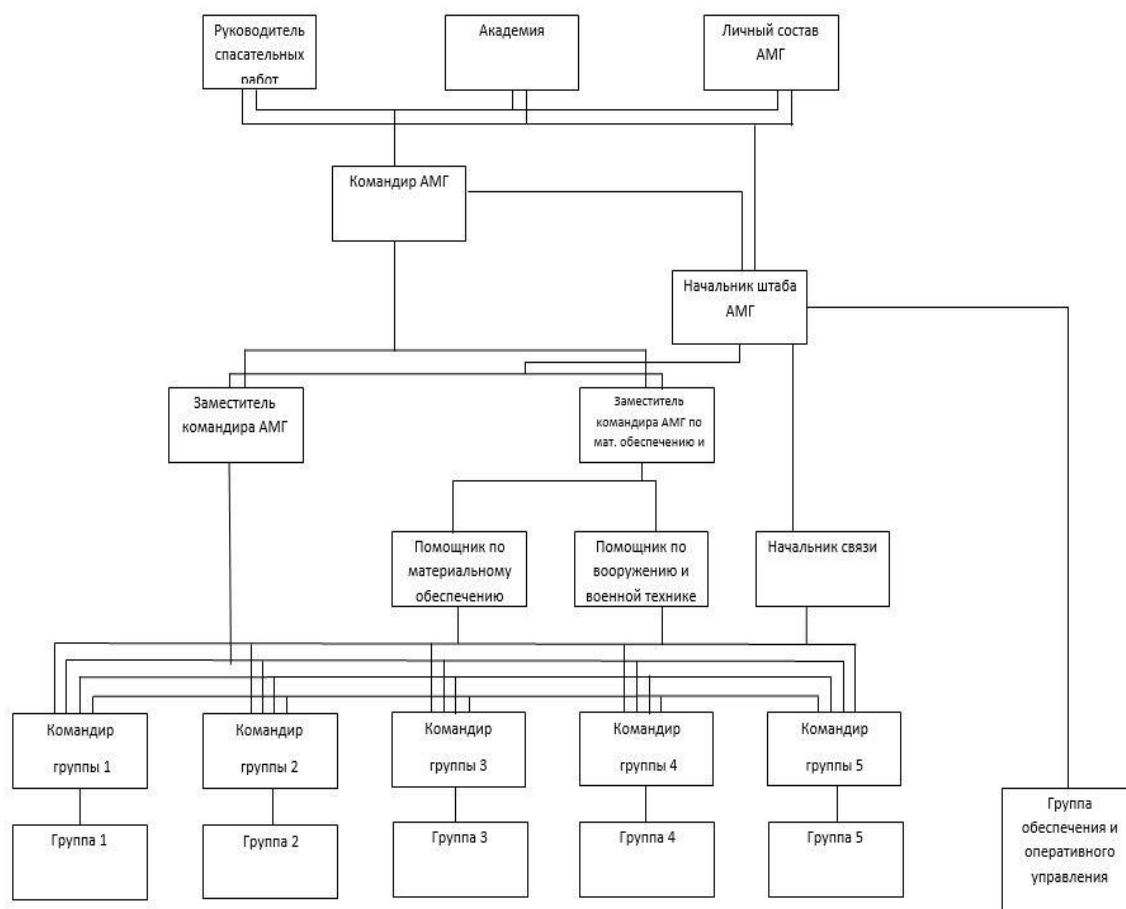


Рис. 4. Новая структурная схема АМГ академии

Вывод. На основе анализа результатов экспертного опроса, а также по результатам проведенного исследования разработана новая графовая модель АМГ академии и построена новая структурная схема АМГ. Предлагаемая структура по всем показателям качества топологии стала более надежной, более устойчивой за счет перераспределения связей и взаимосвязей.

Полученные результаты исследования могут быть использованы для дальнейшего совершенствования структуры и оснащения аэромобильных группировок образовательных организаций высшего образования МЧС России.

ЛИТЕРАТУРА

Методические рекомендации по созданию, оснащению и порядку применения аэромобильных групп территориальных органов МЧС России, утверждённые Главным военным экспертом МЧС России Э.Н. Чижиковым 30.05.2014.

2. Приказ МЧС России от 20 октября 2017 г. № 448 «Об утверждении Положения об аэромобильных группировках МЧС России».

3. Добров А.В. Основы теории эффективности. Учебник для вузов МЧС России. Химки: МЧС России, 2008. 134 с.

4. Томас Саати. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь. 1993. 278 с.

5. Добров А.В. Математические методы представления структуры системы по курсу «Математическое моделирование» (часть четвертая). Учебное пособие: МЧС России, 2001. 127 с.

DEVELOPMENT AND JUSTIFICATION OF THE ORGANIZATIONAL AND STAFF STRUCTURE OF AIRMOBILE GROUPS IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS EMERCOM OF RUSSIA

D. N. Kostylev, M. A. Razvodov, I. V. Kudryavtsev

Natural and man-made emergencies require an urgent response from government agencies. An urgent task in such conditions is to improve the response efficiency of airmobile groups of higher education organizations of the Ministry of emergency situations of Russia. The authors consider the organizational and staff structure of the airmobile group of the Ivanovo fire and rescue Academy of the Ministry of emergency situations of Russia in response to large-scale natural and man-made emergencies. Based on the graphoanalytic method, which makes it possible to obtain in detail and objectively all the necessary qualitative characteristics of the studied system and expert survey, a new model is proposed

Keywords: emergency situation, airmobile grouping, organizational and staff structure.

REFERENCES

1. Metodicheskie rekomendacii po sozdaniyu, osnashcheniyu i poryadku primeneniya aeromobil'nyh grupp territorial'nyh organov MCHS Rossii, utverzhdyonnye Glavnym voennym ekspertom MCHS Rossii E.N. Chizhikovym 30.05.2014. [Guidelines for the creation, equipping and application of airmobile groups of territorial authorities of the Ministry of Emergencies of Russia].
2. Prikaz MCHS Rossii ot 20 oktyabrya 2017 g. № 448 «Ob utverzhdenii Polozheniya ob aeromobil'nyh gruppировках MCHS Rossii» [On approval of the Regulation on airmobile groups of the Ministry of Emergencies of Russia].
3. Dobrov A.V. Osnovy teorii effektivnosti [Efficiency Theory]. Uchebnik dlya vuzov MCHS Rossii. Himki: MCHS Rossii, 2008. 134 s.
4. Tomas Saati. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij [Making decisions. Hierarchy Analysis Method]. M.: Radio i svyaz'. 1993. 278 s.
5. Dobrov A.V. Matematicheskie metody predstavleniya struktury sistemy po kursu «Matematicheskoe modelirovanie» [Mathematical methods for representing the structure of the system at the course "Mathematical modeling"] (chast' chetvertaya). Uchebnoe posobie: MCHS Rossii, 2001. 127 s.