

ПРИНЦИПЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ СИСТЕМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ СЕТИ ПОЖАРНЫХ ДЕПО НА ТЕРРИТОРИИ МЕГАПОЛИСА

М.В. Буйневич, доктор технических наук, профессор;

А.В. Максимов, кандидат технических наук;

М.Т. Пелех, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Показывается сложность постановки и решения задачи проектирования развития сети пожарных депо мегаполиса. Рассматриваются составляющие системного проектирования применительно к поставленной задаче: модель, элементарная база, принципы, законы и методы. В качестве модели выбрана имитация возникновения и ликвидации пожаров в городской среде. Доказывается необходимость информационной поддержки процесса имитации, и постулируются ее принципы.

Ключевые слова: мегаполис, сеть пожарных депо, системное проектирование, имитационное моделирование, принципы информационной поддержки

PRINCIPLES OF INFORMATION SUPPORT SYSTEM DESIGN OF FIRE STATION NETWORKS IN MEGAPOLIS

M.V. Buynevich; A.V. Maksimov; M.T. Pelekh.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCON of Russia

The complexity of setting and solving the problem of designing the development of a network of fire stations in a metropolis are showed. The components of system design in relation to the task: a model, an elementary base, principles, laws and methods are considered. As a model, an imitation of the emergence and elimination of fires in the urban environment was chosen. The necessity of informational support of the imitation process is proved, and its principles are postulated

Keywords: megapolis, network of fire department, system design, simulation, information support principles

Практически любое состояние дел в социально-экономической сфере далеко от идеала и требует своего совершенствования или развития. Не является исключением и состояние противопожарной службы любого мегаполиса. Основными вопросами развития здесь является определение оптимальной численности пожарных расчетов и дислокация пожарных депо на территории. (Немаловажным является также развитие техники и тактики пожаротушения, но эти и другие вопросы технического и/или технологического характера выходят за рамки настоящей статьи).

Одним из основных инструментов развития традиционно является проектирование, которое, следуя основному смыслу термина, означает преобразование действительности с учетом факторов влияния (текущего состояния, действующих законов и закономерностей природы и социума, планов развития и др.), направленное на удовлетворение человеческих потребностей. Применительно к текущей задаче под преобразованием понимается развитие сети пожарных депо с целью понижения пожарной опасности мегаполиса до необходимого уровня. Учет же факторов заключается в использовании существующего дорожно-транспортного состояния мегаполиса (автодороги, пробки, постройки, возможные очаги происшествий), соблюдении нормативно-правовых документов и др. Результатом

проектирования считается численность и дислокация подразделений пожарной охраны, включая их силы и средства [1, 2].

Как известно, проектирование сети пожарных депо имеет дело как с достаточно сложными конкретными и абстрактными объектами (отдельные подразделения, оперативные отделения, эффективность, ликвидация происшествий, время обслуживания и пр.), так и подвержено интенсивному влиянию внешних факторов (городской трафик, нормативы на следования до точки пожара).

Эта специфика, стохастичность и сложность возрастает, когда речь заходит не просто о населенных пунктах, а о мегаполисах (мегаполис по устоявшемуся в России официальному мнению – это город, который достиг населения одного миллиона человек в результате слияния нескольких населенных пунктов). В Российской Федерации на настоящее время существует 13 мегаполисов, хотя в российском законодательстве такое понятие отсутствует. За рубежом термин «мегаполис» имеет иное значение – по определению ООН, мегаполисом считается город, численность населения которого превышает 10 млн человек, каждый из которых хотя и имеет свои уникальные черты, которые отличают их друг от друга, однако обладает целым рядом общезначимых особенностей в контексте указанной задачи.

Во-первых, мегаполисы, как правило, образованы конгломерацией населенных пунктов вокруг некоторого «центра притяжения», трансформировавшегося, в так называемый, исторический центр города. Следствием отсюда для решения поставленной задачи является невозможность (или крайнее затруднение) возведения там новых депо (все исторические центры имеют охраняемые законом дома-памятники, а некоторые даже находятся под охраной ЮНЕСКО), узость и извилистость проезжей части, наличие пешеходных зон. Примеров – более чем достаточно: Москва, Санкт-Петербург; из зарубежных городов – Таллин, Рим, Афины, Стамбул, Париж, Лондон и др.

Во-вторых, пространственный размах. Размеры территорий многих мегаполисов (Гонконг, пожалуй, исключение) просто поражают воображение: территория Москвы – 2 561,5 кв. км (условный квадрат $\approx 50 \times 50$ км); Стамбула – 5 461 кв. км ($\approx 75 \times 75$ км); Пекина – 16 801 кв. км ($\approx 130 \times 130$ км). Пожарным расчетам в этих условиях при конечном и неравномерно расположенном количестве депо приходится иногда преодолевать значительные расстояния до места возгорания.

В-третьих, густонаселенность (по данным Росстата плотность населения Москвы по состоянию на начало 2017 г. составляла 4 834,31 чел./км²; Гонконга (по данным <https://www.populationpyramid.net>) – 6 698,59 чел./км²), которая объективно приводит к необходимости размещения огромного количества населения на значительной, но все же ограниченной площади земной поверхности, и с неизбежностью – к появлению небоскребов. Например, в Санкт-Петербурге насчитывается свыше 350 зданий высотой от 75 до 100 м. Самое высокое здание на 2016 г. – «Лидер Тауэр» на пл. Конституции (145 м, 42 этажа); по окончанию строительства в 2018 г. им будет «Лахта-центр» на одноименном проспекте (462 м, 87 этажей). В столице России – это «Башня Федерации» (374 м, 95 этажей) на 13 участке Москва-Сити. Города Гонконг и Шанхай имеют свыше тысячи небоскребов. Их строительство само по себе и не хорошо, и не плохо, но заставляет ближайшие пожарные депо иметь в своем составе специальную технику для тушения высотных пожаров.

В-четвертых, трафик (в смысле – объем дорожного движения за единицу времени). Несмотря на законные привилегии у пожарной спецтехники, напряженный трафик (иногда, вплоть до пробки или затора) крайне негативно влияет на время ее прибытия к очагу возгорания. Он, очевидно, является функцией в первую очередь количества автотранспорта, а оно следующее: на середину прошлого года в московском ГИБДД числилось около 4 млн легковых автомобилей, почти 200 тыс. грузовиков и столько же «Газелей», а также 20 тыс. автобусов (плюс трамваи и троллейбусы); еще свыше 3 млн единиц автотранспорта зарегистрировано в Московской области, из них 2,5 млн – легковых машин: как минимум половина их ежедневно приезжает в Москву на работу. Ситуация усугубляется

неудовлетворительным состоянием проезжей части и слабой организацией дорожного движения, а также наличием железнодорожных переездов.

Все эти особенности взаимообусловлены, взаимопротиворечивы и действуют одновременно. Так, пространственный размах естественно снижает трафик за счет более низкой густонаселенности, но и неизбежно увеличивает «прогон» из произвольной точки А в точку Б. Вот другой пример – трафик пропорционально уплотняется с ростом густонаселенности, и если даже въезд в исторический центр существенно ограничен (или даже запрещен), что позволяет беспрепятственно перемещаться по нему машинам экстренной помощи, то подъехать к нему из ближайшего пожарного депо в сжатые сроки практически не представляется возможным (а строить новые в нем нельзя).

Список особенностей, присущих мегаполису и влияющих на решение указанной задачи, может быть продолжен, но вывод уже очевиден – для решения указанной задачи с учетом приведенных особенностей целесообразно использование системного проектирования, основанного на одноименном подходе. Последнее позволяет комплексно решать задачи, как раз принимая во внимание взаимодействие и взаимосвязь отдельных объектов системы с собой и внешней средой, учитывая при этом социально-экономические последствия их функционирования и упомянутые факторы.

Как известно, основными составляющими системного проектирования являются модель, элементарная база, принципы, законы и методы [3–7]. Рассмотрим эти составляющие контекстно.

Применительно к задаче проектирования сети пожарных депо на территории мегаполиса моделью должна быть некая имитация (имитационная модель (Модель) возникновения происшествий (пожаров) в городской среде и их ликвидация с учетом дорожной сети, особенностей работы пожарных подразделений и т.п. Иные модели не могут претендовать на эту роль по причине подчеркнутой сложности системы, отсутствия полноценного математического аппарата для точных вычислений и ряду других не менее значимых причин. В настоящее время инструментарий имитационного моделирования ввиду возможностей ИТ-индустрии представлен целым спектром программных средств: от языков имитационного моделирования до специализированных «оболочек» (от англ. shell) и даже целых систем [8–10].

Элементарная база должна состоять из статистических и фактологических данных о различных параметрах транспортной сети, пожарных случаях, текущей и предшествующей эффективности работы пожарных подразделений и т.п. И здесь особых затруднений с формированием такой базы в условиях «цифровой экономики» и «оцифрованной» жизнедеятельности нет.

Принципы «дисциплинируют» проектирование, использование результатов которого может упираться в нехватку ресурсов (материальных, финансовых, кадровых, информационных и т.п.) [11], следующими практическими соображениями: развитие сети депо должно быть целенаправленным, их полученная численность и дислокация должны быть целесообразными, а сам процесс проектирования обоснованным и эффективным.

Также, необходимо строго учитывать реальные законы и научно-обоснованные теории физического мира, что приведет к повышению качества создаваемых в процессе проектирования объектов. В частности, для расчета среднего времени следования отделений пожарно-спасательных подразделений до точки пожара могут применяться базовые законы механики, социально-экономического обоснования сил и средств служб в городе – теория рисков и массового обслуживания, а при моделировании возникающих пожаров – теория вероятности.

Методы очевидно должны позволять достигать конечного результата и зачастую наиболее сильно зависят от выбранной модели. В связи со сложностью и зачастую вынужденной субъективностью при решении отдельных подзадач при проектировании (например, выбор дислокации депо из двух внешне кажущихся аналогичными

местоположений), привлечение специалистов – то есть использование метода экспертных оценок – является, нередко, единственно возможным.

Таким образом, для эффективного проектирования сети пожарных депо необходимо применение системного подхода с использованием имитации на базе модели мегаполиса с пожарными подразделениями и их динамикой следования, вероятностным прогнозированием пожарных рисков и статистическими данными по дорожному трафику. При этом необходимо и возможно использование различных математических подмоделей (в частности, аналитических) для расчета промежуточных и интегральных показателей [12], на основании анализа которых делается экспертный выбор основных – численности и дислокации пожарных депо.

Отсюда вытекает основополагающий принцип системного проектирования развития сети пожарных депо в мегаполисе – это имитационное моделирование [13, 14].

Помимо него необходимо иметь в виду и целый спектр частных принципов, отражающих специфику его применения для поставленной задачи, и соблюдение которых оказывает определенное (зачастую, существенное) влияние на эффект, получаемый от моделирования.

Так как экспертная оценка является главным инструментарием системного проектирования, а информационные возможности любого эксперта (как и любого человека) ограничены, то для правильного (обоснованного) выбора ему требуется соответствующая информационная поддержка, которая призвана сбалансировать информационные возможности эксперта с информационными потребностями решения указанной задачи.

Интуитивного понимания, какого рода информация потребуется для формирования информационного облика системы поддержки принятия решений, явно недостаточно, поэтому попытаемся сформулировать некие частные (по отношению к основополагающему) принципы информационной поддержки системного проектирования развития сети пожарных депо на территории мегаполиса. Для чего рассмотрим категориальную пару «информационные возможности» vs «информационные потребности» применительно к решаемой задаче и вытекающие из этого последствия.

Очевидно, поскольку использование Модели носит не теоретический, а практический характер – расчет численности действующих депо в существующем городе – то и ее характеристики должны опираться на реальные факты о предмете исследования. Это требование также усиливается и тем, что получаемые результаты будут применяться в реальных условиях, зачастую жестко зафиксированных. Например, расположение новых депо не может быть произвольным, а должно строго учитывать особенности городских построек, дорожных сетей и др. Все это приводит к принципиальному требованию фактологичности информационной поддержки системного проектирования.

Процесс проектирования всегда имеет дело с будущими событиями (хотя и с опорой на прошедшие), поэтому от процесса моделирования требуется способность их прогнозировать. Абстрагируясь от метода и инструментария, приступая к задаче прогнозирования, надо располагать достаточно репрезентативным и достоверным набором наблюдений, относящихся к различным моментам времени. Это еще раз подтверждает тезис о важности требования фактологичности информационного обеспечения процесса решения.

Метод проб и ошибок слишком дорого обходится человечеству, когда речь заходит о безопасности жизнедеятельности – иногда приходится расплачиваться человеческими жизнями. При этом специфика рассматриваемой предметной области приводит к тяжести последствий из-за ошибок в полученных и реализованных на практике результатах. Поэтому в основу принимаемых решений по вопросам численности и дислокации пожарных депо должны быть положены обчисленные варианты, что предполагает наличие количественных и/или качественных оценок основных показателей. Отсюда принципиальное требование количественной и/или качественной обоснованности принимаемых решений, и, соответственно, их информационной поддержки.

Также очевидно, что по причине значительной вариативности взаимодействия факторов влияния, решение задачи методом перебора для всех возможных сценариев не представляется возможным. Автоматический выбор или использование статистических данных не позволят учесть все факторы и возможные события должным образом. Как правило, чисто «машинное» решение получается оптимальным лишь по какому-либо одному критерию [15], при этом другие критерии могут приобретать неприемлемые значения. К тому же, очень часто игнорируются финансовые и иные возможности претворения в жизнь предлагаемого решения. В связи с уже указанными особенностями моделирования поиск удовлетворительного решения задачи определения оптимальной численности и дислокации пожарных депо лежит в плоскости диалога эксперта с моделью в нотации «что будет, если». Примером такого диалога может служить реакция модели на случайный выбор зоны горения или на добавление новых депо. Поэтому необходим периодический учет экспертного мнения при работе с Моделью – то есть наличие в ней (и реализующих ее средствах информационной поддержки) свойства интерактивности.

Расположенность пожарных подразделений, их достаточное количество и оснащенность (техника, пожарно-техническое вооружение) существенно влияют на основные показатели оперативной деятельности – время прибытия первого пожарного подразделения к месту происшествия, что, как правило, оказывает влияние на время локализации пожара, а, значит, и на время его ликвидации. Первые минуты являются существенными как при развитии пожара (возрастание пожара до крупного), так и при распространении опасных факторов пожара. Кроме того, рассчитываемое моделью время прибытия пожарных расчетов к месту вызова строго регулируется соответствующими нормативно-правовыми документами, учет которых в связи с важностью предметной области является безоговорочным [16]. Только в этом случае модель может быть признана адекватной, а полученные результаты приняты для реализации. Несоблюдение нормативов, приведенных в ч. 1 ст. 76 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ [17], по времени прибытия оперативных подразделений пожарной охраны на пожар является законным основанием для увеличения количества пожарных депо и определения места их дислокации. То есть, все варианты и принимаемые на основе их решений должны быть информационно поддержаны только при условии их законности.

В заключение можно резюмировать выше обоснованные принципы информационной поддержки системного проектирования развития сети пожарных депо на территории мегаполиса, а именно: фактологичность используемых данных, наличие количественных (желательно) и/или качественных оценок основных показателей, интерактивность (или возможность диалога) и законность (используемых данных, оценок, вариантов и т.п.). Вышеперечисленные принципы, по мнению авторов, в совокупности являются необходимыми и достаточными для формирования системы требований к информационному обеспечению процесса решения рассмотренной задачи.

В качестве перспективы научных исследований в этой предметной области следует указать на синтез специализированной системы имитационного моделирования, позволяющей наносить на карту существующие пожарные депо (фактологичность), выбирать случайную зону активного горения (интерактивность), рассчитывать время прибытия расчетов от мест дислокации ближайших пожарных частей к месту происшествия (количественная или качественная обоснованность) и оценивать его (время) на предмет соответствия требованиям нормативно-правовых документов (законность), а в случае превышения допустимых пределов – наносить на карту дополнительные пожарные депо (интерактивность) и повторять имитацию.

Данная система также позволит экспериментально исследовать размещение в уже имеющихся пожарных депо специальной пожарной техники (автолестница, автомобиль гозодымозащитной службы, насосная станция, рукавный ход и т.д.), прибытие которой к месту вызова должно быть гарантировано в кратчайшие сроки; и не только в своем районе выезда, но и в близлежащие районы, в которых такая техника отсутствует.

На любой моделируемый процесс накладываются ограничения, что приводит к упрощению, а значит к уменьшению достоверности его модели. Предлагаемая система призвана позволить спрогнозировать события с высокой степенью реалистичности и спланировать размещение пожарно-спасательных подразделений на территории мегаполиса с учетом обеспечения их прибытия к месту вызова в установленные сроки.

Литература

1. Абдурагимов Г.И. Разработка методики оптимизации границ районов выезда пожарных частей гарнизона: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1995. 25 с.
2. Илиев И.И. Определение дислокации пожарных частей для совершенствования системы противопожарной защиты города Софии: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1988. 24 с.
3. Хорошев А.Н. Основы системного проектирования технических объектов. URL: <http://www.twirpx.com/file/731202/> (дата обращения: 29.09.2017).
4. Дитрих Я. Проектирование и конструирование: Системный подход. М.: Мир, 1981. 456 с.
5. Хилл П. Наука и искусство проектирования. Методы проектирования, научное обоснование решений. М.: Мир, 1973. 263 с.
6. Гайкович А.И. Основы теории проектирования сложных технических систем. СПб.: Моринтех, 2001. 429 с.
7. Савин Г.И. Системное моделирование сложных процессов. М.: Изд-во «ФАЗИС» ВЦ РАН, 2000. 275 с.
8. Опыт применения компьютерных имитационных систем моделирования деятельности экстренных служб / Н.Н. Брушлинский [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 8. С. 6–16.
9. Проблемно-ориентированные имитационные системы для автоматизированного проектирования и стратегического управления экстренными и аварийно-спасательными службами городов / Е.М. Алехин [и др.] // Вестник РАЕН. 2012. № 3. С. 27–34.
10. Алехин Е.М. Разработка компьютерной имитационной системы для проектирования и экспертизы деятельности противопожарных служб городов: дис. ... канд. техн. наук. М., 1998. 143 с.
11. Максимов А.В., Матвеев А.В. Ресурсный потенциал и его использование в системе ГПС МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 1. С. 62–68.
12. Водахова В.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Комплексная математическая модель процесса управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 2 (34). С. 85–96.
13. Белов В.А. Проектирование гарнизонов пожарной охраны на основе технологий имитационного моделирования: дис. ... канд. техн. наук. М., 2010. 147 с.
14. Безопасность городов: имитационное моделирование городских процессов и систем / Н.Н. Брушлинский [и др.]. М.: Изд-во. «ФАЗИС» ВЦ РАН, 2004. 172 с.
15. Крупкин А.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Методика оценки эффективности управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 4. С. 30–34.
16. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. О нормировании времени прибытия пожарных подразделений к месту пожара // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. № 9. С. 42–48.
17. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

References

1. Abduragimov G.I. Razrabotka metodiki optimizacii granic rajonov vyezda pozharных chastej garnizona: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 1995. 25 s.

2. Iliev I.I. Opredelenie dislokacii pozharnyh chastej dlya sovershenstvovaniya sistemy protivopozharnoj zashchity goroda Sofii: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 1988. 24 s.
3. Horoshev A.N. Osnovy sistemnogo proektirovaniya tekhnicheskikh ob"ektov. URL: <http://www.twirpx.com/file/731202/> (data obrashcheniya: 29.09.2017).
4. Ditrih Ya. Proektirovanie i konstruirovaniye: Sistemnyj podhod. M.: Mir, 1981. 456 s.
5. Hill P. Nauka i iskusstvo proektirovaniya. Metody proektirovaniya, nauchnoe obosnovanie reshenij. M.: Mir, 1973. 263 s.
6. Gajkovich A.I. Osnovy teorii proektirovaniya slozhnyh tekhnicheskikh sistem. SPb.: Morintekh, 2001. 429 s.
7. Savin G.I. Sistemnoe modelirovanie slozhnyh processov. M.: Izd-vo «FAZIS» VC RAN, 2000. 275 s.
8. Opyt primeneniya komp'yuternyh imitacionnyh sistem modelirovaniya deyatel'nosti ehkstretnykh sluzhb / N.N. Brushlinskij [i dr.] // Pozharovzryvobezopasnost'. 2016. T. 25. № 8. S. 6–16.
9. Problemno-orientirovannyye imitacionnyye sistemy dlya avtomatizirovannogo proektirovaniya i strategicheskogo upravleniya ehkstretnymi i avarijno-spatatel'nymi sluzhbami gorodov / E.M. Alekhin [i dr.] // Vestnik RAEN. 2012. № 3. S. 27–34.
10. Alekhin E.M. Razrabotka komp'yuternoj imitacionnoj sistemy dlya proektirovaniya i ehkspertizy deyatel'nosti protivopozharnyh sluzhb gorodov: dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 1998. 143 s.
11. Maksimov A.V., Matveev A.V. Resursnyj potencial i ego ispol'zovanie v sisteme GPS MCHS Rossii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2015. № 1. C. 62–68.
12. Vodahova V.A., Maksimov A.V., Matveev A.V. Kompleksnaya matematicheskaya model' processa upravleniya silami i sredstvami garnizona pozharnoj ohrany // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2015. № 2 (34). C. 85–96.
13. Belov V.A. Proektirovanie garnizonov pozharnoj ohrany na osnove tekhnologij imitacionnogo modelirovaniya: dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 2010. 147 s.
14. Bezopasnost' gorodov: imitacionnoe modelirovanie gorodskih processov i sistem / N.N. Brushlinskij [i dr.]. M.: Izd-vo. «FAZIS» VC RAN, 2004. 172 s.
15. Krupkin A.A., Maksimov A.V., Matveev A.V. Metodika ocenki ehffektivnosti upravleniya silami i sredstvami garnizona pozharnoj ohrany // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2015. № 4. C. 30–34.
16. Brushlinskij N.N., Sokolov S.V. O normirovanii vremeni pribytiya pozharnyh podrazdelenij k mestu pozhara // Pozharovzryvobezopasnost'. 2011. T. 20. № 9. S. 42–48.
17. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».