

МЕТОД КОМПЛЕКТОВАНИЯ ПОЖАРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ С УЧЁТОМ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ

Проведена оценка потребности пожарных подразделений в робототехнических средствах с учётом географического положения объектов защиты.

Ключевые слова: пожар, робототехническое средство, резервуарный парк.

K.S. Vlasov, A.A. Poroshin

THE METHOD OF ACQUISITION OF ROBOTICS FIRE DEPARTMENTS TAKING INTO ACCOUNT GEOGRAPHICAL LOCATION OF OBJECTS OF PROTECTION

Assessed the needs of fire departments in robotics taking into account the geographical location of objects of protection.

Key words: fire, robotics, tank battery.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 18 марта 2015 г.

Анализ стратегии развития нефтегазового комплекса и смежных отраслей производства показал, что основным фактором, определяющим положительную динамику их развития, является экономическая эффективность. Под давлением экономических обстоятельств предприятия вынуждены повышать энергонасыщенность производства, увеличивать объёмы единичных хранилищ пожароопасных материалов, сокращать противопожарные разрывы и т.д., что в случае пожара может приводить к каскадному развитию пожара и значительно усложнять условия работы для пожарных подразделений.

В целях поддержания высокого уровня эффективности действий пожарных подразделений, научными организациями и производителями пожарной техники постоянно проводится работа по совершенствованию технических средств пожаротушения. В настоящее время, по оценкам специалистов, большие перспективы открывает возможность использования технологий, позволяющих дистанционно с использованием роботизированных средств проводить работы, связанные с повышенным риском для людей [0].

Датой начала официального использования пожарных роботов в России принято считать 18 июня 1984 года, когда в республике Карелия для защиты памятников деревянного зодчества "Кижы" был поставлен на постоянное дежурство пожарный робот. В 1986 году при аварии на Чернобыльской атомной электростанции роботы применялись для расчистки кровли от радиоактивных обломков, а также проведения других аварийно-восстановительных работ – в общей сложности использовалось более 15 мобильных роботов различного назначения. С начала 2000-х годов начинается активное развитие и практиче-

ское использование экстремальной робототехники и как одного из её подвидов – пожарной робототехники. В дальнейшем запланировано увеличение группировки роботизированных пожарных подразделений. Однако, в связи со спецификой применения **робототехнических средств (РТС)** наибольший эффект от их применения может быть получен при пожарах на крупных производственных объектах. Поэтому предлагается рассмотреть задачу определения количества и дислокации роботизированных подразделений, основной задачей которых является защита **крупных резервуарных парков для хранения нефти и нефтепродуктов (РП)**.

Для успешного тушения пожара необходимо выбрать места дислокации РТС как можно ближе к объектам возможного пожара. Однако, учитывая малую частоту возникновения пожаров в РП [0], возможна ситуация, когда дорогостоящие и высокоэффективные РТС за весь период эксплуатации никогда не будут использованы по прямому назначению. В данной ситуации эффективным и практически проверенным решением является распределение РТС по территории России с учётом местоположения РП, рисков возникновения пожаров и возможностей транспортировки РТС к месту пожара.

Проведём оценку потребности РТС по отношению к такому фактору как местоположение. Местоположение РП определяется относительно нефтепромыслов, **нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ)**, транспортной инфраструктуры и других технико-экономических факторов. Нефтепромыслы находятся на территориях, называемых нефтегазоносными провинциями (рис. 1). В их число входят как традиционные регионы добычи – Западная Сибирь, Поволжье, Северный Кавказ, так и новые нефтегазоносные провинции на Европейском Севере (Тимано-Печорский регион), в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке [0].

В структуре предприятий нефтегазового комплекса НПЗ являются центрами логистических схем перемещения нефти и нефтепродуктов и располагаются вблизи крупных транспортных узлов. Поэтому географические координаты населенных пунктов, где дислоцированы пожарные подразделения, охраняющие НПЗ (табл. 1) были приняты в качестве базовых для определения мест дислокации РТС и разработки логистических планов по их оперативной доставке к месту пожара.

Расстояния между населенными пунктами с географическими координатами, приведёнными в табл. 1, с учётом кривизны поверхности Земли определены по формуле

$$L = R_E \cdot \arccos[\sin(W_a) \cdot \sin(W_b) + \cos(W_a) \cdot \cos(W_b) \cdot \cos(L_a - L_b)],$$

где $R_E = 6372,795$ км – средний радиус Земли;

W – северная широта, рад.;

L – восточная долгота, рад.;

индексы a и b – приняты для обозначения координат начальной и конечной точек.

Результаты вычислений (в километрах) приведены в табл. 2, в виде треугольной матрицы.

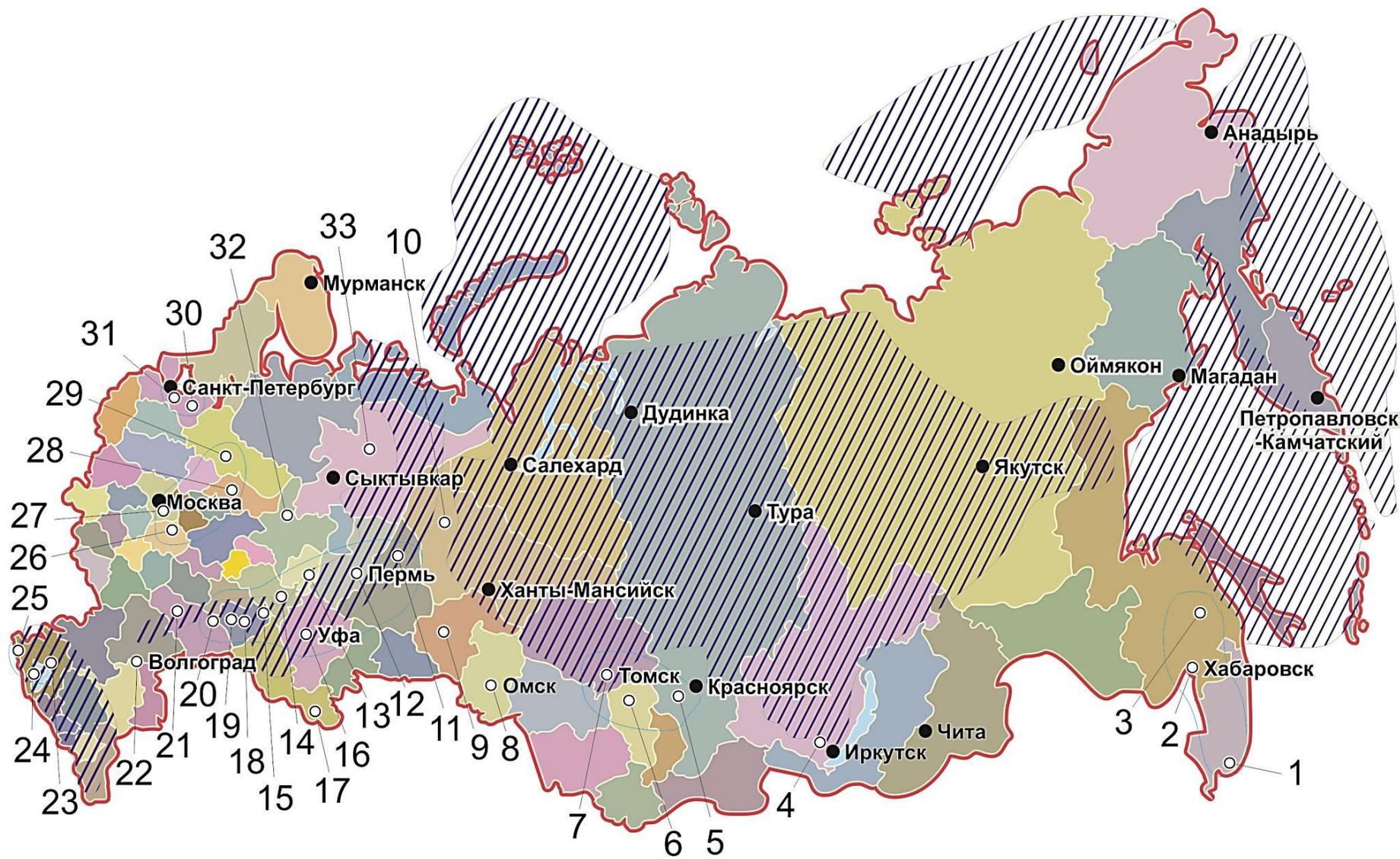


Рис. 1. Места расположения нефтеперерабатывающих заводов и территорий нефтегазоносных провинций, где цифрами обозначены нефтеперерабатывающие заводы (см. табл. 1), а штриховкой – территория нефтегазоносных провинций

Дислокация НПЗ и охраняющих их оперативных подразделений пожарной охраны

№ п/п	Наименование объектов	Место базирования подразделений ФПС	Географические координаты	
			с.ш.	в.д.
1	РН-Приморский НПЗ	г. Находка	42°49'	132°53'
2	Хабаровский НПЗ	г. Хабаровск	48°29'	135°04'
3	Комсомольский НПЗ	г. Комсомольск-на-Амуре	50°33'	137°00'
4	Ангарский НПЗ	г. Ангарск	52°34'	103°54'
5	Ачинский НПЗ	г. Ачинск	56°16'	90°29'
6	Яйский НПЗ	г. Анжеро-Судженск	56°05'	86°02'
7	Томский НПЗ	г. Томск	56°30'	84°58'
8	Омский НПЗ	г. Омск	54°58'	73°23'
9	Антипинский НПЗ	г. Тюмень	57°09'	65°32'
10	Красноленинский НПЗ	г. Нягань	62°08'	65°23'
11	Верхотурский НПЗ	г. Верхотурье	58°52'	60°48'
12	Пермский НПЗ	г. Пермь	57°55'	56°01'
13	Ижевский НПЗ	г. Ижевск	56°50'	53°27'
14	Нижекамский НПЗ	г. Нижнекамск	55°38'	51°49'
15	Клявлинский НПЗ	г. Клявлино	54°15'	52°01'
16	Уфимский НПЗ, Новоуфимский НПЗ	г. Уфа	54°44'	55°58'
17	Орский НПЗ	г. Орск	51°12'	58°34'
18	Куйбышевский НПЗ	г. Самара	53°11'	50°07'
19	Новокуйбышевский НПЗ	г. Новокуйбышевск	53°05'	49°56'
20	Сызранский НПЗ	г. Сызрань	53°10'	48°28'
21	Саратовский НПЗ	г. Саратов	51°32'	46°00'
22	Волгоградский НПЗ	г. Волгоград	48°43'	44°29'
23	Краснодарский НПЗ	г. Краснодар	45°02'	39°59'
24	Афипский НПЗ	г. Афипский	44°54'	38°50'
25	Нефтебаза "Грушовая"	г. Новороссийск	44°43'	37°46'
26	Рязанская нефтеперерабатывающая компания	г. Рязань	55°40'	36°40'
27	Московский НПЗ (Капотня)	г. Москва	55°39'	37°48'
28	Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез	п. Кстово	56°09'	44°11'
29	Ярославский НПЗ им. Д.И. Менделеева, Ново-Ярославский НПЗ	г. Ярославль	57°37'	39°51'
30	Киришский НПЗ	г. Кириши	59°57'	32°55'
31	Завод-изготовитель смазок "Стан"	г. Никольское	59°27'	30°00'
32	Марийский нефтеперегонный завод	г. Йошкар-Ола	56°38'	47°52'
33	Ухтинский НПЗ	г. Ухта	63°34'	53°42'

При организации тушения пожаров в РП в соответствии с основными тактическими подходами принят принцип последовательного наращивания сил и средств. Поэтому, в первую очередь, на пожар прибывают пожарные подразделения на автоцистернах. Далее по указанию руководителя тушения пожара после разведки пожара и наличия достаточных оснований (угроза людям, опасность развития пожара до крупных размеров и др.) на пожар высылаются дополнительные подразделения, в том числе и из других (более отдаленных) мест дислокации, включая подразделения РТС.

По сложившейся в России и в мире практике тушения крупных пожаров в РП допускается, что отдельные виды средств пожаротушения (пожарные поезда, авиационная техника, РТС и др.) прибывают к месту вызова позже обычных пожарных автомобилей, что обусловлено наличием тактических возможностей, значительно превосходящих обычные (мощность силовой установки, запас огнетушащих веществ и др.), но при этом требуется дополнительное время для подготовки техники к выезду на пожар.

Как правило, РТС доставляются к месту пожара с использованием других транспортных средств, в том числе железнодорожных и авиационных, предусмотренных документами предварительного планирования, в которых устанавливаются границы зон ответственности пожарных подразделений. Основным критерием при определении границ зон ответственности является время прибытия, которое для железнодорожного, авиационного и автомобильного транспорта (за пределами городов) практически зависит только от скорости передвижения и расстояния до пункта назначения. Исходя из вышесказанного, рассмотрим соответствующую постановку задачи по определению потребности в РТС.

Определим матрицу расстояний между местами дислокации оперативных пожарных подразделений по охране НПЗ (табл. 2) в виде взвешенного графа G :

$$G = (V, E),$$

где V – множество вершин графа (принимается равным 33 по числу ПП);

E – множеством рёбер графа (принимается равным 528 по числу связей).

Вес рёбер соответствует расстояниям между объектами защиты (принимается по табл. 2).

Проведём анализ взаиморасположения пожарных подразделений на основе алгоритма Брона-Кербоша [0], исходя из предположения, что расположенные наиболее близко относительно друг друга пожарные подразделения возможно объединить в тактические группировки.

Первоначально во взвешенном графе G понижается количество связей между вершинами V , за счёт исключения из расчётов рёбер, значения весов которых превышают некоторое пороговое значение (то есть пожарные подразделения очень удалены друг от друга). Далее по алгоритму Брона-Кербоша, для поиска максимальных по включению независимых множеств вершин графа, вершины V объединяются в такие подмножества, что любые две вершины подмножества соединены ребром. В результате 25 из 33 подразделений объединены в 6 более крупных группировок (табл. 3).

Тактические группировки подразделений ФПС МЧС России

Группировка	№ п/п	Место базирования подразделений ФПС	Наименование объектов защиты
1-3	1	г. Находка	РН-Приморский НПЗ
	2	г. Хабаровск	Хабаровский НПЗ
	3	г. Комсомольск-на-Амуре	Комсомольский НПЗ
	4	г. Ангарск	Ангарский НПЗ
5-7	5	г. Ачинск	Ачинский НПЗ
	6	г. Анжеро-Судженск	Яйский НПЗ
	7	г. Томск	Томский НПЗ
	8	г. Омск	Омский НПЗ
	9	г. Тюмень	Антипинский НПЗ
	10	г. Нягань	Красноленинский НПЗ
11-20	11	г. Верхотурье	Верхотурский НПЗ
	12	г. Пермь	Пермский НПЗ
	13	г. Ижевск	Ижевский НПЗ
	14	г. Нижнекамск	Нижнекамский НПЗ
	15	г. Клявлино	Клявлинский НПЗ
	16	г. Уфа	Уфимский НПЗ, Новоуфимский НПЗ
	17	г. Орск	Орский НПЗ
	18	г. Самара	Куйбышевский НПЗ
	19	г. Новокуйбышевск	Новокуйбышевский НПЗ
	20	г. Сызрань	Сызранский НПЗ
	21	г. Саратов	Саратовский НПЗ
	22	г. Волгоград	Волгоградский НПЗ
23-25	23	г. Краснодар	Краснодарский НПЗ
	24	г. Афипский	Афипский НПЗ
	25	г. Новороссийск	Нефтебаза "Грушовая"
26-29	26	г. Рязань	Рязанская нефтеперерабатывающая компания
	27	г. Москва	Московский НПЗ (Капотня)
	28	п. Кстово	Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез
	29	г. Ярославль	Ярославский НПЗ им. Д.И. Менделеева, Ново-Ярославский НПЗ
30-31	30	г. Кириши	Киришский НПЗ
	31	г. Никольское	Завод-изготовитель смазок "Стан"
	32	г. Йошкар-Ола	Марийский нефтеперегонный завод
	33	г. Ухта	Ухтинский НПЗ

Следует отметить, что группирование подразделений по алгоритму Брона-Кербоша позволяет снизить эксплуатационные затраты на РТС за счёт уменьшения общего количества единиц техники путём обеспечения возможности её оперативного передвижения из других подразделений группы. Комплектование техникой подразделений группировки произведено по аналогии с основным принципом ресурсного оснащения гарнизона пожарной охраны (обеспечение возможности тушения двух одновременных крупных пожаров на территории гарнизона).

По статистике, значительное число пожаров развиваются до крупных размеров в резервуарных парках с резервуарами 2 класса опасности (объёмом от 10 до 50 тыс. м³). Как показывают расчёты, для тушения пожара одного резервуара РВС-20000 с нефтепродуктами в пределах обвалования для эффективного ведения действий по тушению пожара дополнительно к обычной технике из имеющейся номенклатуры РТС необходимо использовать следующие (табл. 3)

Таблица 3

Состав и задачи для РТС при тушении пожара резервуара с нефтепродуктами

Основная задача	Тип РТС	Типовая модель	Стоимость*, млн руб.	Количество РТС
Разведка пожара	Воздушный	Беспилотный летательный аппарат Гранат ВА-300	0,08	2
Подача ОТВ в очаг пожара	Наземный, тяжёлый	Роботизированный комплекс пожаротушения Уран-14	35	2
Разграждение и другие инженерные работы	Наземный, лёгкий	Роботизированное средство на базе инженерной машины разграждения ИМР-2	40	1

Прим. * – стоимость в ценах 2014 года

С учётом возможности тушения двух одновременно возникших пожаров в зоне ответственности тактической группировки необходимое количество РТС следует увеличить в два раза от расчётного (табл. 4). Исходя из этого, общая потребность РТС для 6 группировок и 8 отдельных подразделений составит: БПЛА типа Гранат ВА-300 – 56; Уран-14 – 40; ИМР-2 – 20. Общая стоимость РТС по ценам 2014 года составит порядка 2,2 млрд руб.

Литература

1. Цариченко С.Г., Денисов А.Н., Власов К.С. Обоснование необходимости применения робототехнических средств для повышения тактических возможностей пожарных подразделений // Пожарная безопасность. 2014. № 4. С. 53-0.
2. Анализ действий пожарной охраны при тушении крупных пожаров и проведении связанных с ними аварийно-спасательных работ на территории Российской Федерации" // Отчёты по НИР ВНИИПО МЧС России. 2000-2014 гг.
3. Брагинский О.Б. Нефтегазовый комплекс мира. М.: изд-во "Нефть и газ" РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2006. 526 с.
4. Bron C., Kerbosh J. Algorithm 457 — Finding all cliques of an undirected graph // Comm. of ACM, 16, 1973. Pp. 575-577.