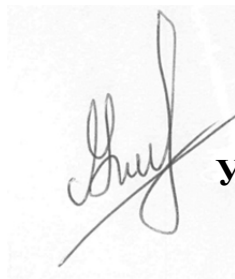


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ
«ПРИДНЕПРОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»**



На правах рукописи

Улитина Марина Юрьевна

УДК 69.05:658.382

**ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕДЕНИЯ РАБОТ ПРИ
ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СВЯЗАННЫХ С ОБРУШЕНИЕМ
ЗДАНИЙ**

Специальность 05.26.01 – Охрана труда

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук



Научный руководитель:
доктор технических наук,
доцент Шатов С.В.

Днепро - 2017

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	6
Раздел 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ОБРУШЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	14
1.1. Анализ характера возможных разрушений строительных объектов при возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС)	14
1.2. Проведение ремонтно-строительных и аварийно- восстановительных работ при ликвидации последствий разрушений зданий. Подходы к оценке технического состояния объектов	20
1.3. Специальные средства по обеспечению безопасного ведения работ в условиях обрушения строительных конструкций	28
1.4. Наземные транспортные средства	31
1.5. Специальные технические средства, используемые при ликвидации последствий ЧС и обрушений зданий	38
1.5.1. Высотный спасатель «Братья Валефельд.	38
1.5.2. Горный спасатель ««RESQUE-ИСТА-100».	39
1.5.3. Специальная подъемно-транспортная машина (СПТМ).	40
1.6. Выводы по разделу 1	44
Раздел 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ РАБОТ	46
2.1. Элементы теории принятия решений при ведении специальных видов работ	47
2.2. Основные положения постановочной задачи	48

	3
2.2.1. Первый и второй шаги принятия решений	50
2.2.2. Качественные целевые функции в задачах принятия решений.	52
2.2.3. Количественные целевые функции в задачах принятия решений.	60
2.3. Многокритериальные задачи принятия решений	63
2.4. Выводы по разделу 2	73
Раздел 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЗРУШЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВЕРХНИХ ЭТАЖЕЙ И КРЫШИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ	75
3.1. Показатели разрушения зданий и сооружений	77
3.2. Результаты исследований разрушений зданий	80
3.3. Применение результатов исследований к организации выполнения работ по устранению последствий чрезвычайных ситуаций	91
3.4. Выводы по разделу 3	98
Раздел 4. ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ РАБОТ НА ВЫСОТЕ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН	100
4.1. Методы расчета устойчивости ПТМ	101
4.2. Оценка устойчивости от опрокидывания подъемно-транспортных машин с учетом возникающих колебаний	105
4.3. Математическое моделирование и оценка динамической устойчивости ПТМ при ведении работ на высоте	110
4.3.1. Исходные параметры к исследуемой модели.	110
4.3.2. Динамика происходящих процессов.	114
4.3.3. Линеаризация уравнений движения первого типа.	119

4.4. Исследование динамической устойчивости ПТМ в первом приближении	121
4.4.1. Оценка динамической устойчивости АПП-30.	121
4.4.2. Предлагаемые конструктивные решения к обеспечению устойчивости ГПТМ-55 в условиях аварий и других ЧС на высоте.	124
4.5. Применение специальных ПТМ для ведения РСР, АВР и АСР на базе автомобилей быстрого реагирования при выполнении работ по ликвидации последствий разрушений зданий	131
4.5.1. Структурный синтез специальных подъемно-транспортных машин быстрого реагирования при ведении специальных видов работ по ликвидации последствий в разрушенных зданиях и сооружениях.	131
4.7. Выводы по разделу 4	139
Раздел 5. ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ РАБОТ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗРУШЕНИЯ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН	141
5.1. Разработка тактико-технического обеспечения к применению установок СПТМ и СПТМ-М и достижение качественной целевой функции безопасного их использования	141
5.2. Теоретическое обоснование применения СПТМ и СПТМ-М для доставки контрольного груза с тросом на крышу здания	145
5.3. Обоснование применения установок СПТМ и СПТМ-М для пневмометания контрольного груза с тросом через здание	151
5.4. Выводы по разделу 5	157
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ	160
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	162
ПРИЛОЖЕНИЯ	174

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Заявка на выдачу патента Украины «Нетрадиційна підйомно-транспортна машина»	174
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Параметры строительных конструкций и элементов верхних этажей зданий	179
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Заявка на выдачу патента Украины «Спеціальна підйомно-транспортна машина модернізована»	185
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Акт о внедрении результатов работы	192

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В соответствии с Конституцией Украины [1], Законом и законодательством Украины «Об охране труда» [2, 3] основным принципом государственной политики является приоритет жизни и здоровья работников всех сфер жизнедеятельности, безотносительно достигаемых конечных результатов.

Согласно данным Организации объединенных наций в результате катастроф, стихийных бедствий, аварий и других чрезвычайных ситуаций (ЧС) на нашей планете в последние два десятилетия было утрачено около трех млн. человеческих жизней, и пострадало более млрд. человек [4].

Так или иначе, научно-техническая революция второй половины 20-го и начала 21-го века в известной мере не смогла в достаточной степени разрешить проблему обеспечения безопасности жизнедеятельности Человечества в его среде обитания. Мониторинг этой проблемы свидетельствует о возрастании опасных тенденций возникновения аварий в производственной сфере и в условиях быта людей, о росте влияния человеческого фактора на увеличение числа ЧС техногенного характера, а также о росте материальных затрат, связанных с ликвидацией последствий.

В последние десятилетия среди всего количества экстремальных ситуаций большая их половина связана с резонансными происшествиями техногенного характера, катастрофами, авариями и другими трудно предсказуемыми явлениями. Отметим также, что значительное число случаев травматизма и гибели людей связано с обрушениями зданий, строительных конструкций, разгерметизацией технологического оборудования и как следствие взрывов и пожаров [5].

Безусловно, все это приводит к нарушениям безопасных условий жизнедеятельности людей и настоятельно требует значительных материальных затрат для обеспечения охраны труда специалистов, выполняющих спасательные, аварийно-восстановительные и ремонтно-строительные работы.

Отсутствие поддержания в надлежащем порядке эксплуатационных параметров зданий и сооружений и в исправном состоянии технологического оборудования, нарушения норм и правил соблюдения технологических процессов приводят к возникновению различного рода экстремальных ситуаций и, как следствие, в результате все чаще происходят разрушения строительных конструкций, оборудования, зданий и сооружений в целом. Для ликвидации последствий такого рода чрезвычайных ситуаций, восстановления и ремонта аварийных объектов привлекаются специальные подразделения, в том числе и спасателей [6 – 10].

В задачу таких подразделений входит выполнение специальных работ: демонтаж и монтаж строительных конструкций, восстановление и укрепление аварийных частей зданий и технологического оборудования, разборка завалов, ликвидация аварийных ситуаций, спасание людей и др.

Вместе с тем, технические средства и устройства, которые комплексно используют при ведении специальных строительно-восстановительных и аварийно-спасательных работ, не всегда способствуют эффективному и безопасному их ведению, не отвечая требованиям безопасности для спасаемых и спасателей. В значительной мере это характерно для экстремальных ситуаций аварийно-спасательных работ в зданиях и сооружениях, особенно в высотных. Здесь при обрушениях пострадавшие часто оказываются в завалах, образующихся фрагментами строительных конструкций и их обломками. Причем, доступ к пострадавшим обычно заблокирован габаритными и тяжелыми элементами зданий и сооружений, которые следует удалить из завалов, что при проведении аварийно-спасательных работ отрицательно сказывается на факторе оперативности (время τ) и, соответственно, на эффективности и безопасности выполнения специального вида работ (СВР).

К этому следует добавить, что известная техника, оборудование и устройства для проведения СВР, хотя и снабжается предприятиями-изготовителями некоторыми рекомендациями к применению, однако лишь в

виде ограниченного, на наш взгляд, числа инструкций пользователю. Научной же проработки вопросов создания тактико-технического обеспечения безопасного и эффективного применения этой техники в экстремальных ситуациях до настоящего времени не осуществлялось.

Таким образом, повышение безопасности при выполнении СВР в экстремальных условиях ликвидации последствий обрушения строительных конструкций, с помощью создаваемых эффективных и надежных специальных подъемно-транспортных машин (СПТМ), а также тактико-технического обеспечения к их применению, является актуальной научно-прикладной задачей.

Связь работы с научными программами, планами, темами.

Диссертационная работа выполнялась в Государственном высшем учебном заведении «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры» в соответствии с Конституцией и законодательством Украины «Об охране труда»; согласно госбюджетной кафедральной НИР ПГАСА "Исследования вредных и опасных факторов на производстве и в зданиях с разработкой мер и средств борьбы с их негативным влиянием на человека" (№ ГР - 106U006613), НИР ПГАСА на 2011-2015 г.г. "Безопасность объектов при возникновении чрезвычайных ситуаций, безопасность и охрана труда в различных сферах жизнедеятельности человека" (№ ГР - 0111U006481), а также согласно приказа по Главному Управлению ГСЧС в Харьковской области № 202 от 13.09.2011г. «О мерах относительно проведения работ, повышения эффективности применения многофункционального аварийно-спасательного комплекса». Исследования соответствуют Национальной программе «Концепция общегосударственной целевой программы улучшения состояния безопасности, гигиены труда и производственной среды на 2012-2016 г.г.».

Цель и задачи исследований. Целью диссертационной работы является обеспечение безопасности проведения специальных видов работ при возникновении экстремальных ситуаций с обрушением зданий и сооружений.

Основные задачи исследований:

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные научно-практические задачи:

- провести анализ обрушений зданий и проведения аварийно-восстановительных, ремонтно-строительных работ в экстремальных ситуациях при обрушении строительных конструкций;

- провести научное и практическое обоснование с использованием теории принятия оптимальных (рациональных) решений и разработать алгоритм принятия решений по повышению безопасности и эффективности проведения специальных видов работ в экстремальных ситуациях;

- провести исследования и установить закономерности возможных разрушений строительных конструкций, что позволяет прогнозировать виды технических средств при проведении специальных видов работ по ликвидации экстремальных ситуаций, связанных с обрушением зданий;

- провести моделирование колебательных процессов конструкций подъемно-транспортных машин (автовышки, подъемники) и установить закономерности потери устойчивости и граничные условия возможного опрокидывания, что позволяет прогнозировать их безопасную эксплуатацию в экстремальных ситуациях;

- провести выбор технических средств для ведения специальных видов работ при обрушении строительных конструкций жилых зданий и разработать научно – техническое обеспечение их применения с учетом безопасности;

- провести внедрение полученных результатов исследований.

Объект исследований – процессы подготовки и проведения СВР при ликвидации последствий, связанных с обрушением строительных конструкций.

Предмет исследований – повышение безопасности при ведении специальных видов работ по ликвидации последствий обрушения строительных конструкций, зданий и сооружений.

Методы исследований – системный анализ организации ведения СВР; моделирование экстремальных ситуаций связанных с обрушением строительных конструкций зданий и сооружений; теоретико-экстремальные методы оценки безопасности и эффективности ведения специальных работ на аварийных объектах с использованием подъемно-транспортных машин (ПТМ) специального назначения; статистические методы обработки экспериментальных данных.

Достоверность полученных результатов подтверждается объемом проведенных натурных и экспериментальных исследований в реальных условиях ведения СВР при разрушениях конструкций, зданий и сооружений с достаточно высокой сходимостью результатов теоретических исследований.

Научная новизна полученных результатов:

1. Впервые установлены закономерности разрушений строительных конструкций и образования их обломков по объему и массе в зависимости от конструктивной схемы, серии жилых домов, сопровождающиеся возникновением экстремальных ситуаций, что позволяет прогнозировать выбор средств механизации для безопасного и эффективного выполнения работ.

2. На основе теории принятия решений разработан алгоритм пошагового цикла составления качественных и количественных целевых функций при ведении специальных видов работ по ликвидации последствий экстремальных ситуаций, обеспечивающий безопасность и последовательность их выполнения.

3. Получило дальнейшее развитие исследование динамических процессов устойчивости подъемно-транспортных машин значительной высоты. Полученные линеаризованные уравнения в первом приближении позволяют оценить динамику состояния ПТМ (устойчива, неустойчива) при создании новых ПТМ на стадии проектирования.

4. Впервые разработаны теоретические основы повышения безопасности и эффективности, проведения специальных видов работ в экстремальных ситуациях при обрушении зданий и сооружений с использованием ПТМ и специальных подъемно-транспортных машин (СПТМ).

Практическое значение полученных результатов:

- разработаны варианты технологических схем демонтажа верхних частей разрушений строительных объектов в зависимости от их характера и наличия транспортных коммуникаций;

- проведено научно-практическое обоснование необходимости повышения безопасности и эффективности проведения СВР в чрезвычайных условиях при обрушении строительных конструкций;

- разработанный методологический подход к выбору решений при ведении работ по ликвидации ЧС внедрен при проведении учений Харьковского гарнизона пожарной охраны и других спецподразделений на нефтебазе №1 г. Харькова;

- предложено проектное решение ГПТМ-55, с учетом обеспечения ее устойчивости, предназначенной для ведения ремонтно-восстановительных, ремонтно-строительных работ при обрушении строительных конструкций. На подъемно-транспортную машину получен патент на полезную модель (Патент №98839 «Устройство для пожарно-спасательных работ в высотных зданиях и сооружениях»);

- на основе синтеза известных конструкций ПТМ, разработаны аварийно-восстановительный комплекс на базе шасси автомобиля ЗИЛ-130, который позволяет безопасно и эффективно выполнять работы на высотных зданиях с учетом поставленных задач;

- проведены комплексные учения, как элемент физического моделирования, которые позволили оценить безопасность и эффективность принимаемых решений при ликвидации ЧС. Это дало возможность повысить безопасность и эффективность оперативных действий за счет сокращения расходов на проведение специального вида работ при локализации и

ликвидации ЧС, сократить материальный ущерб на нефтебазе №1 ОАО «Харьковоблнефтепродукт» на 25% за счет сокращения времени проведения работ по ликвидации ЧС на 10%.

Личный вклад соискателя состоит в том, что им, при его участии и под его руководством:

- сформулированы цель, задачи исследований, научные положения и выводы из диссертационного исследования;

- разработаны теоретические основы повышения эффективности и безопасности проведения СВР в экстремальных условиях. В их основу заложены положения современной теории принятия решений руководителем работ;

- создана математическая модель исследования устойчивости от переворачивания габаритных ПТМ при ликвидации последствий разрушений зданий и сооружений при ЧС;

- научно обоснована целесообразность использования специальных ПТМ для работ на разрушенных зданиях и сооружениях при ликвидации последствий ЧС;

- по заданию Главного управления ГСЧС Украины в Харьковской области разработан эскизный проект новой СПТМ.

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили позитивную оценку на: III Міжнародної науково-методичної конференції «Безпека людини в сучасних умовах» в м. Харкові у 2011р.; Всеукраинской студенческой научно-технической конференции «Устойчивое развитие городов» в г. Харькове, в 2012г.; VI Международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности в XXI веке», приуроченной к 45-летию кафедры БЖД ГВУЗ ПГАСА, в г. Днепре, в 2016г.; XIV международной научно-практической конференции: «Инновационные

технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения» в Хмельницкой обл., в 2016г.

Публикации. Основные результаты работы опубликованы в 13 научных статьях, из которых 9 – в изданиях, рекомендованных МОН Украины; 1 - зарубежом; в 2 тезисах докладов. По теме работы получен патент Украины на полезную модель.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 разделов, общих выводов по работе, списка литературных источников и приложений.

Общий объем диссертации составляет 195 страницы. Кроме основного текста, который изложен на 161 странице, диссертация содержит: 69 рисунков, 21 таблиц, список использованных источников из 116 наименований на 12 страницах и 4-х приложений на 21 странице.

Раздел 1

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ОБРУШЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Проведенный анализ показал, что жилые дома, здания и сооружения промышленных предприятий при экстремальных ситуациях, связанных с авариями коммуникаций (газоснабжение и вентиляция, водоснабжение и водоотведение, электроснабжение и др.), в том числе и при пожарах, потенциально подвержены многообразию чрезвычайных происшествий с повышенной опасностью для людей и селитебной зоны. Исследования ряда авторов [11 – 17] свидетельствуют, что ликвидация последствий в случаях обрушений зданий и сооружений во многом определяется специфическими особенностями характера разрушений объектов строительной индустрии.

1.1. Анализ характера возможных разрушений строительных объектов при возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС)

Сооружения и здания могут быть разрушены или повреждены от действия техногенных катастроф, природных явлений, аварий и других ЧС.

Причинами возникновения техногенных катастроф и аварий, которые связаны с разрушением зданий и сооружений, являются:

- увеличение нагрузок на здания и сооружения сверх нормативных значений и проявление при их эксплуатации непредвиденных проектами влияний на конструкции [18, 19, 20];

- снижение в процессе эксплуатации прочностных характеристик элементов конструкций, зданий и сооружений от действия разнообразных факторов: влажности, изменения температуры, механического износа и других [21 - 27];

- не качественные строительные и ремонтные работы, нарушения норм их выполнения, а также не своевременное выполнение ремонтов.

Авария происходит, если нарушается правильность: проектных решений и нормативных характеристик, изготовления заводских изделий, монтажа здания. В отдельных случаях здания, их конструктивные элементы и оборудование получают повреждение в результате действия не одного какого-либо фактора, а суммарного их действия.

Аварии, связанные с увеличением нагрузок сверх нормативных значений, являются результатом накопления на кровле зданий и сооружений грузов, снега, пыли и влаги, не учтенных при проектировании. Примерами таких аварий являются обрушения крыш крытого катка в Германии (2006 г.) и торгового центра в г. Риге (2013 г.). Обрушение крыши торгового центра в г. Риге, при котором погибло 54 человека, произошло в результате суммарного действия дополнительных нагрузок на кровлю и бокового давления со стороны новостройки (рис. 1.1).



а)



б)

Рис. 1.1. Торговый центр в г. Риге (2013 г.): а) – до аварии; б) – после

К непредвиденным проектами влияниям техногенного характера на конструкции зданий и сооружений следует отнести: взрывы, пожары, случайные удары транспортных средств. В зависимости от источника аварии или стихийного бедствия, их мощности, времени действия и других основных и второстепенных факторов, разрушения сооружений и зданий имеет вероятный характер. В то же время существуют отдельные закономерности их разрушения и общая схема развития этого процесса. Сначала проходят локальные повреждения отдельных элементов зданий и

сооружений, которые распространяются на смежные конструкции и узлы. Потом проходит расширение объема повреждения.

Во многих случайных взрывах причиной является неправильное пользование газом [28, 29, 30]. Крупные катастрофы из-за взрыва газа состоялись (рис. 1.2): в г. Днепр (2007 г.), в г. Евпатории (2008 г.), в г. Астрахани (2012 г.), а также с ограниченными разрушениями: в 2009 году в г. Луганске, в 2012 году в г. Харькове, в 2014 году в г. Николаеве и в 2016 году в г. Украинске (Донецкой обл.). В зависимости от параметров и направления взрыва, типа сооружений и их количества изменяется характер разрушений, структура завалов и условия выполнения работ.



Рис. 1.2. Поврежденные взрывами газа жилые дома:

а) – г. Днепр (2007 г.); б) – г. Николаев (2007 г.); в) – г. Рязань (2016 г.); г) – Украинск (Донецкой обл., 2016 г.)

Значительные повреждения объектов приносят военные действия и террористические акты. Во многих населенных пунктах восточной части

Украины разрушены или повреждены строительные объекты разные по архитектурно-планировочным решениям и назначению (рис. 1.3).



а)



б)

Рис. 1.3. Поврежденные здания в результате военных действий (2015 г.):
а) – г. Славянск; б) – г. Донецк

Разрушение зданий происходит при снижении в процессе эксплуатации прочностных характеристик конструкций строительных объектов от действия механического износа, особенно коррозии мест соединения элементов железобетонных изделий (рис. 1.4,а) и усталостных явлений в строительных конструкциях (рис. 1.4,б).



а)



б)

Рис. 1.4. Разрушение зданий от механического износа:
а) – г. Шахтинск (Карагандинской обл., 2017 г.); б) – г. Васильков (Киевская обл., 2016 г.)

Здания и сооружения могут разрушаться в результате не качественных строительных и ремонтных работ, нарушения норм их выполнения. 160 человек погибли в результате обрушения гибкой крыши церкви (рис. 1.5)

на юге Нигерии (2016 г.). Строители не успели завершить все работы до проведения церемонии.



а)

б)

Рис. 1.5. Обрушение гибкой крыши церкви в Нигерии (2016 г.):
а) – остатки церкви; б) – разрушенная крыша

Не выполнение норм проведения ремонтных работ зданий и сооружений приводит к частичным их обрушениям. В г. Омск (2015 г.) после ремонта 4-х этажного общежития произошло падение перекрытий и стеновых панелей всех этажей одной секции (рис. 1.6,а). Во время ремонтных работ в нежилом доме по ул. Б. Хмельницкого г. Киева (2016 г.) из-за нарушения правил работ рухнули деревянные перекрытия (рис. 1.6,б). В обоих случаях погибли люди.



а)

б)

Рис. 1.6. Повреждение зданий:
а) – вследствие некачественного ремонта (г. Омск, 2015 г.); б) – при проведении ремонта (г. Киев, 2016 г.)

Нежилые, требующие ремонта здания, с течением времени могут разрушаться под действием температуры, влаги и являются источником повышенной опасности (рис. 1.7).

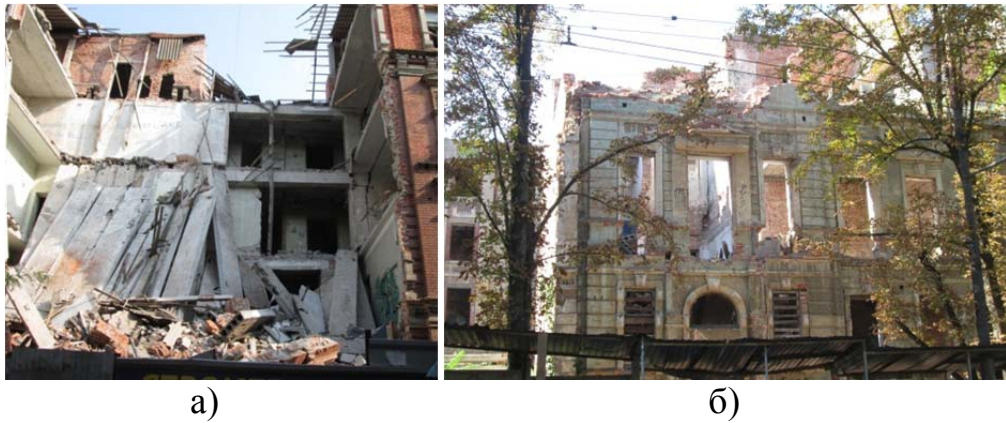


Рис. 1.7. Дома в г. Днипро без ремонта, состояние которых ухудшается:
а) – по ул. Артема, 28; б) – по пр. Яворницкого, 43

На территории Украины наиболее распространены такие природные явления: оползни, наводнения, ураганы, смерчи. Проявление этих явлений приводит к значительным разрушениям строительных объектов (рис. 1.8).



Рис. 1.8. Воздействие природных явлений:
а) – остатки зданий после оползня в г. Днипро, 1997 г.;
б, в) – движение смерча и поврежденные дома в с. Волоское (2015 г.)

Анализ техногенных и природных воздействий на строительные объекты Украины показывает, что наиболее распространенными и разрушительными являются взрывы бытового газа, оползни, наводнения, ураганы и смерчи. Природные явления являются стихийными, которые сложно предопределить и к которым целесообразно готовится заранее. Взрывы бытового газа происходят из-за неудовлетворительной работы газовых хозяйств, неосторожного обращения потребителей и в ряде случаев могут быть предотвращены правильной эксплуатацией газового оборудования. Оперативность и эффективность ликвидации последствий взрывов бытового газа зависит от значительного ряда исходных факторов,

основными из которых являются: - наличие потерпевших в зонах разрушения объектов; - характер разрушений зданий и сооружений; - состояние инженерных сетей; - наличие и состояние транспортных коммуникаций.

В связи с изложенным целесообразно рассмотреть и провести анализ проведения аварийно-спасательных и восстановительных работ, которые выполняются при ликвидации взрывов бытового газа.

В ряде работ [31, 32] проведены исследования разрушения строительных конструкций, когда источник взрыва газа размещается на нижних и средних этажах зданий. Полученные результаты позволяют с определенной вероятностью прогнозировать масштабы и характер разрушений строительных конструкций, что позволяет формировать силы и средства для ликвидации последствий ЧС. Однако, как показал проведенный анализ аварий [33] в последнее время часто взрывы газа происходят в верхних частях зданий, разрушая в первую очередь крыши, верхние технический и жилые этажи. В этом отношении отсутствие исследований о характере таких разрушений не позволяет эффективно и безопасно проводить работы в полном объеме, что обуславливает необоснованность принимаемых решений при организации и проведении аварийно-восстановительных и ремонтно-строительных работ. Поэтому для разборки и расчистки завалов с применением необходимых технических средств следует изучить характер разрушений в жилых и промышленных зданиях, связанных с обрушением строительных конструкций верхних этажей.

1.2. Проведение ремонтно-строительных и аварийно-восстановительных работ при ликвидации последствий разрушений зданий. Подходы к оценке технического состояния объектов

Ликвидация последствий стихий и техногенных аварий связана с выполнением ремонтно-строительных и аварийно-восстановительных работ [34 – 37]. При их проведении выполняют работы по устранению разрушений зданий и повреждений инженерных коммуникаций и спасению

пострадавших,. Затем выполняются работы с демонтажем и восстановлением строительных объектов, а также с восстановлением инженерных коммуникаций. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций ограничено временем, так как эти работы требуют быстрого реагирования и действий. Последовательность работ по ликвидации природных и техногенных явлений с учетом безопасности их выполнения определяется непосредственно на месте событий и включает такие процессы:

- обследование путей движения техники и личного состава Государственной службы с чрезвычайных ситуаций к месту произошедшего события; при необходимости восстановление этих транспортных коммуникаций;
- обследование поврежденного объекта, выявление потерпевших, определение характера разрушений;
- составление последовательности работ, определение видов и количества средств механизации;
- проведение аварийно-ремонтных и восстановительных работ, утилизация обломков зданий.

Особое значение для обеспечения безопасности ведения работ отводится определению технического состояния объекта.

Оценка технического состояния транспортных коммуникаций и строительных объектов выполняется методами визуального и визуальнo-инструментального обследования. При визуальном осмотре (рис. 1.9, а, б) поврежденных зданий и сооружений вначале обследуют внешние стены и нависающие конструкции, потом осматривают внутренние стены. При этом фиксируется характер разрушений и степень повреждений конструкций. Выполняются обмеры, схемы, фотоснимки, используются простые приборы.

При инструментальном обследовании (рис. 1.9, в - е) определяют размеры отдельных конструкций, измеряются ширина раскрытия трещин и диаметр арматуры. Эти виды обследования зданий для обеспечения безопасности их выполнения требуют значительного времени и затрат. Они

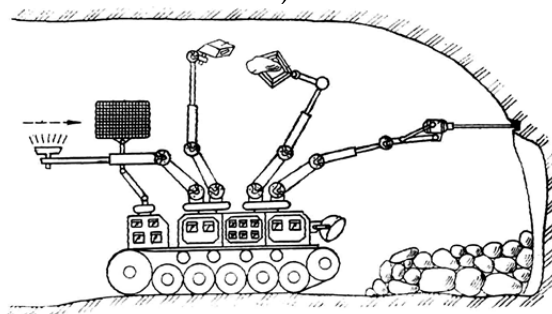
проводятся в зонах зданий, где могут быть повторные обрушения и это является дополнительным источником опасности.



а)



б)



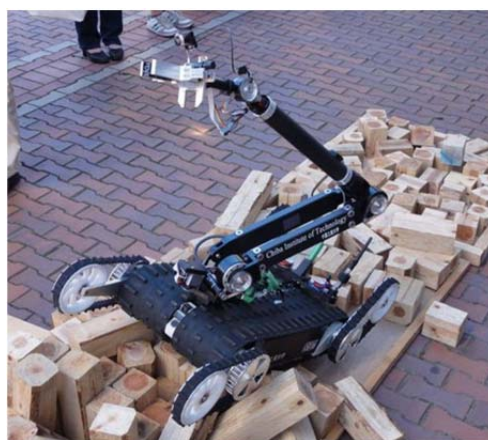
в)



г)



д)



е)

Рис. 1.9. Обследование технического состояния разрушений:
а, б) - визуально; визуально-инструментально: в) - горнотехническим роботом; г) - дистанционно-управляемым комплексом СДУК; д) - роботом Т52 «Енрю»; е) - роботом QUINCE

Перспективным направлением обследования технического состояния разрушений строительных объектов является фото- и видеосъемка повреждений и разрушения с обработкой данных. Видео- и фотографирование последствий чрезвычайных ситуаций выполняют

непосредственно у зданий или с помощью летательных аппаратов (вертолетов, самолетов, беспилотников) и спутников (рис 1.10).

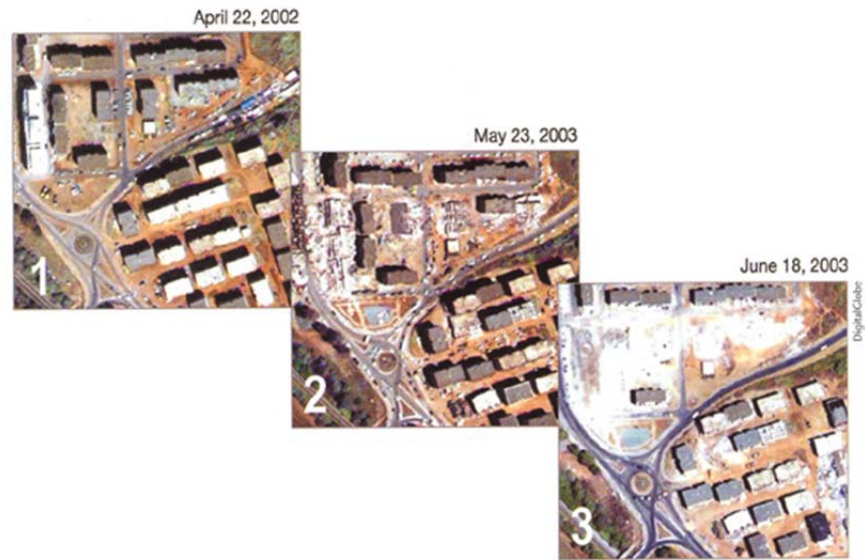


Рис. 1.10. Фотосъемка спутником QuickBird разрушенных землетрясением объектов в г. Бумердес, Алжир: 1. До землетрясения; 2. После землетрясения (21 мая 2003 г.); 3. После расчистки разрушений

В работах [35, 37] предложен метод обследования разрушенных зданий и сооружений с использованием беспилотных летательных аппаратов (квадрокоптеров) и компьютерной обработки результатов (рис 1.11).

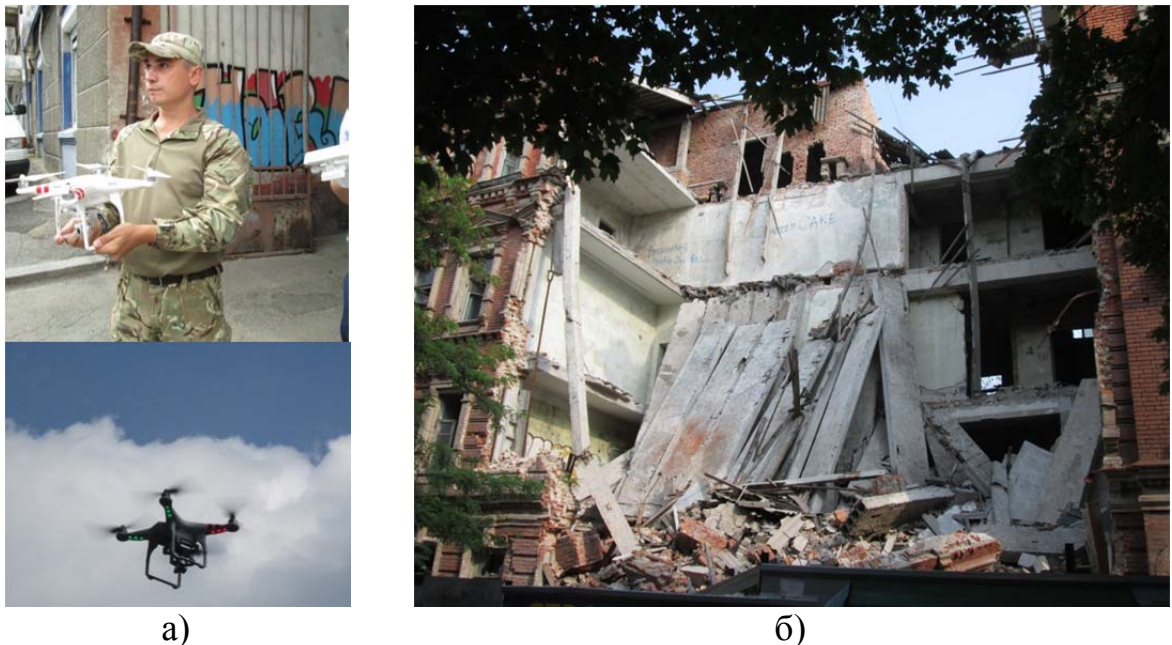


Рис. 1.11. Использование беспилотников для обследования разрушений дома в г. Днепро (2014 г.):

а) – подготовка и полет квадрокоптера; б) – разрушенный объект

Метод позволяет не только фиксировать последствия чрезвычайных ситуаций, но и оперативно анализировать характер и фракционную структуру разрушений объектов. Это является исходной информацией для организации и выполнения аварийно-ремонтных и восстановительных работ.

По результатам обследования объектов определяется техническое состояние отдельных конструкций по категориям: работоспособное, ограничено работоспособное, не работоспособное, аварийное, разрушенное. В зависимости от дальнейших задач ликвидации последствий чрезвычайной ситуации, конструкции не трогают, усиливают, заменяют или демонтируют.

Проведенный анализ последствий разрушений и их ликвидации показал, что в зонах разрушенных зданий и сооружений выполняют два типа проездов: магистральные и боковые. При наличии обломков (завалов) на дорогах, их расчищают или выполняют проезды поверх обломков.

Освобождение потерпевших, которые находятся под разрушенными конструкциями зданий, выполняют одновременно с другими видами работ. Главное требование при этих работах - промежуток времени после чрезвычайной ситуации не должен превышать 6...8 часов, а в отдельных случаях до 120 часов [38, 39].

Восстановительные работы связаны с расчисткой территории от полностью разрушенных зданий или с восстановлением тех объектов, которые имеют частичные разрушения и повреждения. Основными требованиями к восстановительным работам являются: минимальный объем демонтажных работ, максимальное использование неповрежденных конструкций, высокий уровень механизации работ. При демонтажных работах необходимо, чтобы в случае удаления одной конструкции не произошло обрушения других частей здания. Необходимо, чтобы строительные конструкции на каждом этапе работ могли воспринимать усилия, действующие на них.

Так, например, разборка разрушенных секций жилого дома в г. Днепр (рис 1.12) выполнялась в стесненных условиях применения техники. Поэтому

была использована поэлементная их разборка с помощью башенного крана и механизированного инструмента (резаки), которым демонтировались места соединений панелей. Анализ результатов таких действий показал, что выполнение работ по демонтажу строительных конструкций с применением башенного крана требует значительных материальных и временных затрат, связанных с установкой крана.



а)



б)

Рис. 1.12. Разборка жилого дома в г. Днепро башенным краном:
а) - остатки фасада; б) – демонтаж конструкций

При разборке завала перед третьей секцией дома использовался самоходный телескопический автокран и телескопический экскаватор на базе автомобиля «Татра» (рис 1.13). Ими производилось извлечение обломков из завала и неустойчивых конструкций с разрушенных этажей дома. Эта техника позволяла выполнять работы до 8-го этажа. Извлеченные строительные конструкции и обломки загружались в автосамосвалы, которые их перевозили на склады-полигоны. Работа автокрана и экскаватора чередовалась из-за стесненных условий (имелась только одна дорога для перемещения всех видов техники), что усложняет ведение работ и не всегда экономически оправдано.

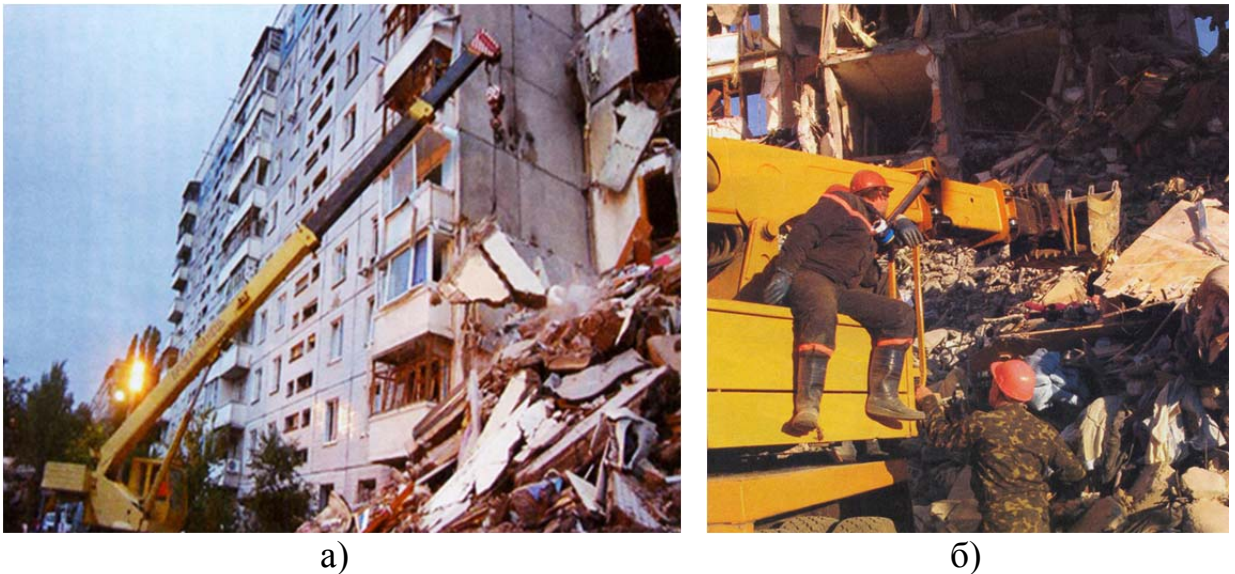


Рис. 1.13. Разборка разрушенных конструкций дома в г. Днипро:
а - автокраном; б – телескопическим экскаватором

Анализ показал, что в Харькове восстановление поврежденных частей домов производилось путем разборки повреждений и их перестройки. Угловая часть дома по ул. Слинько, с помощью двух самоходных кранов с башенно-стреловым и телескопическим оборудованьями, вначале была демонтирована, а потом восстановлена кирпичной кладкой (рис 1.14,а). Так же, как и в доме Московский пр. (рис. 1.14,б). На восстановительных работах использовался подъем работников в люльке с помощью самоходного крана.



Рис. 1.14. Восстановление поврежденных домов в г. Харьков (2012 г.):
а) - по ул. Слинько; б) – по пр. Московский

Использование различных типов кранов особенно актуально при выполнении аварийно-ремонтных и восстановительных работ разрушенных верхних этажей и крыш строительных объектов. Рабочее оборудование в этом случае выполняется в виде люльки – грузопассажирской площадки с ограждениями, которая через стропы подвешивается на крюковой подвеске крана (рис 1.15,а). В люльке размещаются рабочие и необходимый механизированный инструмент – дисковая пила, перфоратор. Работы организовываются и выполняются при совместной эксплуатации двух кранов – одного с грузозахватным приспособлением, а другой - с люлькой. Кран с грузозахватным приспособлением охватывает конструкцию, которая извлекается из разрушений, и создает натяжение подъемного каната. Рабочие в люльке другого крана производят разрезание мест соединения конструкций.



а)



б)



в)



г)

Рис. 1.15. Использование люльки, установленной на кране:
 а) – демонтаж конструкций; б) – демонтаж длинномерных элементов;
 в, г) – проведение спасательных работ

На люльке располагают легкие длинномерные конструкции (рис 1.15,б), а в случае необходимости – носилки для эвакуации потерпевших (рис 1.15,в, г). Люлька подвешена на гибких канатах, что приводит к ее раскачиванию и это усложняет работу личного состава подразделений ГСЧС.

С учетом безопасности перемещения спасаемых и материальных предметов подъемно-транспортное оборудование (краны и автокраны, подъемники и автолестницы и др.), используемое при ведении работ в связи с авариями и пожарами в жилых и промышленных зданиях, требуют дальнейшего совершенствования и своего тактико-технического обеспечения (инструкций по эксплуатации). А это, так или иначе, связано с достоверностью оценок устойчивости конструкций ПТМ от опрокидывания.

1.3. Специальные средства по обеспечению безопасного ведения работ в условиях обрушения строительных конструкций

В работах [40 – 43] рассмотрены способы проведения специальных видов работ в разрушенных зданиях с комплексным использованием ручных и механизированных технических средств. Рассмотрены некоторые причинно-следственные экстремальные ситуации и их последствия.

Как показал проделанный нами анализ выбор средств проведения РСР, АВР и АСР, определение способов их применения зависит от конкретной оперативной обстановки на месте ЧС, которая характеризуется следующими признаками: - труднодоступность к месту проведения работ; - возможность обрушения здания, в том числе повторных обрушений; - взрывы и горение разрушенных зданий, сильное задымление; - высокая температура; - возможность выбросов химических и радиоактивных веществ, а также бактериологического заражения; - отсутствие источников энергии, воды и т.п.

Приведенные негативные факторы в значительной степени усложняют условия проведения РСР, АВР, и РВР, являясь источниками дополнительной опасности и, соответственно, рисков.

Опыт проведения подобных видов работ в зданиях и сооружениях [44, 45, 46 – 54], в том числе и высотных, свидетельствует, что эффективность и безопасность их ведения во многом зависит от применения механизированных средств. А сам подход к решению оперативно-тактических задач при проведении специальных видов работ зависит от конструктивных особенностей здания или сооружения. То есть: вид, количество и качество строительных конструктивов, предел огнестойкости конструкций и здания в целом, пожаро- и взрывоопасность материалов и веществ, находящихся в зданиях и обращающихся в технологических производственных процессах; насыщенность различными коммуникациями и потенциальными источниками возникновения вторичных поражающих факторов. Кроме того, на тактико-технические особенности ведения РСР, АВР и АСР оказывают влияние также природно-климатические, гидрологические, геологические и другие факторы.

В [37, 43, 54 – 56] дается описание комплекса машин, большей частью колесных и гусеничных, используемых для разборки завалов и расчистки дорог, которые позволяют увеличить пространство для маневра спецподразделений. Однако в них не учитывалась возможность принятия ошибочных решений руководителем, что, как правило, приводит к повторному выполнению тех же операций, или вообще, – к неудовлетворительному их завершению. Не оценивались также затраты времени выполнения отдельных операций, а также всего объема работ при извлечении пострадавших из завалов.

Применяемые средства механизации при выполнении работ подразделяются, в зависимости от характера выполняемых работ (рис. 1.16).



Рис. 1.16. Классификация средств механизации работ

Как показывает практика [57] на месте аварии (катастрофы) первыми, причем в кратчайшие сроки, оказываются подразделения ГСЧС в том числе пожарной охраны. На них, в связи с этим, ложится и основная нагрузка по организации всех видов работ на начальном этапе ликвидации последствий ЧС. Таким образом, ориентируясь на специальные подразделения, все средства ведения соответствующих работ на высоте можно разделять, согласно схеме (рис. 1.17).



Рис. 1.17. Классификация средств, применяемых для работы на высотах

Таким образом, при ведении работ специальными подразделениями применяются габаритные и малогабаритные средства; типовые средства (разногабаритные, хранимые в зданиях и сооружениях); традиционные и нетрадиционные, в том числе и средства малой механизации, используемые по мере необходимости для разных видов работ.

На рис. 1.18 представлена схема, которая позволяет оценить последовательность проведения работ, связанных с попаданием оперативных работников (оперативников) в аварийную зону с точки зрения практической реализации АВР, РСР и АСР и достижения положительных результатов ведения работ в сложных, трудно предсказуемых экстремальных условиях на объектах.

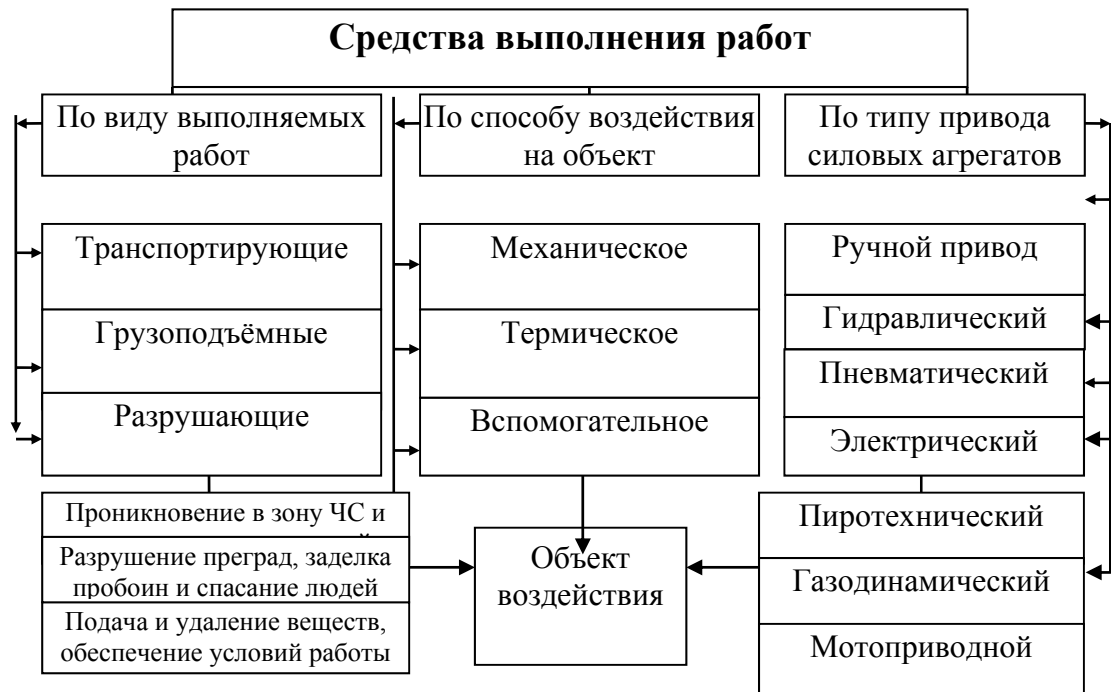


Рис. 1.18. Последовательность применения технических средств с учетом видов выполнения работ на высотах

1.4. Наземные транспортные средства

Анализ и оценка результатов локализации, ликвидации последствий разрушения зданий дают основание утверждать, что наиболее используемыми при ведении аварийных и спасательных работ в высотных зданиях и зданиях повышенной этажности являются наземные

автотранспортные средства, доставляющие на объект необходимые силы и средства [58, 59]. К их числу, прежде всего, относятся автолестницы, краны, автоподъемники.

Автолестницы (АЛ). АЛ предназначены для решения основных по ликвидации последствий: подъем пожарных-спасателей в верхние этажи зданий для тушения пожаров; для организации эвакуации людей; для подачи на высоты огнетушащих средств и различного технического оборудования; для подъема и перемещения грузов при разборке элементов конструкций аварийных зданий и во многих других случаях [60, 61, 62]. На рис. 1.19 представлено рекламное фото автолестницы АЛ-62.



Рис. 1.19 – Автолестница АЛ-62 на шасси Татра-815 ; высота подъема 62м

В табл. 1.1 приведены технические характеристики автолестниц, которые используются в Украине при работах по локализации и ликвидации ЧС и их последствий.

Таблица 1.1

Тактико-технические характеристики пожарных автолестниц

Показатель	АЛ-30 (131), модели Л 22	АЛ-30 (131) (ПМ- 506)	АЛ- 45(133ГЯ) (ПМ- 501)	АЛ- 45(257) ПМ- 5094	DL-50 «Магирус» Германия
Численность экипажа с водителем, чел	5	3	3		3 или 7
Макс. скорость, км/ч	80	80	85	70	85
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	110(150)	110(150)	110(150)	220(300)	235(317)
Контрольный расход топлива на 100 км, л.	40	40	26.6	36	
Запас хода, км	400	400		90	
Емкость топливного бака, л.	170	170		165	
Высота лестницы выдвинутой при угле 75°	30	30	45	45	52
Макс. угол наклона лестницы к горизонту, рад (град)	1.36 (78°)	1.36 (78°)	1.36 (78°)	1.36 (78°)	1.22 (70°)
Угол поворота колен относительно вертикальной оси рад	6.28 (360°)	6.28 (360°)	6.28 (360°)	6.28 (360°)	6.28(360°)
Грузоподъемность лифта, кг	180		240	320	180
Грузоподъемность при работе лестницы как подъемного крана, кг	1000	1000		3000	4000
Макс. допустимая нагрузка на вершину колен свободной лестницы при макс. угле подъема, кг	325	325	400	350	250
Время выполнения маневров, с. : - Подъем колен до угла по максимуму -Выдвижение колен на полную длину. - Поворот на 360°	30 30 60	30 30 60	30 60 60	45 45 60	
Габаритные размеры, мм - длина - ширина - высота	9800 2500 3160	9800 2500 3160	12000 2500 3160	10640 2740 3400	11400 2500 3700
Полная масса, кг.	10500	9270	17835	18230	22600

Как видно из данных табл. 1.1, одна из основных тактико-технических характеристик АЛ – это высота подъема, которая примерно одинакова для большинства машин и составляет 30-50 м. Другие технические

характеристики у них различны, что обусловлено, главным образом, типом базового шасси и приводом системы развертывания. Очевидно, что 50-60 метровые АЛ фирм «Магирус» и «Метс» (Германия) [64, 65, 66] предпочтительнее других машин, применяемых в Украине именно по характеристике «высота подъема», т. к. это преимущество позволяет проводить различные виды работ на высоте, соответствующей высоте типовых жилых 16-этажных зданий. Однако выигрыш в «высоте» приводит к проигрышу в маневренности (особенно при следовании машин к месту ЧС в условиях плотной застройки города), и к увеличению времени приведения лестниц в рабочее состояние [67]. Кроме того, АЛ фирм «Магирус» и «Метс» сравнительно дороги и по стоимости и по затратам в эксплуатации для Украины и недостаточно устойчивы при выполнении работ по перемещению грузов, что требует обоснования при разработке подобных машин.

Применяемые АЛ на базе шасси ЗИЛ-131 обеспечивают достаточно высокие тактико-технические характеристики (маневренность, конструктивная скорость, удобство технического обслуживания и др.), однако область применения АЛ-30(131) ограничена высотными зданиями с числом этажей до 9 включительно.

Для обслуживания 12-16 этажных зданий существуют АЛ-45(257)ПМ509 на базе шасси КРАЗ и АЛ-45(133)ГЯ ПМ-501 на базе ЗИЛ-133. Эти машины, «выброс колен» которых составляет 45 метров, естественно, имеют большие возможности в части работы на высотах. Но другие параметры подобных автолестниц (длина в транспортном положении, габарит высоты, база по осям и др.) с точки зрения маневренности ухудшены. Это, естественно, затрудняет применение АЛ-45 в больших городах и населенных пунктах. Хотя в Украине, как первоначальный опыт, создавалась АЛ-40 на базе шасси КРАЗ с высотой развертывания лестницы до 40 метров. Однако пока еще рано говорить о возможности постановки такой машины на производство.

Автоподъемники. Сходными с АЛ, по тактико-техническим характеристикам и применению при ведении аварийно-восстановительных и спасательных работ, являются автоподъемники гидравлические машинами (например, АПГ-22), используемые для выполнения разных работ на относительно небольшой высоте. Цифра «22» (после аббревиатуры АПГ) так же, как и для автолестниц, чаще всего означает максимальную высоту развертывания колен автоподъемника.

В пожарной охране коленчатые автоподъемники (АКП) стали использоваться сравнительно недавно, однако зарекомендовали себя как эффективное средство ведения различного вида работ на высотах, и, прежде всего, для тушения пожаров и спасания людей.

АКП различают по тем же основным характеристикам, как и АЛ: высоте подъема и способу развертывания (механический, гидравлический). В связи с особенностями развертывания АКП бывают двух типов: телескопические и смешанного типа – коленчато-телескопические. Вместе с этим отличительной особенностью АКП является более обширная по объему зона обслуживания, благодаря чему их используют не только при ликвидации ЧС на пожарах, но и при ремонтно-восстановительных работах зданий и сооружений и др.

В табл. 1.2 приведены технические характеристики некоторых автоподъемников.

Таблица 1. 2

Тактико-технические характеристики коленчатых автоподъемников

Показатель	АКП-30(250) (ПМ- 503)	АКП-30 (53123) (ПМ-509)	Бронто-Скайлифт 30-3(53123)	Челла ЗД/ 504(250) (Италия)
1	2	3	4	5
Численность экипажа с водителем, чел	3	3	3	3
Максимальная скорость, км/час	80	80	80	80
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	220(330)	154(210)	220(300)	

Окончание таблицы 1. 2

1	2	3	4	5
Емкость топливного бака, л	105	250	250	
Расход топлива на 100 км, л	36	24.4	24.4	
Максимальная высота подъема, м	30	30	30	45
Рабочая высота подъема люльки, м	31.5	31.5	31.5	50
Вылет стрелы относительно оси вращения, м	17	17.3	18.3	20.6
Поворот относительно оси вращения, рад	6.28(360°)	6.28(360°)	6.28(360°)	6.28(360°)
Люлька: грузоподъемность, кг	350	350	400	500
площадь пола, м ²	2	2.2	2.2	2.2
Габариты, мм:				
длина	14700	14700	14190	14000
ширина	2500	2500	2500	2500
высота	3900	3800	3700	3980
Радиус поворота, м	9.8	9.8	9.8	
Полная масса, кг	24000	20500	20160	26000

Проведенный нами анализ показал, что применение в Украине автоподъемников отечественного производства (в недавнем прошлом производства СССР) из-за ограниченной высоты подъема до 30м не позволяет производить аварийно-восстановительные и ремонтно-строительные работы в современных зданиях повышенной этажности.

Исследования ряда авторов [68 – 71] показали, что увеличение максимальной высоты подъема автоподъемников влечет за собой потерю их устойчивости, а это требует увеличения габаритных размеров автоподъемников и значительно затрудняет их применение для оперативного ведения РВР, АВР и АСР в плотной городской застройке.

Проведенный анализ ведения работ с применением автоподъемников, автолестниц и других ПТМ показал, что одной из причин потери устойчивости от опрокидывания является «обезгуживание» их опорных элементов. Поэтому возникла потребность в разработке и обосновании конструктивного совершенства с учетом безопасности их применения.

За последние годы в Украине заметно возросло количество случаев падения кранов вследствие потери их устойчивости. К примеру, в г. Ровно (рис. 1.20), в г. Харьков (рис. 1.21).



Рис. 1.20. Обрушение конструкции строительного крана в г. Ровно



Рис. 1.21. Падение башенного крана в г. Харьков

Резерв времени на подготовку его к действию составляет 6-7 минут, однако при условии, что вся тросовая система вместе с консолью, блоками работоспособна и может быть комплексно задействована.

В связи с последними замечаниями в этом высотном спасателе изначально заложены некоторые недостатки. Во-первых, данный комплекс может обслуживать только зоны от места расположения кронштейнов на крыше здания до земли по вертикали. Во-вторых, требования к готовности консолей, блоков и тросов системы являются, безусловно, необходимыми. В противном случае никакие работы вести не представляется возможным.

1.5.2. Горный спасатель «RESQUE-ИСТА-100».

Несколько иное и совсем уж простое решение разработано предприятием «ИСТА» (г. Санкт-Петербург), где изготавливался (по заказам) так называемый горный спасатель (пневматический линемет «RESQUE-ИСТА-100» [73]), который предназначен для ведения аварийно-спасательных работ туристами и альпинистами в гористых и скалистых регионах страны. Горный спасатель в сборе и его составляющие изображены на фото (рис. 1.23,а и рис. 1.23,б) дают представление о небольших весо-габаритных параметрах этого нетрадиционного средства малой механизации, легко доставляемого вручную для проведения аварийно-спасательных работ в высотных зданиях и сооружениях.

С целью оценки возможностей его использования для пожарного дела в Харьковском управлении ГСЧС серийный образец горного спасателя был испытан по специально разработанной программе в рамках исследований [74]. Испытания этого пневматического линемета показали, что он пригоден для подачи спасательного конца в зону сосредоточения терпящих бедствие людей, например, на крышу высотного здания. Однако сам линемет в промышленном его исполнении имеет недостатки, которые снижают эффективность его задействования при ЧС.



Рис. 1.23. Фото пневматического линемета «RESQUE-ИСТА-100»: а) – установка в сборе; б) размещение комплектующих в чемодане-футляре

В частности, его грузоподъемность невелика (до 150 кг), а тактико-технические возможности применения ограничены использованием при высоте здания не выше 60-80м. Кроме того, его конструкцией не предусмотрено перемещение одновременно более одного человека, а принцип действия не позволяет обслуживать более одной зоны эвакуации.

1.5.3. Специальная подъемно-транспортная машина (СПТМ).

При изучении состояния вопроса нами была поставлена задача повышения эффективности и безопасности использования специальных ПТМ для выполнения работ на высоте. Задача решалась за счет того, что лебедка и блок перераспределения усилий между управляющими канатами устанавливаются в кабине (см. Приложение А). Здесь, в отличие от устройства спасателя «Братья Валефельд», тяговый канат закрепляется на крыше здания посредством линемета (рис. 1.24). Известные элементы линемета 7 также расположены на транспортном средстве 6.

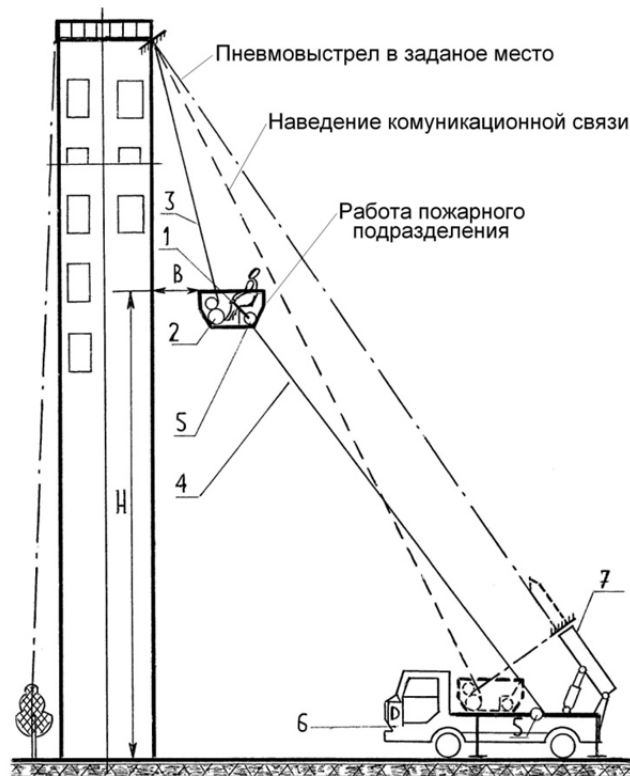


Рис. 1.24. Устройство СПТМ и принцип действия при выполнении аварийно-восстановительных и спасательных работ на высотах

Устройство работает в два этапа следующим образом.

Первый этап. В линемет 7 вставляется «болванка» с прикрепленным концом тягового каната 3. Другой конец тягового каната 3 навит на барабан лебедки 2, расположенной вместе с кабиной 1 на транспортном средстве. Линемет 7 направляется в требуемом направлении и производится выстрел (на рис. штрих-пунктирная линия). За время полета «болванки» тяговый канат 3 сматывается с барабана лебедки 2. В результате конец тягового каната 3 попадает в требуемое место, например, перелетает через здание и закрепляется. (На рис. 1.24 пунктирной линией показано состояние готовности кабины 1 к подъему).

Второй этап. Оперативный расчет спецподразделения занимает места в кабине 1, лебедка 2 включается «на подъем», на ее барабан наматывается тяговый канат 3. Одновременно с помощью блока 5 (или дублирующего блока 5) осуществляется перераспределение управляющих усилий между управляющими канатами 4, и кабина 1 оказывается на заданной высоте H и

безопасном расстоянии В. Аналогичным образом работает устройство при спуске кабины 1. То есть решается задача эффективного выполнения определенного объема ремонтно-восстановительных работ, работ по эвакуации людей из аварийного здания, а также транспортировки на высоту и с высоты предметов и требуемого оборудования данной СПТМ.

К числу других наземных нетрадиционного средств для обеспечения ведения работ на высоте следует отнести разработанное не так давно и внедренное в Коминтерновском райотделе ГСЧС г. Харькова новый многофункциональный аварийно-спасательный комплекс АСК-МФ [75], укомплектованный мини комплексами МК1 и МК2, а также большим количеством ручного и механизированного инструмента и оборудования, предназначенным для проведения АВР, РСР и АСР в самых разнообразных условиях (рис. 1.25).



Рис. 1.25. Многофункциональный аварийно-спасательный комплекс АСК-МФ и комплект ручного и механизированного инструмента и оборудования с миникомплексами: МК1 (на заднем плане) и МК2 (на переднем)

Комплекс АСК-МФ предназначен для доставки личного состава и специального инженерного оборудования к месту локализации и ликвидации ЧС, а также для проведения АВР, РСР и АСР в условиях аварий зданий и сооружений. Комплекс смонтирован на базе шасси автомобиля КамАЗ-5320.

Проведенный нами анализ ликвидации разного рода экстремальных ситуаций, произошедших в Украине в последние годы, показал, что не в достаточной мере решены вопросы, связанные с оперативным прибытием в зону ЧС специальных подразделений, их рационального оснащения аварийно-спасательной и ремонтно-восстановительной техникой, а так же тактико-техническим обеспечением к ней. А это затрудняет, а иногда и препятствует безопасному ведению АВР и РСР.

Следует обратить особое внимание на, казалось бы, очевидный факт: требования к повышению безопасности органически связаны с эффективностью аварийно-спасательных действий, что обуславливает естественные потери времени в работе специальных подразделений.

Сократить время проведения РСР, АВР и АСР, обеспечив безопасность и спасаемым и спасателям, находящимся в зоне обрушенных зданий и сооружений, на наш взгляд можно за счет решения следующих задач:

- оценки и прогноза последствий происходящих разрушений зданий и сооружений;
- обеспечения условий быстрого прибытия к потенциально опасным объектам с использованием более скоростных и маневренных технических и транспортных средств;
- создания ремонтно-восстановительных и аварийно-спасательных комплексов (АСК), рациональное их комплектование средствами механизации, оперативное и безопасное их применение;
- разработки тактико-технического обеспечения к использованию средств механизации, входящих в состав АСК;
- принятия заблаговременных и оперативных мер к укреплению отдельных конструкций и в целом зданий и сооружений;

- оперативной оценки масштабов разрушений, определение возможного последующего снижения несущей способности конструкций;
- использования программного обеспечения для персональных компьютеров для оперативного принятия решений на основе тактико-технического обеспечения.

1.6. Выводы по разделу 1

1. Проведенный анализ аварий в Украине показал, что значительная их часть сопровождается разрушением строительных конструкций, зданий и сооружений с высоким риском травмирования людей значительным материальным и моральным ущербом.

2. Установлено, что основная часть разрушений жилых зданий связана с взрывом бытового газа, не соблюдением строительных норм и правил при строительстве, проявлений природного характера (оползни).

3. Выявлено, что отсутствие исследований о характере разрушений в зданиях не позволяет эффективно и безопасно производить работы из-за отсутствия обоснования принимаемым решениям при организации и проведении аварийно-восстановительных (АВР), ремонтно-строительных (РСР) и аварийно-спасательных (АСР) работ.

4. На основе проведенного анализа выполнения АВР, РВР и АСР в разрушенных зданиях установлено, что ликвидация последствий проводится с привлечением крупногабаритных машин и оборудования и средств малой механизации. Отсутствие достоверной оценки и прогноза для организации и ведения работ при этом не позволяет определить необходимое количество техники и средств малой механизации, что влечет за собой возможность принятия ошибочных решений руководителем работ, их низкой эффективности и нарушением мер безопасности.

5. Для повышения безопасности и эффективности выполнения работ по ликвидации последствий разрушения зданий необходимо на основе теории принятия решений разработать алгоритм и программное обеспечение к

определению количественных и качественных критериев цели при ведении работ в экстремальных ситуациях.

6. С учетом применяемых средств механизации для проведения специальных видов работ по ликвидации последствий разрушений строительных конструкций и зданий необходимо выполнить научное и практическое обоснование их применения с учетом мер безопасности.

РАЗДЕЛ 2

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ РАБОТ

Согласно проведенным исследованиям одним из основных факторов, который предопределяет успех эффективного и безопасного проведения ремонтно-восстановительных, ремонтно-строительных, в том числе и аварийно-спасательных работ в экстремальных случаях обрушения строительных конструкций зданий и сооружений является фактор времени «*т*». В той или иной мере с ним связаны сроки доставки, развертывания и задействование специальных подразделений (спецподразделений), что обусловлено оперативными нуждами возникающей аварийной обстановки ЧС, применяемым оборудованием и инструментом, тактико-техническим его использованием на месте. При этом, на продолжительность сроков выполнения любых видов работ в экстремальных условиях решающее влияние оказывает человеческий фактор [76]. Именно человек принимает то или иное решение и выполняет работы в экстремальной ситуации и не только. В первую очередь это относится к обеспечению условий безопасного ведения ремонтно-восстановительных и других видов работ.

В результате обобщения и опыта проведения работ, выполняемых различными спецподразделениями экстремальных служб, нами предложено подойти к задачам безопасного и эффективного проведения СВР с позиций теории принятия рациональных/оптимальных решений, положив в основу комплексный критерий – эффективность безопасного ведения работ [77]. Этот критерий включает: обеспечение безопасности людей, находящихся в аварийной зоне, оперативность (быстроту) действий работников спецподразделений, а также подготовительную работу по созданию технических средств и тактического обеспечения к ним для ведения специальных видов работ с учетом оперативности принимаемых решений.

2.1. Элементы теории принятия решений при ведении специальных видов работ.

Анализ ведения многих аварийно-восстановительных и ремонтно-строительных работ, работ по ликвидации последствий обрушения строительных конструкций зданий и сооружений гражданского и промышленного назначения в экстремальных условиях показал, что до настоящего времени задачи принятия решений не проводятся с учетом научного обоснования безопасного и эффективного их ведения. Это подтверждает высокую значимость и актуальность решения большого числа научно-технических вопросов в области безопасности выполнения работ, с которыми сталкиваются специалисты при локализации и ликвидации ЧС. Они связаны с такими объективными особенностями: - многовариантность аварийных ситуаций на особо опасных объектах, потенциально подверженных возможности возникновения ЧС [78]; - разнообразность технического и технологического характера объектов (строительство и транспорт, химия и машиностроение, добыча, переработка и хранение горючих и легковоспламеняющихся веществ и т.д. и т.п.), а в Украине (в нынешнее военное время) и взрывоопасность [79, 80]; - широта спектра применяемых при ЧС ручных, механизированных и других технических средств, в том числе и индивидуальных средств защиты.

На рис. 2.1 представлена многоуровневая структура, предложенная нами, усложняемая по мере корректирующих уточнений в постановке и решении задач обеспечения безопасности и эффективности в работе спецподразделений в контексте создания тактико-технического обеспечения и принятия рациональных (оптимальных) решений.

Таким образом, при весьма широком, взаимосвязанном многообразии научно-технических особенностей проведения работ: СВР и им подобных для получения каких-либо новых более эффективных решений на высокопрофессиональном уровне необходимо задачи безопасности труда рассматривать с учетом комплексной оценки ситуаций при ЧС.

Следует отметить, что все задачи, которые охватывает данная проблема, носят характер органической взаимосвязи применяемой техники (сил и средств) и тактики их задействования (методических указаний, рекомендаций и инструкций к выполнению работ спецподразделениями). Поэтому тактико-технические особенности их взаимодействия следует рассматривать с позиций системного подхода к сложным системам (рис. 2.1), к которым теперь стали относить силы и средства спецподразделений [81], где всегда главенствующее место принадлежит естественно человеческому фактору.



Рис. 2.1. Сложная телеологическая (целеустремленная) и бихевиоральная (поведенческая) система ведения специальных видов работ

Таким образом, представляется своевременным и целесообразным сформулировать стоящие задачи безопасности ведения работ спецподразделениями с позиций целеустремленного их характера, исследовать возможности и перспективы реализации, разрабатывать варианты решений заблаговременно (с учетом опасности объектов и гипотетических проявлений ЧС).

2.2 Основные положения постановочной задачи

Целеустремленность при принятии решений ведения работ в экстремальных ситуациях для такого, образованного на современном уровне класса систем, можно связать с непрерывным и/или периодическим повышением эффективности деятельности людей, с применением существующей и с расчетом на перспективную технику. Следуя Ф. Эмери

[82] целеустремленность надо понимать как достижение желаемого результата, не всегда достижимого в полноте на заданном промежутке времени Δt , но возможного в последующем. При этом за рассматриваемый промежуток времени к цели можно приблизиться достаточно близко. То есть, задачи в настоящих исследованиях рассматривается в следующей постановке: - руководитель работ, выполняемых спецподразделениями, принимает решения на основе, имеющейся у него объективной информации; - для него определена конкретная цель – повышение безопасности и эффективности действий спецподразделения, участвующего в локализации/ликвидации аварии или ЧС; - ему приданы силы и средства, с помощью которых достигается желаемый результат – положительный исход выполняемых работ. То есть в конкретных экстремальных условиях ЧС максимально возможная (на сегодняшний день) безопасность и эффективность действий спецподразделений должна достигаться с позитивным результатом.

Все сформулированное относится не только к физическому воплощению взаимодействия сил (люди спецподразделений) и средств (научно-технические разработки, ими используемые) на объекте, где произошло чрезвычайное событие, но и к заранее подготавливаемому тактико-техническому обеспечению этого взаимодействия, которое применяется при локализации и ликвидации аварий и иных ЧС.

Таким образом, в конкретно рассматриваемой ситуации принятие решения это процесс выбора одной из возможностей (альтернативы – A_i , $i = 1, 2, 3, \dots$) из имеющихся в наличии рекомендаций пользователю техническими средствами и уточненных в ходе оперативной разведки ЧС, после реализации которых, достигается конкретный результат (исход – I_j , $j = 1, 2, 3, \dots$) известного свойства. Или иначе: альтернативы это – то множество возможностей, из которого выбирают, а исходы это – тот результат, который может возникнуть при выборе той или иной альтернативы.

Наступит ли исход I_j при выборе альтернативы A_i , или какой другой,

определяется в результате решения задачи анализа. Или, что одно и то же, при установлении функции реализации Φ – функциональной связи между альтернативами и исходами. То есть функция реализации Φ устанавливает соответствие между реализованной возможностью (согласно принятой альтернативе) и получаемым результатом решения задачи анализа.

Формы описания функций реализации с т.з. математического анализа разнообразны. В частности, в задачах исследования операций и теории принятия решений применяется упорядоченный набор-список всех решений, найденных на начальном этапе (этапе «анализа») исследований в виде таблиц, графиков, аналитических зависимостей, полученных теоретически или опытным путем (в результате анализа произошедших аварий или других ЧС). Характерной особенностью здесь является то обстоятельство, что составляемый таким образом набор-список альтернатив должен быть относительно полным, хотя, возможно, и бесконечно большим [83].

2.2.1. Первый и второй шаги принятия решений

ЦЕЛЬ – это желаемый результат, которого при принятии альтернативного решения необходимо достичь и, по-возможности, оптимальным образом. Его абсолютно точное воплощение может и не оказаться среди возможных исходов при реализации имеющихся альтернатив. Тем не менее, всегда можно отыскать такую рациональную альтернативу, выбор которой дает исход, находящийся достаточно близко к цели. Так, что все задачи принятия решений с точки зрения безопасности должны ставиться и решаться как оптимизационные, связанные с максимизацией (минимизацией) функции реализации Φ .

Поиск максимума и поиск минимума одной и той же функциональной зависимости процедура обратимая, а значит, исходя из цели, рассматривается некий экстремумом функции Φ :

$$\max \Phi = -\min \Phi = \Pi, \quad (2.1)$$

где Π – экстремальное, целевое значение функции реализации.

В этой связи нами были разработаны алгоритмы принятия решений. Первый шаг связан с достижением качественной цели при выборе рациональных/оптимальных характеристик и параметров исследуемых сложных систем (рис. 2.2).

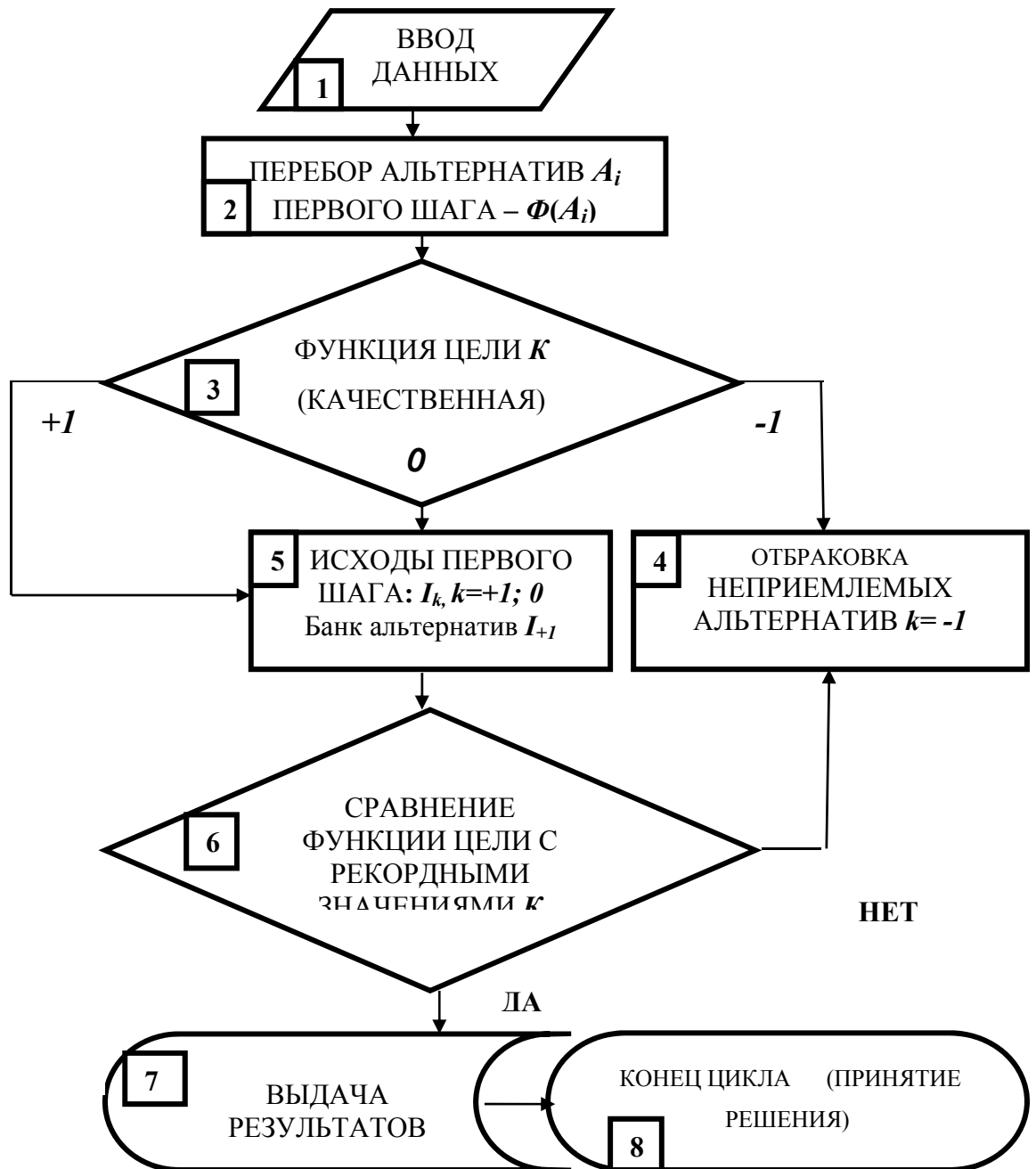


Рис 2.2. Алгоритм принятия решений на первом шаге при достижения качественной цели: I_{-1} – исходы, получаемые принятием худших альтернатив; I_0 и I_{+1} – приемлемые и лучшие из исходов, достигаемые выбором соответствующих альтернатив

2.2.2. Качественные целевые функции в задачах принятия решений.

Осуществляя предварительную проработку вопросов, относящихся к созданию тактико-технического обеспечения, на первом шаге любые положительные исходы принятия решений для спецподразделения имеют приемлемое значение. Цель здесь – найти все те альтернативы A_i , которые позволяют достичь не отрицательных исходов: авария (или ЧС) должна быть локализована (ликвидирована); или же число пострадавших сведено к минимуму (случаи со смертельными исходами отсутствуют); материальный ущерб минимальный.

При локализации/ликвидации ЧС на объекте возможны такие исходы:

« I_{-1} » - худший – самоликвидация аварийного объекта;

« I_0 » - неплохой, но не лучший – локализация ЧС на отдельных участках;

« I_{+1} » - лучший – авария или иная ЧС полностью ликвидирована.

Для создания тактико-технического обеспечения на каждом шаге устанавливается, какие неотрицательные исходы ведут к достижению качественной цели после принятия решений, и в банк данных группируются только положительные альтернативы I_{+1} , приводящие к исходу: «авария локализована / ликвидирована» (блоки 1 2, 3, 4 и 5 на рис. 2.3). При этом, оцениваются все имеющиеся резервы и возможности выполнения тех или иных действий (A_i – альтернативы первого шага), где должны быть учтены потери времени, безопасность, эффективность технических средств и работа спецподразделений, характеризующие множество рациональных решений (тактико-техническое обеспечение задачи), которые в той или иной мере обеспечивают достижение поставленной качественной цели (I_k – исходы первого этапа, где $k = 0, +1$).

Исходы группируют (блок 4 и блок 5) следующим образом: в первом из них отбрасываются, а во втором формируются альтернативы к возможным действиям в последующем шаге, из числа которых специалисты выбирают одно решение – наилучшее (оптимальное), имея в реальности возможность обеспечить достижение качественной цели.

В этой задаче, в соответствии с достижением качественной цели – локализация ЧС в какой-то части объекта – оценка безопасности и эффективности действий спецподразделения, его работа и принятые решения оценивают по факту ликвидации ЧС. При этом руководствуются дополнительными условиями – специальными оценками результатов.

К примеру, если сложная авария или ЧС ликвидирована (с учетом восстановления или разбора строительных конструкций) за время меньшее, чем 12-14 часов и, при этом, отсутствуют человеческие жертвы, то считается – цель достигнута, исход положительный («+1»). В противном случае, при невыполнении даже одного из этих условий, цель считается недостигнутой – исход отрицательный («-1»). Если качественная цель характеризуется тем, что всякий возможный исход либо полностью удовлетворяет задаче, либо ей удовлетворяет в известной мере, то в этих случаях нетрудно математически формировать качественные целевые функции, т.к. исходы, удовлетворяющие цели, неразличимы между собой так же, как неразличимы между собой исходы, не удовлетворяющие цели. И это формируют заранее при создании научно-технического обеспечения (первый шаг многошагового алгоритма).

Качественные целевые функции можно представить на некотором подмножестве исходов I_k , $k = 1, 2, 3$ множества всех исходов из их полного списка I_j , $j = 1, 2, 3, \dots$, ($I_k \in I_j$). Причем, этот список обычно группируют дискретно в табличной форме, или же в виде «реле»-функции (блок 3):

$$I_k = \begin{cases} I_{+1}, & \text{если выбор альтернативы приводит к цели непосредственно;} \\ I_0, & \text{если выбор альтернативы не приводит к достижению цели} \\ & \text{сразу, но не ухудшает сложившуюся ситуацию } \mathbf{B}; \\ I_{-1}, & \text{если выбор альтернативы приводит к отрицательному} \\ & \text{(нежелательному) результату.} \end{cases} \quad (2.2)$$

В задачах организации и проведения работ на первом шаге следует предварительно (как это показано на рис. 2.3) компьютерным перебором «отбраковать» неподходящие альтернативы первого шага (блок 4), оставив

только те, что позволяют достичь не отрицательных исходов, которые могут стать в дальнейшем альтернативами следующего шага I_k , $k=0;+1$ (блок 5). При этом, разработанный нами алгоритм (рис. 2.3) допускает его раздельное функционирование в том, что касается использования качественных и количественных целевых функций.

Данный подход применим не только при принятии решений во время оперативных действий спецподразделений, но и пригодный для специалистов во время выполнении работ при совершенствовании оснащения спецподразделений новым оборудованием и создании тактико-технического его обеспечения.

Таким образом, исследования показали, что функции реализации Φ для задачи обеспечения безопасности и эффективности выполнения работ спецподразделением могут представляться двойкой, в виде целевых функций Π двух типов: качественная K – на первом шаге; и количественная Π – на втором шаге. Функция Π – это предельно полезная функция, оцениваемая количественными показателями потери рабочего времени, материального ущерба и т.д.

И тот и другой вид функций следует рассматривать как целевые функционалы оптимизационных задач:

$$\Pi(I_j, \Phi), I_j = \Phi (X_i; Y_j). \quad (2.3)$$

где I_j – результат, связанный с принятием какой-либо альтернативы A_i ; $X_i\{x_1, x_2, \dots\}$ – набор варьируемых переменных внутреннего состояния объекта; $Y_j\{y_1, y_2, \dots\}$ – вектор параметров, характеризующих внешние воздействия на объект (состояние внешней среды);

Φ – вектор-функция реализации, которая в пределе «идеально» отображает аналитику между взаимосвязанными векторами-множествами X_i и Y_j .

Как показал анализ [84] при ликвидации аварий на пожарах, при взрывах бытового газа в других экстремальных случаях, связанных с

обрушениями строительных конструкций зданий и сооружений возможно возникновение двух взаимоисключающих состояний на объекте:

- люди своевременно покинули зону ЧС (состояние среды B_1 – нет пострадавших в завалах), но для ведения спецработ требуется оборудование для разборки, подъема и перемещение грузов, укрепление конструкций и др.;
- имеются пострадавшие (экстремальное состояние среды B_2), которые оказались в ограниченном пространстве сооружений или в завалах, образовавшихся в результате обрушения конструктивов, а само здание находится в аварийном состоянии.

То есть, в условиях неопределенности до возникновения ЧС, формально задача принятия решения может быть поставлена с учетом возможностей комплектования мобильных аварийно-спасательных машин средствами малой механизации, или же с применением оборудования, предусмотренного штатной положенностью.

Имея в виду, что многие решения о проведении СВР принимаются заблаговременно, в условиях неопределенности, когда сообщения о ЧС отсутствуют, и достоверных оперативных данных о существовании пострадавших еще нет, то такую формализованную ситуацию всегда следует рассматривать на основе критерия Вальда [85].

С учетом универсальной гипотезы антагонизма, нами была составлена таблица реализаций функции Φ , где утверждается, что принимающий решение должен рассчитывать на худший из вариантов нахождения объекта. Поэтому каждая из альтернатив должна оцениваться количественно (если такие оценки вообще-то существуют), сначала по минимальному численному значению исхода, к которому она может привести при ее выборе, затем, – в соответствии с «максиминой» [86].

Учитывая, что человеческую жизнь весьма сложно оценить количественно, и до настоящего времени методики достоверной ее оценки отсутствуют, введем условное допущение о том, что эта задача на первом шаге решена в первом приближении, т.е. мы располагаем «качественными»

показателями, связывающими обе альтернативы с исходами в гипотетически возможных двух состояниях объекта:

B_1 – пострадавших нет; B_2 – пострадавшие имеются в зоне ЧС.

Тогда, с учетом условно известной погрешности $\Delta\Phi$ запишем:

$$K_{ij} = \Phi(A_i, B_j) + \Delta\Phi, \quad i=1,2; j=1,2, \quad (2.4)$$

и, пренебрегая ею на первом шаге, получим

$$K_{ij} \approx \Phi(A_i, B_j), \quad i=1,2; j=1,2, \quad (2.5)$$

где K_{ij} – некоторая, условно определенная на первом шаге, количественная оценка «полезности» исходов при $X_i=A_i; Y_j=B_j$ (таблица 2.1).

Таблица 2.1

Оценка исходов – K_{ij} A_i – i - ая альтернатива		К обоснованию принятия решения в условиях неопределенности B_j – j -ая экстремальная обстановка	
		B_1 – нет пострадавших	B_2 – Имеются пострадавшие
A_1	Работа без дополнительного оснащения средствами малой механизации	+1	–10...
A_2	Работа с учетом ситуации на объекте и с применением дополнительных средств	–1	+10...

Примечание: Оценка относительной полезности исходов произведена нами в условных баллах, что связано с отсутствием в Украине достоверных данных цены человеческой жизни.

Наличие ограничений, как и при решении других оптимизационных задач, определяются с учетом эффективности и безопасности выполняемых работ. В этой задаче теории принятия решений, решаемой в условиях неопределенности, математически ясно, что потери, оцененные как (–1) «напрасно» заполненного места в мобильном аварийно-спасательном комплексе (МАСК) несравнимы с возможностью сохранить жизнь даже одному пострадавшему. Тем не менее, не всегда очевидно, каким из средств ведения аварийно-спасательных и других видов работ отдать предпочтение.

Поэтому нами для выполнения большого объема работ, связанных с разборкой завалов при ЧС, с подъемом и опусканием грузов и т.п., желательно укомплектовать МАСК (рис. 2.3) средствами малой механизации с «избытком» их количественных единиц.



Рис. 2.3. Мобильный аварийно-спасательный комплекс (МАСК), оснащенный средствами малой механизации подъема (опускания) и перемещения грузов при выполнении АВР, СВР и АСР

Однако естественные ограничения габаритов и грузопместимости машины не всегда позволяют это сделать, как в случае создания аварийно-спасательного комплекса автомобиля первой помощи (рис. 2.4).

Так что иногда следует обосновывать вопрос игнорирования выигрыша в экономии места в машине, который оценен как (+1), в сравнении с вероятной потерей человеческой жизни, оцененной в первом приближении на порядок выше (+10...).



Рис. 2.4. Предложенный аварийно-спасательный комплекс автомобиля первой помощи с комплектом ручного и механизированного инструмента и оборудования

Пример теоретического обоснования принятия качественного решения.

С учетом гипотезы антагонизма «полезность» альтернатив найдем из:
гарантированный уровень A_1 : $\min A_1 = -10$;
гарантированный уровень A_2 : $\min A_2 = -1$.

Для этих состояний объекта ЧС наибольший из гарантированных результатов («максимина») соответствует значению:

$$\max_i \min_j K_{ij}(A_i, B_j) = -1, \quad \text{при } i=2, j=1. \quad (2.6)$$

Таким образом, можно считать доказанным, что критерий Вальда для задач принятия решений в условиях неопределенности (ведение небезопасных для жизни людей работ и комплектование для этих целей автомобилей типа МАСК) является надежным приоритетным критерием.

На основе этих исследований, нами было впервые получено научное обоснование принятия решений по вопросу укомплектованию автомобилей типа МАСК технологическим оборудованием с учетом безопасности и эффективности выполняемых работ.

Учитывая, что с момента получения уведомления о возникновении ЧС на объекте до момента ее ликвидации оперативные решения принимает руководитель, следовательно тогда оптимальность или рациональность можно оценить суммарными потерями времени, при обязательном условии безопасности проведения работ.

С целью принятия руководителем работ наилучшего (оптимального) решения предложено последовательно использовать функции цели двух типов: качественных и количественных. Качественных – на начальном (первом) шаге предложенного двухшагового алгоритма, то есть при заблаговременном создании тактико-технического обеспечения ($\delta\tau_0 \rightarrow 0$). Количественных – на следующем (втором) шага принятия оперативных решений и их выполнения ($\delta\tau_1, \delta\tau_2, \delta\tau_3 \rightarrow 0$), где $\delta\tau_1$ – потери времени на пути к объекту, $\delta\tau_2$ – при развертывании сил и средств, $\delta\tau_3$ – при выполнении СВР. Соответственно, при принятии оптимальных решений на втором шаге, функции цели должны быть скорректированы – ликвидировать ЧС надо не только оперативно и безопасно, но с наименьшими потерями материальных и человеческих ресурсов.

Таким образом, при существующем ограничении (отсутствие гибели людей) функция цели имеет вид:

$$\min C(\tau_2) \longrightarrow 14-16 \text{ час}, \quad (2.7)$$

$\tau_{б.р.}, \tau_{маневр.}$

где C – функция цели; τ_2 – средний показатель времени тушения; $\tau_2 = \tau_{д.н.} + \tau_{пр.} + \tau_{б.р.} + \tau_{маневр.} + \tau_{лок.}$. Тут $\tau_{д.н.}$ – время до сообщения о пожаре; $\tau_{пр.}$ – время в пути следования, $\tau_{б.р.}$ – время разворачивания техники, $\tau_{маневр.}$ – время маневрирования техники, $\tau_{лок.}$ – время локализации пожара.

Как показал анализ пожаров за последние годы, почти 90% их укладывается в сложившийся норматив по формуле (1). Из этого следует, что в первом приближении функция цели будет:

$$C = Z_r, \quad (2.8)$$

где Z_r – затраты на тушение.

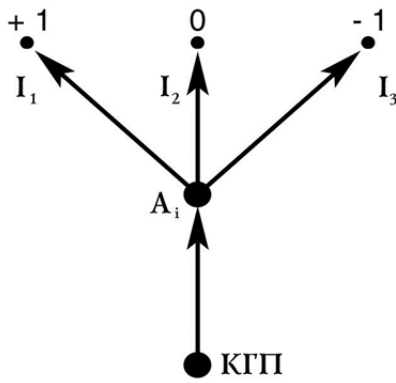


Рис. 5. Связь альтернатив и результатов

Таким образом, возникает необходимость рассмотреть решения руководителя при организации взаимодействия личного состава и техники в соответствии с расчетом сил и средств (СиС).

Имея несколько возможностей (альтернатив) взаимодействия техники и личного состава, руководитель выбирает одну альтернативу A_i , что позволяет ему ожидать определеннй результат – исход I_{ij} (рис. 4). Например, результат I_{01} – это тушение пожара методом свободного выгорания нефтепродукта. Такая ситуация возможна, когда РТП не объявляет повышенного номера вызова СиС и ликвидация пожара достигается методом выгорания (альтернатива A_0), что может быть объяснено недостаточным количеством сил и средств или значительным расстоянием от места дислокации подразделения до места пожара. В отдельных ситуациях (при значительных показателях времени прибытия $\tau_{пр}$ подразделений к месту пожара по повышенному № вызова и /или наличие небольшого количества нефтепродукта в РВС) дает возможность утверждать: с экономической точки зрения нецелесообразно вызывать дополнительные СиС, поскольку затраты на их следования, боевое развертывание, выполнение боевой задачи и возвращение в подразделение будет иметь значительно худшие экономические показатели, чем использование метода выгорания нефтепродукта.

Исходя из изложенного можно сделать допущение (учитывая дискретность значений $-1, 0, +1$), что качественную цель $\mathbf{Ц} = \mathbf{K}$, в виду ее импульсивности (2.1), можно представить как количественную целевую функцию $\mathbf{Ц}=\mathbf{П}$, «пробегающую» дискретные значения $+1, 0, -1$.

2.2.3. Количественные целевые функции в задачах принятия решений.

Обычно при формировании различных целевых функций возникают противоречивые тенденции в оценке полезности принимаемого

руководителем решения (парадокс Эрроу). Это особенно часто случается на последующих за первым шагах расширенного алгоритма (рис. 2.5) при формировании количественных целевых функций так, как в окончательной стадии эффективность принятых руководителем спецподразделения решений, в конечном счете, оценивают по количественным критериям полезности получаемого результата (достижение цели). При этом даже многомерную цель (например, двуединую) приводят к одномерной с помощью агрегирования некоторого числа показателей эффективности в один, а затем руководствуются количественными критериями, которые формируют «глобальное» условие эффективности выполненных работ.

Соответственно, при принятии оптимальных решений на втором шаге функции цели следует уточнять – достичь цели необходимо не только оперативно, но и наилучшим образом, с минимальными потерями материальных и человеческих ресурсов (рис. 2.6).

В этой связи на рис. 2.6 представлен алгоритм двух шагового цикла принятия решений при последовательной реализации функций цели: сначала – качественной, а затем – количественной. В связи с этим, блоком 8 предусмотрена операция уточнения целевой функции **II** (численное уточнение). Эту функцию, соответственно предложенного алгоритма синтеза оптимальных/рациональных решений, мы рассматриваем на втором шаге принятия решения, как количественный функционал качества: Как следует из рисунка, двух шаговый алгоритм принятия рациональных (оптимальных) решений при его реализации позволяет:

- на первом шаге осуществлять решение задач анализа и подготовки научно-технического обеспечения к выполнению СВР заранее, в период проработки ситуаций разных ЧС (до их возникновения или развития) при выполнении заблаговременной работы (в том числе расчетного характера);
- на втором шаге синтезировать лучшие решения – фактически действовать согласно стратегии принятия оптимального решения.

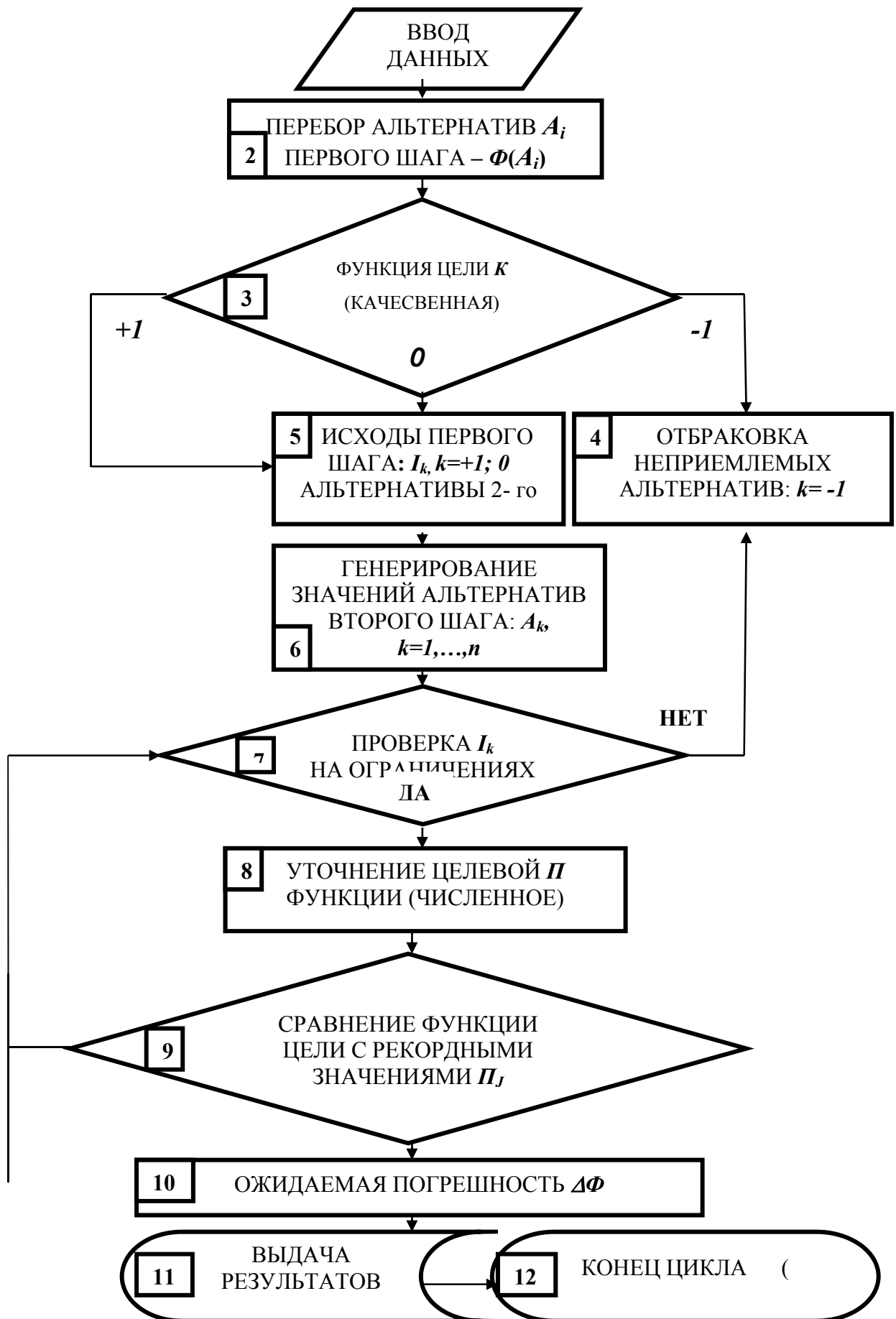


Рис 2.6. Алгоритм двух шагового принятия решений при последовательной реализации качественной и количественной целей

То есть заблаговременные действия на первом шаге – это те виды работ, которые проводятся заранее, на этапе предварительной оценки при анализе уже случившихся и гипотетически возможных случаев аварий и каких-либо других ЧС. Действия на втором шаге – решение, которое следует принять, синтезируя данные исследований предыдущего этапа, принимая именно оптимальное, единственно правильное решение.

Построение количественных целевых функций в задачах принятия решений более сложная процедура, т. к. требует оптимизационных исследований с относительно глубокими противоречиями (с учетом множества варьируемых переменных).

В самом деле. Пусть в задаче анализа имеем дело с несложной однофакторной зависимостью для Φ , тогда соответственно простой является и функция цели, т.к. зависит только от одной варьируемой переменной – возможно уже заранее для этого агрегированной. Здесь среди множества альтернатив второго этапа $A_k, k=1,2,\dots, n$ (неотрицательных исходов первого уровня I_k) целевая функция Π принимает множество значений, среди которых всегда отыщется наименьшее (наибольшее), либо они будут лежать на границах области определения. При этом функция Φ либо аналитически непрерывная, либо кусочно-непрерывна по построению отвечает классической теореме математического анализа – всякая непрерывная функция, определенная на замкнутой ограниченной области, достигает в ней наименьшее и наибольшее значения.

2.3 Многокритериальные задачи принятия решений

Согласно теории [87, 88], решая практические задачи одномерной и многомерной оптимизации, отыскиваются, как правило, рациональные / оптимальные решения в пределах реальных ограничений, накладываемых на параметры системы. Это связано с тем, что понятие оптимальная сложная система – это наиболее совершенное отображение систем типа: **Принимающий решение – Силы и средства – Состояние среды**

К нему (отображению) мы приближаемся по мере варьирования все большего и большего числа особенностей сложной системы, уточняя ее модель.

При ведении аварийно-восстановительных, ремонтно-строительных и во время локализации/ликвидации при обрушении строительных конструкций и их последствий в плане теории принятия оптимальных (рациональных) решений, большей частью мы имеем дело с многофакторными целевыми функциями реализации K и Π , касающихся предмета исследований, его процессов или явлений, (исследуемые объекты безопасности), что в наиболее общем виде можно записать:

$$\Phi = \Phi(X, Y), \quad (2.7)$$

где $X\{x_1, x_2, \dots\}$ – вектор варьируемых переменных состояния объекта; бесконечное множество всевозможных изменений координат x_1, x_2, \dots , влияющих на получаемые результаты; $Y\{y_1, y_2, \dots\}$ – вектор неуправляемых параметров, характеризующих состояние окружающей объект среды (действие внешних сил, температуры, влияние погодных условий и т.д. до бесконечности; Φ – вектор-функция реализации, которая в пределе «идеально» отображает аналитику между бесконечными, по размерности, взаимосвязанными векторами-множествами X и Y .

При такой постановке задачи принятия решений определить абсолютно точно функцию реализации Φ практически невозможно.

В реальных условиях исследование взаимосвязь векторов X и Y , имеющих конечно-численные выражения, а также их компонентов оценивают по степени важности влияния на вектор-функцию Φ (с предельной погрешностью исследований $\Delta\Phi$). То есть, чтобы получить некоторое решение (всегда приближенное), эти множества составляющих X и Y следует разбить на подмножества, и оставить, как и в (2.5), лишь те компоненты, которые оказывают на вектор Φ весомое значение с наибольшими значениями коэффициентов влияния. Тем не менее, теоретическая сторона анализа всегда связана с решением задач иного вида:

$$\Phi = \Phi_{ij}(x_i, y_j) + \Delta\Phi; \quad i = 1, n; \quad j = 1, m, \quad (2.8)$$

где $\Delta\Phi$ – ожидаемая погрешность; Φ_{ij} – искомые, хотя и приближенные решения задачи анализа, представляемые как результат аналитических и/или статистических исследований.

В связи с этим, погрешность последующих (уточняющих) результатов решения задач для более углубленных исследований всегда должна быть не больше предыдущих. Этим подтверждается то обстоятельство, что во всех сферах научно-исследовательской деятельности все задачи анализа и синтеза принимаемых решений носят целеустремленный характер, сопряженный с желанием уменьшить погрешности самих исследований ($\Delta\Phi \rightarrow 0$).

С точки зрения теории принятия решений тактико-технические комплексные учения можно рассматривать как элемент физического моделирование в натуральном масштабе. Для обоснования такого подхода в связи с известными событиями на нефтебазе «БРСМ-НАФТА» (Васильковский район г. Киева), в Харькове летом 2015 года проводились учения (рис. 2.6), где давалась оценка эффективности и безопасности принятия решений по локализации и ликвидации условной ЧС на складах ЛВЖ и ГЖ.

В конечном итоге моделирование ситуаций по достижении определенных результатов на первом и втором шаге позволяет получить сначала рациональное, а затем и оптимальное решение. При этом, основным критерием, который позволяет оценить безопасность и эффективность ведения работ спецподразделениями является фактор времени.

Во время проведения комплексных учений на харьковской нефтебазе №1 нами осуществлялось пошаговое моделирование этапов развития возможных экстремальных ситуаций на объекте (рис. 2.7):



Рис. 2.6. Локализация и ликвидация ЧС с учетом проведенного пошагового моделирования развития ситуаций

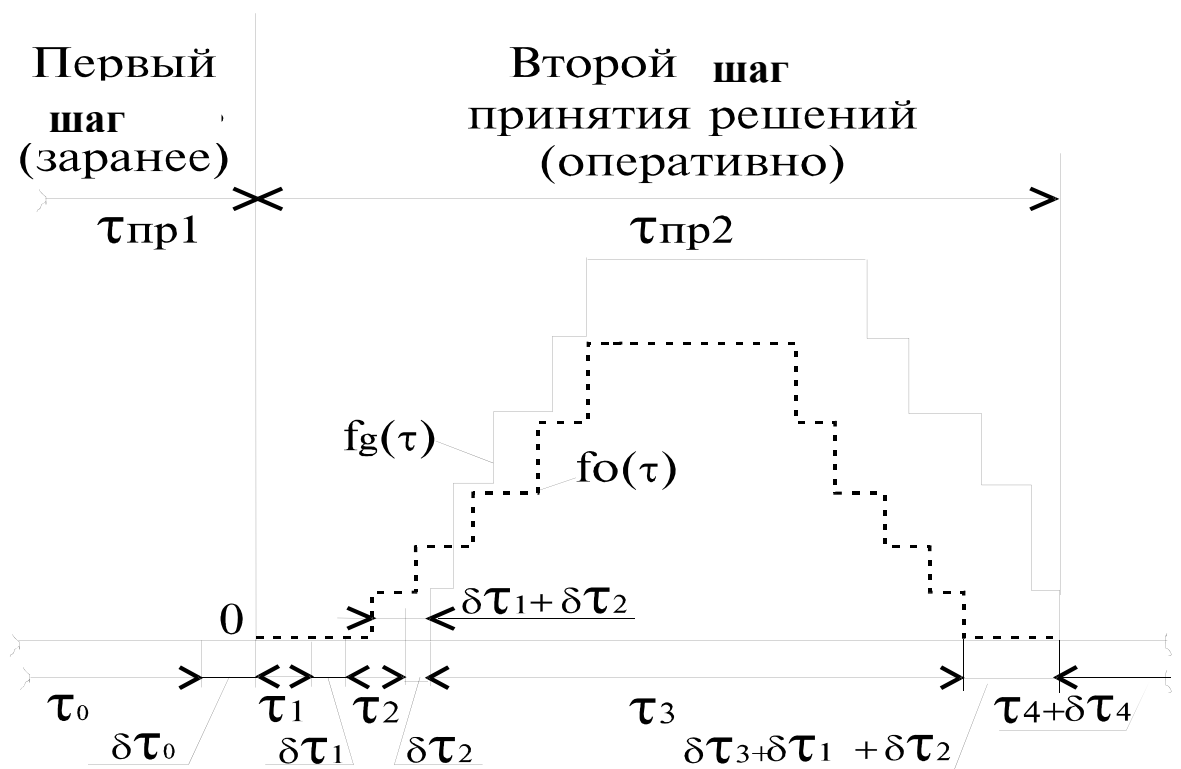


Рис. 2.7. Пошаговое моделирование принятия оптимальных/рациональных решений с учетом принятого алгоритма

На рис. 2.7 схематично представлена временная диаграмма (таймограмма) предположительного возникновения, развития, локализации и ликвидации ЧС. Соответственно, – условного влияния фактора «время» в периоды действий спецподразделений в экстремальных ситуациях. Пунктиром показан некий «идеальный» случай, когда на всех этапах выполнения работ сколь значительные потери времени отсутствуют. Непрерывная ступенчатая кривая соответствует отрезкам времени выполнения реальных СВР с учетом фактических затрат времени:

$$\tau_{\Sigma} = (\tau_0 + \delta\tau_0) + (\tau_1 + \delta\tau_1) + (\tau_2 + \delta\tau_2) + (\tau_3 + \delta\tau_3) + (\tau_4 + \delta\tau_4), \quad (2.9)$$

где: τ_0 и $\delta\tau_0$ – время, предварительно затрачиваемое на подготовительные работы и потери времени до получения тревожного сообщения об экстремальной ситуации;

τ_1 и $\delta\tau_1$ – время в пути следования в зону возникновения ЧС и потери, возникающие при нерациональном выборе маршрута следования и/или транспортного средства экстремальной службы;

τ_2 и $\delta\tau_2$ – время, затрачиваемое на развертывание подразделений в зоне ЧС и потери времени, связанные с недостатком сил и средств и/или с несогласованностью действий при их избытке;

τ_3 и $\delta\tau_3$ – время локализации и ликвидации ЧС и их последствий и непроизводительные потери времени при этом;

τ_4 и $\delta\tau_4$ – время и потери времени при свертывании подразделений.

Целью настоящих учений являлась работа над повышением безопасности и эффективности взаимодействия сил и средств во время локализации / ликвидации ЧС в резервуарном парке хранения нефти и нефтепродуктов с использованием существующей и перспективной пожарной техники. Учения проводились на территории Харьковского предприятия ОАО «Харьковнефтепродукт» (нефтебаза № 1). На нефтебазе в 33-х резервуарах, находящихся на разных отметках уровней, хранятся светлые и темные нефтепродукты. Вместимость РВС: максимальная – 3339

м³, минимальная – 10 м³. В РВС № 41 (объект эпизода учений), хранится бензин объемом до $W=2132$ м³. В одной группе с ним находятся другие РВС с бензином вместимостью 2000м³ и диаметром 15,2м. Высота обвалования 1,5м.

В соответствии с гарнизонным расписанием выездов на ЧС (пожар) по вызову №4 привлекаются силы и средства из Харьковского гарнизона, из пожарной охраны «Харьковнефтепродукт», из военизированной охраны «Укрзалізниця» и из НПЧ ХУЦЗ Украины.

Эпизод предусматривал тушение возможного пожара в резервуаре вертикальном стальном (РВС № 41) бензиновой группы. На первом шаге моделировалась ситуация ликвидации ЧС на нефтебазе с применением автолестницы АЛ-30, на которой была установленная гребенка с четырьмя генераторами пены ГПС-600. Подача воды и воздушно-механической пены осуществлялась с помощью пожарной техники основного назначения.

Моделирование показательного использования АЛ-30 совместно с пожарной техникой основного, специального и вспомогательного назначения показало несостоятельность стандартного подхода к тушению пожаров в подобных резервуарных парках. Так как руководитель тушения пожара вместе с оперативным штабом вынуждены были несколько раз проводить передислокацию рабочих позиций с целью предотвращения получения травм личного состава в случае возникновения на пожаре экстремальных ситуаций. А это, как известно, связано с непроизводительными потерями времени в течении которого объект несет потерю нефтепродукта, затраты запасов огнетушащих веществ, а личный состав работает с большой физической нагрузкой, в результате чего теряется концентрация на конкретных видах работ, что часто приводит к негативным последствиям.

В ходе моделирования рассмотрены следующие особенности применения гусеничной машины ИМ-8х. С ее использованием не нужна дополнительная техника для выхода на рабочую позицию, т.к. здесь имеется возможность проводить тушение пылающей жидкости, находясь как в

обваловании, так и вблизи РВС с помощью пожарно-технического оборудования, которое входит в ее комплектацию. Наличие в машине фильтровентиляционной системы позволяет работать без индивидуальных средств защиты органов дыхания, а сплошная броня шасси надежно защищает от небезопасных факторов пожара.

При моделировании было установлено, что при тушении РВС стандартным способом необходимо применение как минимум трех единиц техники. При этом полностью обеспечить безопасность персонала, работающего с традиционной техникой, часто не удается из-за отсутствия надежных элементов их защиты от последствий возникновения экстремальной ситуации на месте пожара.

В наших исследованиях действия спецподразделений, которые работают с традиционной пожарной техникой во время локализации / ликвидации ЧС, сравнивались с действиями подразделения, работающего в аналогичной ситуации на новой перспективной машине ИМ-8х. При этом устанавливались временные промежутки оперативного развертывания техники, вывода ее на рабочие позиции в режиме ликвидации ЧС, проведения передислокации позиций и др.

В соответствии с таймограммой натуральных испытаний действий спецподразделений на первом и втором этапах хронометраж выполнения тактических операций проводился во время проведения эксперимента по одному из эпизодов учений и сравнивался со временем выполнения подобных действий на реальных ЧС (см. рис. 2.8). При этом, осуществлялся мониторинг времени проведения отдельных операций и маневров (вывод техники на рабочую позицию, разрушение обвалования, передислокация).

Учебное моделирование показало, что эквивалентной заменой пожарной машины ИМ-8х может служить артиллерийский тягач среднего класса типа АТС-59, который состоит в арсенале мобильной техники Харьковского гарнизона пожарной охраны. Материалы экспериментов, приведенные в [89] были обобщены. В результате анализа и обобщения

материалов учений был построен график зависимости удельной потери нефтепродукта во времени ликвидации условной ЧС традиционной пожарной техникой и с использованием машины ИМ-8Х (рис. 2.8).

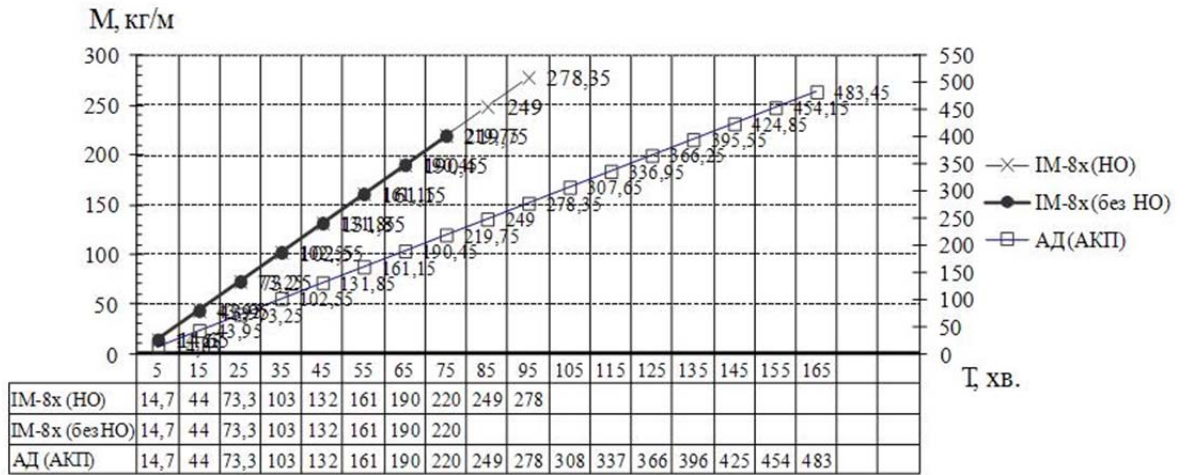


Рис. 2.8. Графики зависимостей потерь (M) нефтепродукта в РВС во времени

Основные показатели экономии оперативного времени выполнения оперативных действий и потерянному нефтепродукта при ликвидации ЧС РВС с использованием традиционной пожарной техники в сравнении с пожарной машиной ИМ-8х приведенные в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Основные показатели экономии времени и нефтепродуктов за счет применения новой техники

Наименование техники и способ ее использования альтернатив A_i	Основные показатели экономии, I_k	
	оперативного времени, мин.	нефтепродукта, кг/м ²
1. Серийная техника, АЛ-30	Без экономии	Без экономии
2. ИМ-8х с навесным оборудованием	70	205,1
3. ИМ-8х без навесного оборудования (+преодоление обвалования с хода)	90	263,7

Проведенное моделирование принятия решений с учетом развития рабочих ситуаций при ЧС на нефтебазе №1 г. Харькова показало, что предложенный алгоритм пошагового принятия решений позволяет с помощью предложенного программного обеспечения оценить ситуацию и определить задачи по применению технических средств с учетом развития ЧС и безопасности их использования, что позволяет сократить время на проведение специальных работ – эффективность проведения работ, снизить материальные потери на объекте ЧС и затраты спецподразделений суммарно на 33% (для данной ситуации), а также обеспечить эффективность и безопасность выполняемых работ. Кроме того, проведение пошагового моделирования дало возможность выявить недостатки в организации и техническом оснащении спецподразделений, и некоторые из них ликвидировать. А именно:

- подразделениями аварийных служб готовится соответствующая документация для спецподразделений (в том числе инструкции по безопасному ведению всех видов работ);
- на основе имеющихся предварительно полученной информации предусматриваются категории видов работ в зависимости от масштабов и опасности и разрушений объекта;
- подготавливаются предупредительные мероприятия, направленные на обеспечение безопасного ведения работ в экстремальных условиях с использованием необходимых технических средств защиты от возможных опасностей (в том числе при разборке элементов строительных конструкций);
- разрабатываются мероприятия по повышению прочностных свойств объекта и его огнестойкости, по снижению пожарной, взрывной и химической опасности элементов строительных объектов;
- с учетом обстановки гипотетической аварии или ЧС за счет детальной проработки обосновываются особенности применения традиционных и

нетрадиционных средств ведения работ, в том числе средств индивидуальной защиты.

Следует учитывать, что весомый выигрыш во времени и, следовательно, значительное сохранение ресурсов при проведении СВР (т. е. эффективность) следует ожидать, если принятие решений осуществлять в соответствии с предложенным двухэтапным подходом. В соответствии с этим при решении оптимизационных задач научно-технического характера возникает потребность последовательного использования функций цели двух типов: качественных (Блок 3) – на начальном (первом) этапе анализа, при создании научно-технического обеспечения заблаговременно ($\delta\tau_0 \rightarrow 0$); и количественных (Блок 8) – на последующем (втором) этапе синтеза решений с выполнением требований: $\delta\tau_1, \delta\tau_2, \delta\tau_3 \rightarrow 0$.

Исследования показали, что на первом шаге исследований, связанных с использованием качественных целевых функций в задачах принятия решений, при ликвидации ЧС на объекте могут возникать различные исходы: худший « I_{-1} » – это полное разрушение аварийного объекта; « I_0 » – сравнительно неплохой, но не лучший – локализация ЧС на каких-то отдельных участках с разборкой и демонтажем строительных конструкций; и наиболее благоприятный « I_{+1} » – авария или иная ЧС локализована и ликвидирована.

В связи с этим алгоритмом (рис. 2.2) предусмотрено формирование: I_k – подмножества из всего множества исходов полного списка $I_k \in I_m$, где k может принимать значения: $-1, 0, +1$ (Блок 3). Тогда, в нашей оптимизационной задаче организации и проведения работ на первом этапе следует заблаговременно (как это показано на рис. 2.1) компьютерным перебором «отбраковать» неподходящие альтернативы (Блок 4), оставив только те, которые позволяют достичь не отрицательных исходов, и они становятся альтернативами второго уровня $I_k, k=0;+1$ (Блок 5).

В период окончательного принятия решений (на втором этапе) оптимальность принятых руководителем спецподразделения решений, в

конечном счете, оценивают по факту получаемого результата (достижение цели наиболее безопасно и эффективно). При этом, естественно, следует дополнительно руководствоваться количественными критериями, которые определяют условие достаточности для фактора безопасности и эффективности выполнения работ (например – полное отсутствие пострадавших).

Поэтому, при принятии оптимальных решений на этом втором этапе функции цели должны быть уточнены – достичь цели необходимо не только оперативно, но и наилучшим образом, с минимальными потерями материальных и человеческих ресурсов. В этой связи Блоком 8 предусмотрена операция уточнения целевой функции P_j (численное уточнение).

2.4 Выводы по разделу 2

1. На основе исследований проведено научное и практическое обоснование повышения безопасности и эффективности проведения РВР, РСР и АСР в экстремальных условиях, в том числе при обрушении строительных конструкций с использованием теории принятия оптимальных (рациональных) решений.

2. Для задач принятия оптимальных (рациональных) решений при ведении РВР, РСР и АСР разработан алгоритм пошагового цикла принятия решений при проведении специальных видов работ, обеспечивающий безопасность и эффективность их реализации при ЧС с учетом возможного обрушения строительных конструкций.

3. Установлен методологический порядок составления качественных и количественных целевых функций, обеспечивающих оптимальность и рациональность принимаемых руководителем решений для заблаговременно и оперативно выполняемых специальных видов работ в экстремальных ситуациях с учетом состояния объекта и его строительных конструкций.

4. Предложенный методологический подход к выбору оптимальных (рациональных) решений при ведении работ по ликвидации ЧС был внедрен на основе результатов проведенных учений Харьковского гарнизона пожарной охраны и других специальных подразделений на нефтебазе №1 Харьковского предприятия ОАО «Харьковоблнефтепродукт». Это дает возможность поэтапно при двухшаговом подходе оценить состояние объекта и принять оптимальное (рациональное) решение с учетом безопасного и эффективного выполнения работ.

5. Проведенное моделирование по принятию оптимальных (рациональных) решений позволило повысить безопасность ведения работ за счет применения броневой защиты в новой мобильной машине ИМ-8х; применения в ней фильтровентиляционной системы и др., позволяющих в очаге высоких температур обеспечить выполнение работ спецподразделениям без индивидуальных средств защиты, в том числе и органов дыхания.

6. Проведенные комплексные учения (как элемент физического моделирования) позволили оценить безопасность и эффективность принимаемых решений при ликвидации ЧС. Это дало возможность повысить безопасность и эффективность оперативных действий за счет сокращения затрат на проведение специального вида работ при локализации и ликвидации ЧС, сократить материальные убытки на нефтебазе №1 ОАО «Харьковоблнефтепродукт» на 25% за счет сокращения времени проведения работ по ликвидации ЧС на 10%.

Раздел 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЗРУШЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВЕРХНИХ ЭТАЖЕЙ И КРЫШИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Как показали проведенные исследования, наиболее многочисленными техногенными авариями в Украине, связанные с разрушением зданий и сооружений, являются взрывы газа (раздел 1.1). Исследованиями [90, 91] установлен общий характер повреждений для крупных и локальных разрушений. Ранее рассмотренные локальные разрушения объектов были связаны с их проявлением на нижних и средних этажах, которые для одного и того же здания имеют подобную планировку и перечень строительных конструкций [93 – 96].

Проведенный анализ характера разрушений в зданиях жилого назначения (табл. 3.1) показал, что размер обломков при авариях определяется типом зданий и местом расположения начального разрушения.

Таблица 3.1

Параметры и типы жилых зданий, разрушения которых исследовались

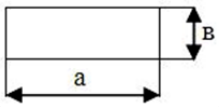
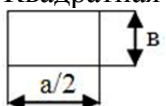
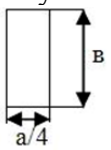
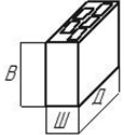
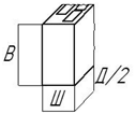
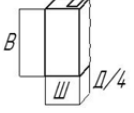

№ п/п	Серия	Параметры здания, вид материала	Объем строит. элементов $V_o, \text{м}^3$
1	I - 464Д – 83	10-этажный, панельный	4972
2	I - 464Д – 83	10-этажный, панельный	4972
3	II - 121 - 2	5-этажный, панельный	2064
4	I - 464Д	5-этажный, панельный	2064
5	I-335	5-этажный, панельный, неполный каркас	505
6	I-280	5-этажный, неполный каркас, кирпичные стены	480
7	II-28	14-этажный, неполный каркас, кирпичные стены	1680
8	II-66	9-этажный, кирпичный	895
9	П42	16-этажный, панельный	1840

В результате проведенных обследований в работе [97], определены закономерности формирования размеров и массы обломков (табл. 3.2). Систематизацией наиболее распространенных фрагментов зданий с

использованием компьютерных программ установлено, что смена формы строительных элементов при авариях на обломки имеет определенные закономерности: малые элементы (кирпич, стеновые блоки) разрушаются на две – три части; крупногабаритные строительные конструкции (панели, плиты перекрытия, лестничные марши) – на четыре и более частей. В среднем масса указанных обломков составляет: 3...5 кг; 100...200 кг; 300...1500 кг; 1500...2500 кг; 2500...5500 кг. При отсутствии разрушений масса строительных конструкций не превышает 4500...5500 кг.

Таблица 3.2

Форма и размеры отдельных разрушенных строительных изделий

№ п/п	Наименование	Толщина, мм	Форма схема	Размеры в плане (а×в), мм	Масса, кг
1.	Кирпич керамический утолщенный	88	Целый прямоугольный 	250×120	3,4
		88	Квадратная 	125×120	1,7
		88	Прямоугольная 	62.5×120	0,85
2.	Панель стеновая	200	Целая прямоугольная 	3300×2800	3730
		200	1/2 часть 	1650×2800	1865
		200	1/4 часть 	825×2800	932,5
		200	1/8 часть 	412,5×2800	466,25

Габаритные размеры и масса строительных конструкций и обломков предопределяет необходимость и обоснование применения различных технических устройств для выполнения ремонтно – строительных, восстановительных и демонтажных работ по ликвидации последствий разрушения зданий.

Анализ ранее выполненных исследований показал, что локальные разрушения верхних этажей и крыш не были рассмотрены. Эти части строительных объектов имеют свою планировку и конструкцию, отличающиеся от остальных. Поэтому были проведены исследования с целью выявления особенностей процесса разрушений верхних этажей и крыш под действием взрыва бытового газа, которые являются исходными данными для разработки и проведения аварийно-ремонтных и восстановительных, а при необходимости демонтажных, работ по разборке строительных конструкций и в целом зданий и сооружений.

3.1. Показатели разрушения зданий и сооружений

Как показали проведенные нами исследования, характер повреждения или разрушения строительных объектов определяется следующим:

- архитектурно-конструктивным решением объекта;
- мощностью взрыва, местом его расположения и направлением ударной волны.

Показателями разрушений строительных объектов являются:

- общий объем разрушений V_p и K_p (в частях) здания;
- объемы разрушений этажей $V_{pэ}$, $K_{pэ}$ и крыши $V_{рк}$, $K_{рк}$;
- структура разрушений, которая характеризуется фракционным составом обломков и поврежденных конструкций $K_{\phi i}$ здания, а также объемом отдельных обломков (поврежденных конструкций) $V_{об i}$.

Исходными показателями в исследованиях являлась архитектурно-конструктивные решения объектов (их серии) и размеры строительных элементов.

Показатели разрушений строительных объектов и их составных частей определяются следующим образом.

1. Общий объем разрушений V_p здания, объемы разрушений этажей $V_{pэ}$ и крыши $V_{рк}$ определялись анализом фотоинформации аварии и проекта объекта, что дает количественный характер разрушений в отличие от традиционно применяемых подходов [1, 4, 13].

2. Общий объем разрушений κ_p (в частях) здания, объемы разрушений этажей $\kappa_{pэ}$ и крыши $\kappa_{рк}$ рассчитывались, как отношение объемов соответствующих разрушений к объему V_o строительных элементов не разрушенного объекта:

$$\kappa_p = \frac{V_p}{V_o} \cdot 100\%; \quad (3.1)$$

$$\kappa_{pэ} = \frac{V_{pэ}}{V_o} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

$$\kappa_{рк} = \frac{V_{рк}}{V_o} \cdot 100\%; \quad (3.3)$$

где V_p – общий объем разрушений V_p здания;

V_o – объем строительных элементов не разрушенного объекта;

$V_{pэ}$, $V_{рк}$ – объем разрушений этажей и крыши.

Фракционный состав обломков и поврежденных конструкций $\kappa_{фи}$ - это распределение их числа по объему каждого элемента $V_{оби}$ или по его массе $G_{оби}$. Фракционный состав обломков и поврежденных конструкций определялся анализом фотоинформации аварии. Как показывают раннее проведенные исследования и исходя из технических характеристик средств механизации, выполняющих работы по ликвидации аварий строительных объектов, распределение числа обломков и поврежденных конструкций целесообразно представлять в соответствии с данными таблицы 3.3.

Таблица 3.3

Распределение обломков и поврежденных конструкций по их объему и массе

Объем/масса элементов ($V_{об\bar{i}}$ / $G_{об\bar{i}}$)	<u>больше 0,8 м³</u> больше 1,7 т	<u>0,5...0,8 м³</u> 1,1...1,7 т	<u>0,1...0,5 м³</u> 0,22...1,1 т	<u>менше 0,1 м³</u> менше 0,22 т
Число элементов ($\kappa_{\phi i}$), %	*	*	*	*

Примечание: * - определяется исследованиями после аварии здания

При компьютерной обработке фотоинформации разрушений необходимо пользоваться базой строительных конструкций и элементов, составляющих строительную часть исследуемого объекта, в частности, как было отмечено ранее, верхних этажей и крыши. В процессе исследований наиболее распространённые из них были систематизированы и представлены в приложении Б (таблицы Б.1 и Б.2), а фрагменты - в таблицах 3.4 и 3.5.

Таблица 3.4

Размеры плит перекрытий верхний этажей (фрагмент таблицы Б.1)

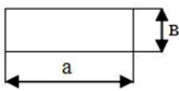
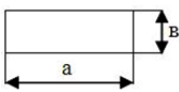
№ п/п	Тип	Схема	Размеры в плане (а×в), мм	Толщина, мм	Масса, кг
1.	Плита перекрытия 1ПК63.12		6300×1200	220	2400
2.	Панель перекрытия 2П1-2У		5700×3180	100	4520

Таблица 3.5

Размеры строительных элементов крыши (фрагмент таблицы Б.2)

№ п/п	Тип	Схема	Размеры в плане (а×в), мм	Толщина, мм	Масса, кг
1.	Панель утепляющая 2ПК1		5700×3180	330	5220
2.	Панель парапетная 2НСП4		5950×1100	300	2600

В исследованиях определялись длина, ширина обломков и поврежденных конструкций, а их толщина принималась из проекта здания.

3.2. Результаты исследований разрушений зданий

Одним из наиболее масштабных последствий взрыва газа произошло в г. Днипро в 2007 году по ул. Мандрыковская, 127. Взрыв газа состоялся в подвале и на всех этажах третьей секции десятиэтажного панельного четырехсекционного дома серии I - 464Д – 83. Погибло 23 человека. Были разрушены все этажи третьей секции и частично была повреждена верхняя часть четвертой секции (рис. 2.1). Исследования характера этих разрушений даны в работе [8], однако анализ четвертой секции ограничен описанием повреждений.



а



б

Рис. 3.1. Четвертая секция дома (ул. Мандрыковская, 127, г. Днипро, 2007 г.):
а – верхняя часть; б – вид сверху

Четвертая секция имела разрушения верхнего этажа и крыши. Все утепляющие панели крыши были смещены относительно проектного положения, имели различные повреждения: деформации в продольном и поперечном направлениях, разрушение утеплителя, оголение арматуры. Большинство парапетных панелей потеряли устойчивость, связи и обрушились. Несколько парапетных панелей остались в деформированном состоянии на крыше. Панели перекрытия последнего 10-го этажа были в проектном положении. Они имели трещины.

Фракционный состав разрушений определялся в соответствии с методическими подходами изложенными в начале раздела и приведены в таблицах 3.6 и Б.5 (приложение Б).

Таблица 3.6

Распределение обломков и поврежденных конструкций верхней части четвертой секции дома серии I - 464Д – 83 (ул. Мандрыковская, 127 в г. Днипро) по их объему и массе

Строительная часть здания	Объем/масса элементов ($V_{об\ i} / G_{об\ i}$)			
	больше 0,8 м ³ больше 1,7 т	0,5...0,8 м ³ 1,1...1,7 т	0,1...0,5 м ³ 0,22...1,1 т	менше 0,1 м ³ менше 0,22 т
Крыша	53,0*	15,4	8,5	3,4
Верхний 10-й этаж	17,9	-	0,9	0,9
Верхняя часть дома	70,9	15,4	9,4	4,3

Примечание: *($\kappa_{\phi i}$) в %.

На основании проведенных исследований нами была получена математическая модель распределения y обломков и поврежденных конструкций *верхней части дома* по их объемам x в закодированном виде:

$$y = \frac{x}{a \cdot x + b}; y = \frac{x}{0,75 \cdot x + 1,79}, \quad (3.4)$$

где a – коэффициент уравнения; b – свободный член.

Дисперсия уравнения (3.4) составляет: $\sigma = 0,452$.

В принятых в исследовании обозначениях параметров количества обломков и поврежденных конструкций $\kappa_{\phi p1}$ и их объема $V_{об1}$ *верхней части дома* выражение (3.4) имеет вид:

$$\kappa_{\phi p1} = \frac{V_{об1}}{0,75 \cdot V_{об1} + 1,79} \quad (3.5)$$

Полученная математическая модель распределения y обломков и поврежденных конструкций *крыши* по их объемам x в закодированном виде:

$$y = \frac{x}{0,68 \cdot x + 1,53} \quad (3.6)$$

Дисперсия уравнения (3.6) составляет: $\sigma = 0,344$.

В принятых обозначениях параметров количества обломков и поврежденных конструкций $\kappa_{\phi \kappa 1}$ и их объема $V_{об1}$ *крыши* выражение (2.6) имеет вид:

$$\kappa_{\phi \kappa 1} = \frac{V_{об1}}{0,68 \cdot V_{об1} + 1,53} \quad (3.7)$$

Графическая интерпретация результатов приведена на рисунке 3.2.

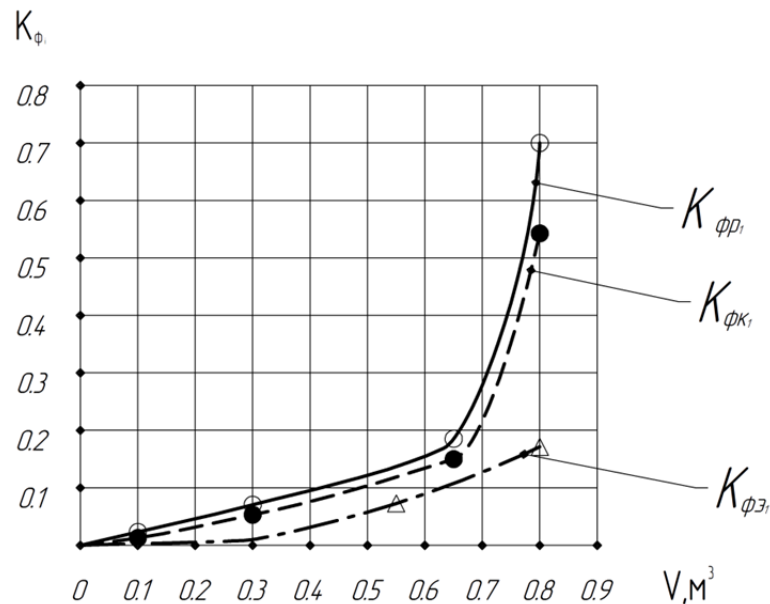


Рис. 3.2. Распределение обломков и поврежденных конструкций верхней части дома серии I - 464Д – 83 (ул. Мандрыковская, 127 в г. Днипро): $\kappa_{\phi p1}$ – всех разрушений; $\kappa_{\phi \kappa 1}$ – разрушений крыши; $\kappa_{\phi \varepsilon 1}$ – разрушений верхнего этажа

Математическая модель распределения y обломков и поврежденных конструкций *верхнего этажа* по их объемам x в закодированном виде:

$$y = \frac{x}{0,39 \cdot x + 1,16} \quad (3.8)$$

Дисперсия уравнения (3.6) составляет: $\sigma = 0,101$.

В принятых обозначениях параметров количества обломков и поврежденных конструкций $K_{\phi_{эi}}$ и их объема $V_{обi}$ *верхнего этажа* выражение (3.8) имеет вид:

$$K_{\phi_{э1}} = \frac{V_{обi}}{0,39 \cdot V_{обi} + 1,16} \quad (3.9)$$

В результате взрыва газа в жилом 10-этажном панельном доме (серия I - 464Д – 83) в г. Николаев произошло разрушение верхних этажей и крыши в двух последних секциях (рис. 3.3) объем обломков, которых составлял 104 м^3 [8]. Особенно значительные повреждения получили строительные конструкции верхнего десятого этажа и крыши ($65,6 \text{ м}^3$) В связи с этим, были проведены исследования разрушений этих частей дома, результаты которых наведены в таблицах 3.7, Б.6 (приложение Б) и на рисунке 3.4.

Таблица 3.7

Распределение обломков и поврежденных конструкций верхней части двух секций дома серии I - 464Д – 83 (ул. Лазурная, 40 в г. Николаев)

Строительная часть здания	Объем/масса элементов ($V_{обi} / G_{обi}$)			
	<u>больше $0,8 \text{ м}^3$</u> больше 1,7 т	<u>$0,5 \dots 0,8 \text{ м}^3$</u> 1,1...1,7 т	<u>$0,1 \dots 0,5 \text{ м}^3$</u> 0,22...1,1 т	<u>менше $0,1 \text{ м}^3$</u> менше 0,22 т
Крыша	28,2*	22,3	14,1	7,1
Верхний 10-й этаж	10,6	7,1	5,9	4,7
Верхняя часть дома	38,8	29,4	20,0	11,8

Примечание: $*(K_{\phi_{i}})$ в %.



а



б



в

Рис. 3.3. Последствия взрыва газа верхней части 10 - этажного панельного дома в г. Николаев (2014 г.):

а – общий вид; б, в – демонтаж разрушенных конструкций

На основании проведенных исследований нами были получены математические модели распределения обломков и поврежденных конструкций верхней части, крыши, верхнего этажа дома по их объемам в закодированном и поименованном виде, которые приведены в таблице 3.8.

Математические модели распределения обломков и поврежденных конструкций двух секций дома серии I - 464Д – 83 (г. Николаев)

Часть здания	В закодированном виде	В поименованном виде	Дисперсия
Верхняя часть	$y = \frac{x}{0,66 \cdot x - 0,72}$	$K_{\phi p 2} = \frac{V_{об\bar{i}}}{0,66 \cdot V_{об\bar{i}} - 0,72}$	0,122
Крыша	$y = \frac{x}{0,62 \cdot x - 0,98}$	$K_{\phi \kappa 2} = \frac{V_{об\bar{i}}}{0,62 \cdot V_{об\bar{i}} - 0,98}$	0,271
Верхний этаж	$y = \frac{x}{0,59 \cdot x - 1,06}$	$K_{\phi \varepsilon 2} = \frac{V_{об\bar{i}}}{0,59 \cdot V_{об\bar{i}} - 1,06}$	0,258

Графическая интерпретация результатов приведена на рисунке 3.4.

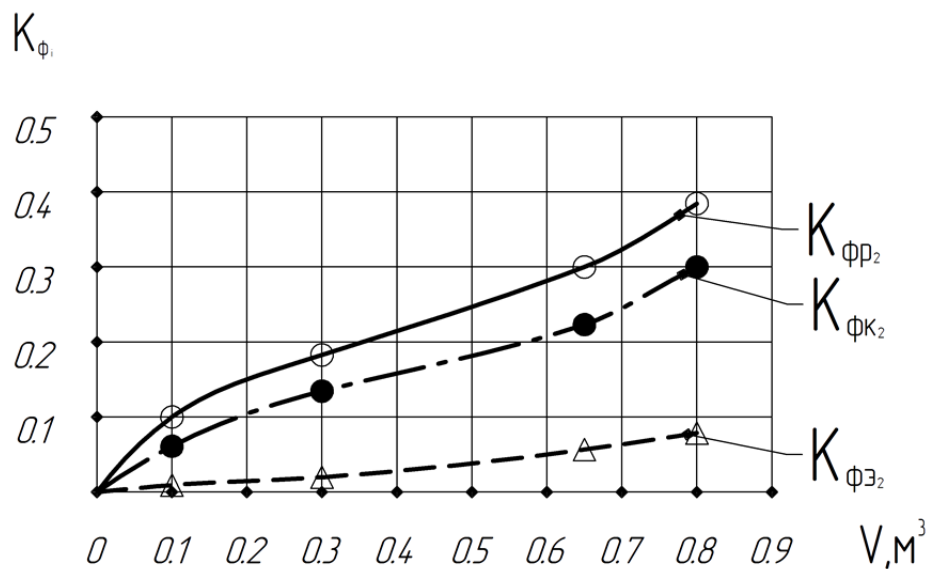


Рис. 3.4. Распределение обломков и поврежденных конструкций верхней части дома серии I - 464Д – 83 (ул. Лазурная, 40 в г. Николаев):

$K_{\phi p 2}$ – всех разрушений; $K_{\phi \kappa 2}$ – разрушений крыши; $K_{\phi \varepsilon 2}$ – разрушений верхнего этажа

В жилом 5 - этажном четырехсекционном доме серии II-121-2 по ул. Днепроvская, 569 города Павлоград (2016 г.) на последнем этаже второй секции произошел взрыв газа и пожар (рис. 3.5, а). Разрушены и повреждены конструкции стен, перекрытия нескольких квартир, а также крыши.



Рис. 3.5. Последствия взрыва в 5 - этажном доме в г. Павлоград (2016 г.): а – вторая секция; б – разрушенное перекрытие 5-го этажа; в – трещина в крыше; г – смещение стеновой панели; д, е – разрушение стеновых панелей

Проведенные исследования второй секции здания показало следующее. В кровле крыши образовалась трещина (рис. 3.5, в). Разрушены плиты

перекрытия над пятым этажом (рис. 3.5, б), а в плитах перекрытия над четвертым этажом имеются трещины. Смещена по горизонтали наружная стеновая панель 5-го этажа (рис. 3.5, г). Имеются трещины в стыках между наружными и внутренними стеновыми панелями 5-го этажа, а также трещины в стыках между стеновыми панелями 5-го этажа и плитах перекрытия. Разрушены и обрушены внутренние стеновые панели на 5-ом этаже (рис. 3.5, д, е).

Результаты исследования разрушений наведены в таблицах 3.9, 3.10 и на рисунке 3.6.

Таблица 3.9

Распределение обломков и поврежденных конструкций двух секций дома серии П-121-2 (ул. Днепровская, 569 г. Павлоград) по их объему и массе

Строительная часть здания	Объем/масса элементов ($V_{об\bar{i}}$ / $G_{об\bar{i}}$)			
	$\frac{\text{больше } 0,8 \text{ м}^3}{\text{больше } 1,7 \text{ т}}$	$\frac{0,5 \dots 0,8 \text{ м}^3}{1,1 \dots 1,7 \text{ т}}$	$\frac{0,1 \dots 0,5 \text{ м}^3}{0,22 \dots 1,1 \text{ т}}$	$\frac{\text{менше } 0,1 \text{ м}^3}{\text{менше } 0,22 \text{ т}}$
Крыша	16,2*	-	-	-
Верхний 5-й этаж	29,8	37,8	10,8	5,4
Верхняя часть дома	46,0	37,8	10,8	5,4

Примечание: * ($\kappa_{\phi\bar{i}}$) в %.

Получены математические модели распределения обломков и поврежденных конструкций верхней части, крыши, верхнего этажа дома по их объемам в закодированном и поименованном виде, которые приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10

Математические модели распределения обломков и поврежденных конструкций двух секций дома серии П-121-2 (г. Павлоград)

Часть здания	В закодированном виде	В поименованном виде	Дисперсия
Верхняя часть	$y = 0,56 \cdot x$	$\kappa_{\phi p3} = 0,56 \cdot V_{об\bar{i}}$	0,026
Верхний этаж	$y = 0,38 \cdot x$	$\kappa_{\phi \bar{z}3} = 0,38 \cdot V_{об\bar{i}}$	0,131

Графическая интерпретация результатов приведена на рисунке 3.6. Так как строительные конструкции крыши имели трещины в двух утепляющих панелях, то фракционный состав их повреждений был однородный (объем элементов более $0,8 \text{ м}^3$) и зависимость $\kappa_{\phi k3}$ на рисунке 3.6 не показана.

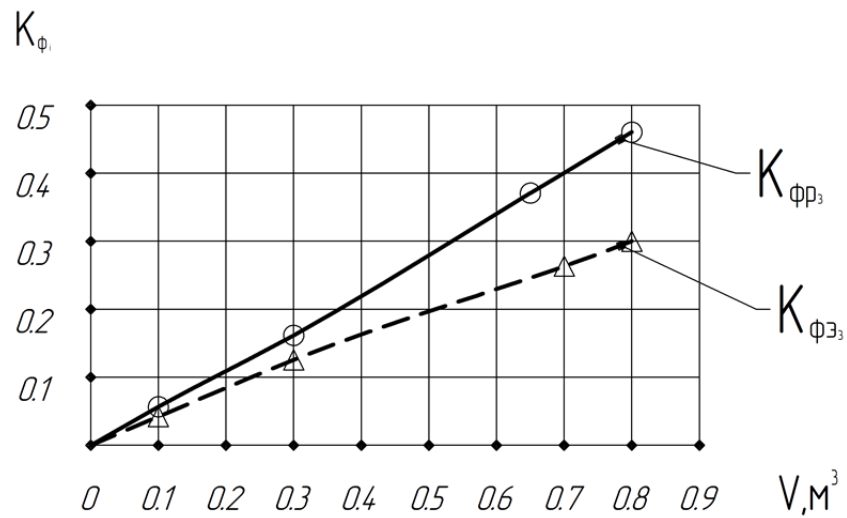


Рис. 3.6. Распределение обломков и поврежденных конструкций второй секции дома серии П-121-2 (ул. Днепровская, 569 г. Павлоград):
 $K_{\phi_{рз}}$ – всех разрушений; $K_{\phi_{эз}}$ – разрушений верхнего этажа

В январе 2016 г. произошел взрыв газа на верхнем этаже 5 - этажного панельного дома в г. Украинск Донецкой области. Были разрушены пятый этаж и крыша трех пролетов второй секции дома (рис. 3.7). Внешние и часть внутренних стеновых панелей квартиры, в которой был источник взрыва, потеряли связи и обрушились к основанию дома (рис. 3.7, в). Деформированные панели крыши частично остались на здании, а частично обрушились (рис. 3.8).



Рис. 3.7. Разрушения от взрыва газа в жилом доме в г. Украинск (2016 г.):
 а – секция дома; б – разрушенная крыша и 5-й этаж; в – обломки

Кровельное покрытие осталось на панелях крыши и на их обломках под зданием. От падения обрушенные конструкции разрушались на обломки, объем которых в основном составлял $0,1 \dots 0,5 \text{ м}^3$. Результаты исследования разрушений наведены в таблицах 3.11, Б.9, Б.10 (приложение Б) и на рисунке 3.8.

Таблица 3.11

Распределение обломков и поврежденных конструкций одной секции 5 - этажного дома (г. Украинск) по их объему и массе

Строительная часть здания	Объем/масса элементов ($V_{оби} / G_{оби}$)			
	$\overline{\text{больше } 0,8 \text{ м}^3}$ больше 1,7 т	$\overline{0,5 \dots 0,8 \text{ м}^3}$ 1,1...1,7 т	$\overline{0,1 \dots 0,5 \text{ м}^3}$ 0,22...1,1 т	$\overline{\text{менше } 0,1 \text{ м}^3}$ менше 0,22 т
Крыша	10,0*	5,0	-	-
Верхний 5-й этаж	30,0	23,4	18,3	13,3
Верхняя часть дома	40,0	28,4	18,3	13,3

Примечание: * (κ_{fi}) в %.

Получены математические модели распределения обломков и поврежденных конструкций верхней части, крыши, верхнего этажа дома по их объемам в закодированном и поименованном виде, которые приведены в таблице 3.12.

Таблица 3.12

Математические модели распределения обломков и поврежденных конструкций двух секций дома серии П-121-2 (г. Павлоград)

Часть здания	В закодированном виде	В поименованном виде	Дисперсия
Верхняя часть	$y = \frac{x}{0,74 \cdot x - 0,86}$	$K_{фр4} = \frac{V_{оби}}{0,74 \cdot V_{оби} - 0,86}$	0,302
Крыша	$y = 0,12 \cdot x$	$K_{фк4} = 0,12 \cdot V_{оби}$	0,054
Верхний этаж	$y = \frac{x}{0,67 \cdot x - 1,14}$	$K_{фэ4} = \frac{V_{оби}}{0,67 \cdot V_{оби} - 1,14}$	0,128

Графическая интерпретация результатов приведена на рисунке 3.8. Строительные конструкции крыши имели однородный характер повреждений утепляющих панелей: состав их повреждений $\kappa_{фкз}$ включал две фракции – с объемом элементов более $0,8 \text{ м}^3$ и $0,5 \dots 0,8 \text{ м}^3$.

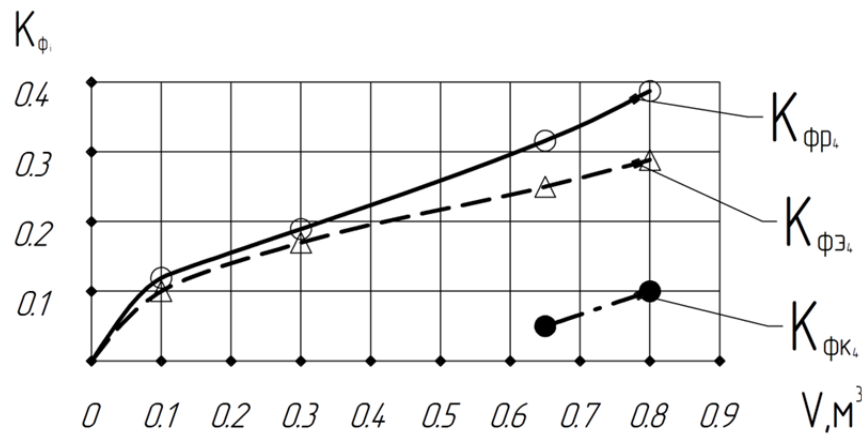


Рис. 3.8. Распределение обломков и поврежденных конструкций 5 - этажного дома (г. Украинск):
 $K_{\phi рз}$ – всех разрушений; $K_{\phi кз}$ – разрушений крыши; $K_{\phi эз}$ – разрушений верхнего этажа

Результаты исследованных нами жилых зданий приведены в таблице 3.13.

Таблица 3.13

Результаты исследований разрушений верхних частей жилых зданий от взрывов газа

Параметр, единица измерения	Обозна- чения	Жилые здания			
		1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
Объем разрушений, м^3	V_p	125,12	65,6	67,4	38,6 3
Объем строительных элементов здания, м^3	V_o	1243*	2486**	1032**	516*
Разрушения в %:					
всего	K_p	10,1	2,6	6,5	7,5
крыш	K_{pk}	8,1	1,9	1,1	1,1
верхнего этажа	K_{pe}	2,0	0,7	5,4	6,4
Фракционный состав обломков и поврежденных конструкций крыш, %:					
больше $0,8 \text{ м}^3$	$K_{\phi ki}$	53,0	28,2	16,2	10,0
$0,5 \dots 0,8 \text{ м}^3$		15,4	22,3	-	5,0
$0,1 \dots 0,5 \text{ м}^3$		8,5	14,1	-	-
меньше $0,1 \text{ м}^3$		3,4	7,1	-	-
Всего		80,3	71,7	16,2	15,0
Фракционный состав обломков и поврежденных конструкций верхнего этажа, %:					
больше $0,8 \text{ м}^3$	$K_{\phi ei}$	17,9	10,6	29,8	30,0
$0,5 \dots 0,8 \text{ м}^3$		-	7,1	37,8	23,4
$0,1 \dots 0,5 \text{ м}^3$		0,9	5,9	10,8	18,3
меньше $0,1 \text{ м}^3$		0,9	4,7	5,4	13,3
Всего		19,7	28,3	83,8	85,0

Окончание таблицы 3.13

1	2	3	4	5	6
Фракционный состав обломков и поврежденных конструкций верхней части здания, %:					
больше 0,8 м ³	<i>K_{фрi}</i>	70,9	38,8	46,0	40,0
0,5...0,8 м ³		15,4	29,4	37,8	28,4
0,1...0,5 м ³		9,4	20,0	10,8	18,3
меньше 0,1 м ³		4,3	11,8	5,4	13,3

Примечание: в таблице приведены обозначения зданий:

1. Панельный 10 - этажный дом в г. Днепро (2007 р.)* - для одной секции;
2. Панельный 10 - этажный дом в г. Николаев (2014 р.)** - для двух секций;
3. Панельный 5 - этажный дом в г. Павлоград (2016 р.)**;
4. Панельный 5 - этажный дом в г. Украинск (2016 р.)*.

3.3. Применение результатов исследований к организации выполнения работ по устранению последствий чрезвычайных ситуаций.

При ликвидации последствий техногенного или стихийного события, которое привело к разрушению или повреждению отдельного здания, в зависимости от их характера и возможности доступа к повреждениям, выполнение работ для верхних частей зданий можно проводить по следующим технологическим схемам (рис. 3.9):

- ведение работ со всех направлений (рис. 3.9, а);
- разборка разрушений с ограничением направлений работ.

Так как большинство зданий имеет в плане прямоугольную планировку, то работы целесообразно выполнять по схемам:

- разборка разрушений с двух противоположных направлений (рис. 39, б);
- разборка разрушений с одного направления (рис. 3.9, в).

Каждая из схем определяет свою последовательность работ, которые зависят от требований аварийно-ремонтных и восстановительных процессов и определяются для каждого объекта и конкретных условий. Возможность проведения работ со всех направлений сокращает сроки их выполнения за счет значительной производительности и одновременного применения техники и средств механизации.

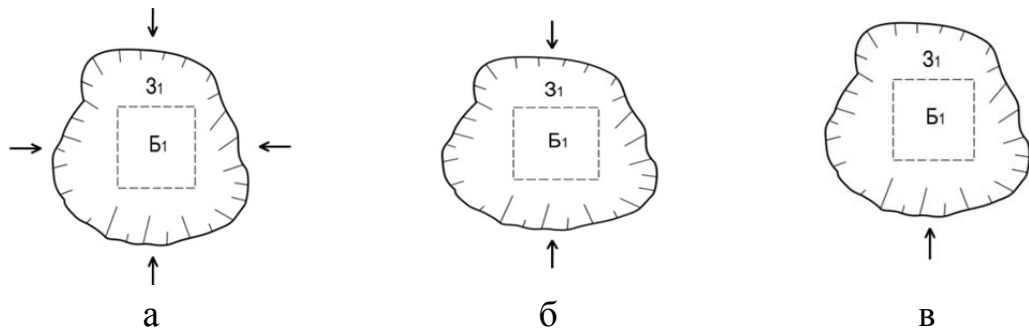


Рис. 3.9. Направления выполнения работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций на верхних этажах зданий:

а – со всех направлений; б – с двух; в – с одного

Уменьшение направлений работ приводит к ограничению применения машин и механизмов и требует их усовершенствования. Кроме того, в этих случаях часто требуется выполнение вспомогательных работ по укреплению или демонтажу неустойчивых строительных конструкций.

При ведении работ со всех направлений, целесообразно строительные конструкции верхних этажей и крыши зданий демонтировать грузоподъемной (самоходными и башенными кранами, подъемниками с рабочими с механизированным инструментом) и специальной техникой (телескопические экскаваторы, оснащенные захватами или гидронужницами). Организация работ (рис. 3.10, а) состоит в сочетании работы крана Γ_k и подъемника Γ_n , которые располагают с противоположных сторон от здания B так, чтобы их рабочие зоны не пересекались. Краном Γ_k демонтируют крупные конструкции с объемом их элементов более $0,8 \text{ м}^3$ и массой более 1700 кг . Рабочие с механизированным инструментом с подъемника Γ_n выполняют подготовку к демонтажу конструкций меньших объемов и массой (разрезают места соединения конструкций, измельчают крупные обломки). Возле крана Γ_k и подъемника Γ_n обустраивают складско-площадки $СМ_1 - СМ_4$ для разгрузки на них демонтированных конструкций. Предусматривается также их разгрузка в транспортные средства $E_1 - E_4$.

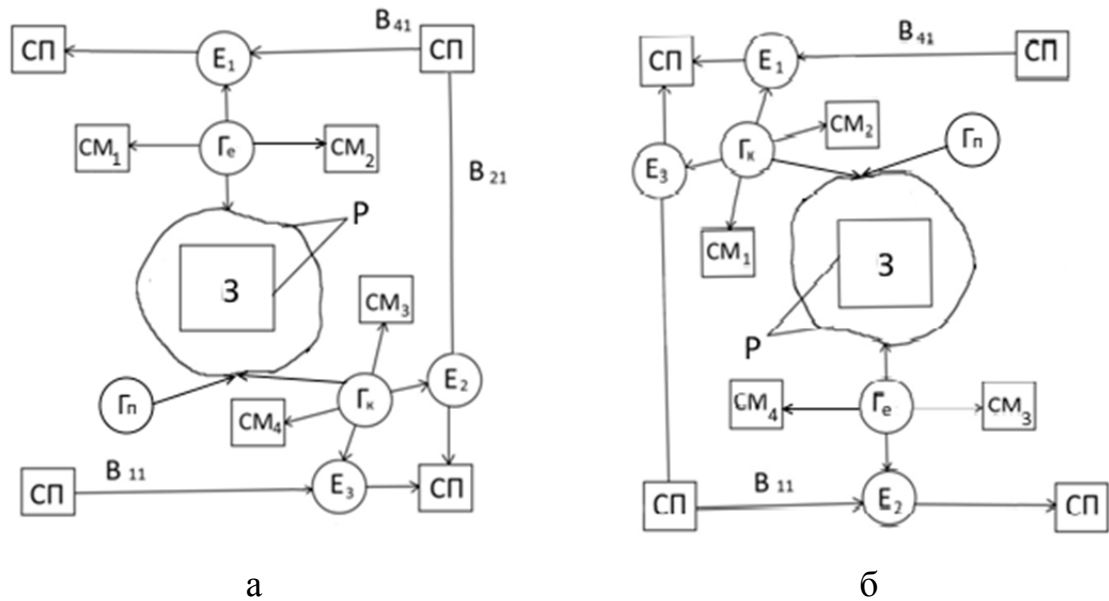


Рис. 3.10. Схема организации работ при демонтаже конструкций:
 а, б - начальный и завершающий этапы. Р – придомовая территория;
 З – здание; В – автодороги; Г_к – кран; Г_п – подъемник. Г_э – экскаватор;
 Е – автосамосвалы; СМ – склады-площадки; СП – склады-полигоны

Затем кран Γ_k и подъемник Γ_n меняют местами и заканчивают демонтаж конструкций (рис. 3.10, б). Обломки возле придомовой территории P убирают экскаватором $\Gamma_э$ или погрузчиком. Строительные конструкции и обломки со складов-площадок $СМ_1 - СМ_4$ перерабатывают на месте или вывозят на склады-полигоны $СП$.

Выполнение демонтажных работ с двух противоположных направлений выполняется, когда разрушения зданий и сооружений произошли с двух сторон объекта в его средних секциях и доступ к объекту ограничен наличием только двух проездов. Начальный этап работ аналогичен ранее рассмотренному: для демонтажа конструкций используется работа крана Γ_k и подъемника Γ_n , а при необходимости - экскаватора $\Gamma_э$ или погрузчика (рис. 3.11, а).

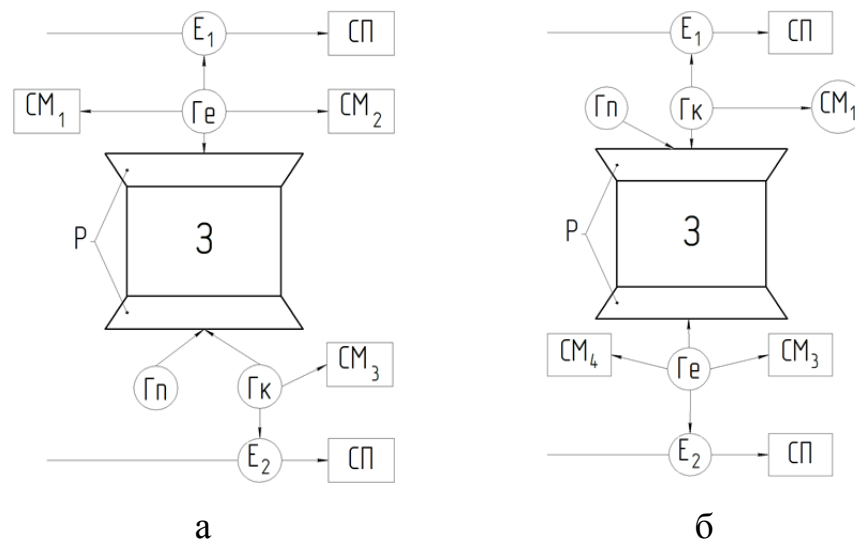


Рис. 3.11. Схема расстановки техники при демонтаже верхней части здания с двух противоположных направлений:
а - начальный этап; б - завершение демонтажа конструкций

На завершающем этапе работ, когда взаимное перемещение крана Γ_k и подъемника Γ_n затруднено, они увеличивают размеры рабочего оборудования (телескопическое исполнение) и перекрывают рабочие зоны друг друга с соблюдением правил выполнения безопасного работ (рис. 3.10, б). Другие составляющие на рисунке 2.10 подобны обозначениям на рисунке 3.9.

Демонтаж строительных конструкций поврежденных верхних частей здания с одного направления выполняется, когда доступ техники к объекту ограничен наличием только одной дороги (рис. 3.12). Перед началом работ определяют необходимость временного укрепления или первоочередного демонтажа неустойчивых конструкций. Начало работ выполняется краном Γ_k . После демонтажа поврежденных конструкций, которые находились на поверхности разрушений, вместо крана Γ_k (или рядом с ним, если позволяет территория) устанавливается подъемник Γ_n для работы персонала с механизированным инструментом по демонтажу соединений строительных конструкций. Поврежденные конструкции и обломки демонтируют и вывозят на склады-полигоны *СП*.

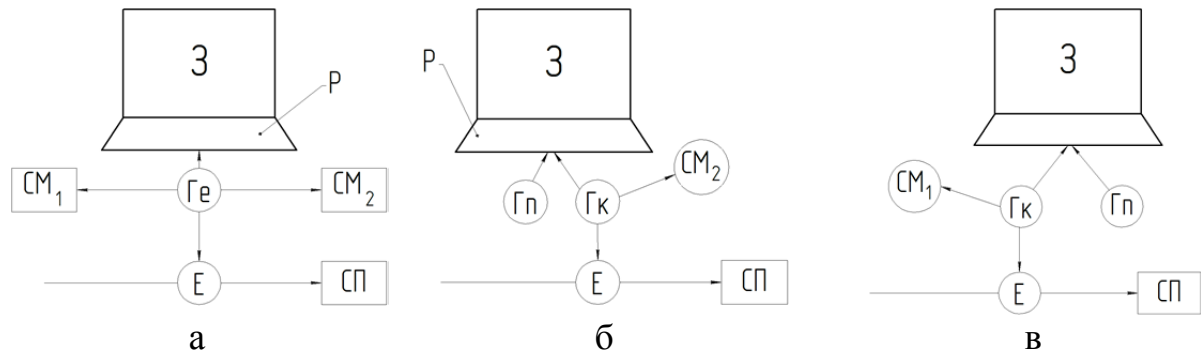


Рис. 3.12. Схема расстановки техники при демонтаже верхней части здания с одного направления:

а, б - начальный и промежуточный этапы; в - завершение демонтажа

Определение количества техники, необходимой для ликвидации последствий разрушений зданий и сооружений, возможно известными подходами исходя из объемов работ и производительности машин [31]. Однако, эти подходы не учитывают характер, структуру разрушений и могут быть использованы для ориентировочных расчетов числа машин.

На основании выполненных исследований по определению характера и состава разрушений, определяется количество средств механизации для демонтажа поврежденных конструкций в следующей последовательности.

1. Рассчитывается число поврежденных конструкций и обломков в разрушенной крыше n_{pk} и верхнего этажа $n_{pэ}$ здания:

$$n_{pk} = \sum_{i=1}^k \frac{\kappa_{фки} \cdot V_p \cdot \gamma_{оби}}{G_{оби}}, \quad (3.10)$$

$$n_{pэ} = \sum_{i=1}^k \frac{\kappa_{фэi} \cdot V_p \cdot \gamma_{оби}}{G_{оби}}, \quad (3.11)$$

где $\kappa_{фки}$, $\kappa_{фэi}$ - фракционный состав поврежденных конструкций и обломков крыши и верхнего этажа (принимается на основании исследований разрушений из таблицы 3.10);

V_p - объем разрушений верхней части здания;

$\gamma_{оби}$ - объемная масса конструкций и обломков, $\gamma_{об} = 1,7 - 2,5 \text{ т/м}^3$

(уточняется по материалу изделий из проекта здания);

$G_{об\ i}$ – масса конструкций и обломков для соответствующей фракции (таблица 2.3).

Продолжительность T_{∂}^K демонтажа краном поврежденных конструкций и обломков верхней части здания:

$$T_{\partial}^K = T_{\partial}^K \cdot (n_{рк} + n_{р\ \partial}), \quad (3.12)$$

где T_{∂}^K - продолжительность рабочего цикла крана, которая определяется:

$$T_{\partial}^K = T_n + T_{см} + T_{под} + 2T_{пов} + T_{оп} + T_p, \quad (3.13)$$

где T_n – затраты времени на поиск конструкции, которую можно поднять из условия безопасности работ; $T_{см}$ – время строповки конструкции; $T_{под}$ – время подъема; $T_{пов}$ – время поворота; $T_{оп}$ – время опускания; T_p – время разгрузки.

В случаях организации работ по раздельному демонтажу крыши и верхнего этажа, определяется время работы крана для этих частей здания.

При использовании подъемников для работ по разборке повреждений аналогично определяется время их работы с учетом операций, выполняемых рабочими в люльке.

3. Определяется количество кранов, необходимых при выполнении аварийно-ремонтных N_a^K и восстановительных N_{∂}^K работ:

$$N_a^K = \frac{T_{\partial}^K}{T_n}, \quad (3.14)$$

$$N_{\partial}^K = \frac{T_{\partial}^K}{T_y}; \quad (3.15)$$

где T_n – нормативное время выполнения спасательных работ (6...8 часов [99]); T_y – установленное время восстановительных работ.

Подобно определяются количество погрузчиков и других видов машин. Для выполнения расчетов разработан алгоритм (рис. 3.13) и программа.

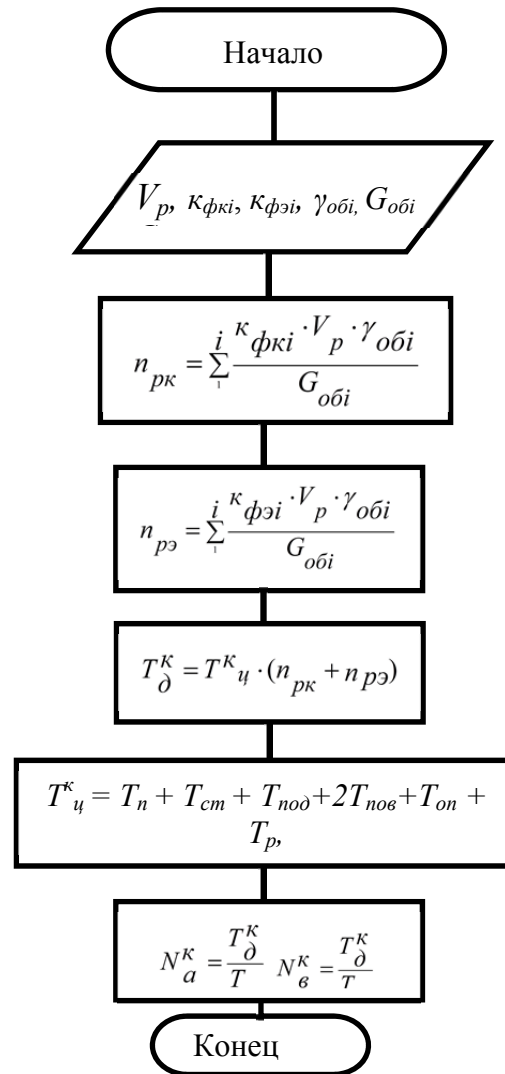


Рис. 3.13. Алгоритм программы расчета количества кранов

Search

Вихід

серія

Загальні данні

$K_P = 1,00$ $V_B = 1243$ $P_{Gi} = 0,70$ $\gamma_3 = 1,70$ $T_\phi = 8,00$ $T_B = 4,00$

Загальний розрахунок

$k_1 = 0,10$ $q_1 = 1,80$ $n_{ул1} = 118$
 $k_2 = 0,30$ $q_2 = 1,70$ $n_{ул2} = 373$
 $k_3 = 0,38$ $q_3 = 1,10$ $n_{ул3} = 730$
 $k_4 = 0,22$ $q_4 = 0,21$ $n_{ул4} = 2214$
 $k_n = 0,40$ $T_\zeta^K = 1,50$

Крани

$T_P^K = 513$ $T_B^K = 4639$
 $N_P^K = 2 (1,07)$ $N_B^K = 1 (0,81)$

Техніка з БЦО

$T_{\zeta_1}^{eцт} = 1,00$ $T_{\zeta_2}^{eцт} = 0,50$
 $T_{P_1}^{eцт} = 33$ $T_{B_1}^{eцт} = 50$
 $k_i = 0,90$ $q = 0,80$ $n_\zeta = 1399$
 $k_n = 0,40$ $k_n = 0,60$
 $T_{P_2}^{eцт} = 280$ $T_{B_2}^{eцт} = 420$
 $T_P^{eцт} = 313$ $T_B^{eцт} = 469$
 $N_P^{eцт} = 1 (0,65)$ $N_B^{eцт} = 1 (0,08)$

Розрахунок

Рис. 3.14. Окно программы расчета количества средств механизации

3.4. Выводы по разделу 3

1. Проведенные исследования показали, что характер разрушений верхних этажей и крыш жилых панельных зданий имеет закономерности, которые определяются конструктивной схемой, серией и применяемыми строительными конструкциями.

2. В результате проведенных исследований установлено, что распределение разрушенных конструкций по их объему и массе составляет: объемом больше $0,8 \text{ м}^3$ (массой более 1700 кг) в среднем 40...45 %; объемом $0,5...0,8 \text{ м}^3$ (массой 1100...1700 кг) - 30...32 %; объемом $0,1...0,5 \text{ м}^3$ (массой 220...1100 кг) - 12...14 % и объемом меньше $0,1 \text{ м}^3$ (массой менее 220 кг) - 8...10 %.

3. В результате проведенных исследований установлено, что элементы поврежденных строительных конструкций крыш многоэтажных зданий, имеющих больше объема $0,8 \text{ м}^3$ и массы 1700 кг, составляют в среднем 72...80 %. Наибольшая масса строительных конструкций составляет 5000...5500 кг.

4. Полученные результаты позволяют прогнозировать организацию и выполнение аварийно-ремонтных и восстановительных работ, использовать

разработанные методические подходы с учетом обследования разрушений строительных объектов, что позволяет производить выбор средств механизации и их безопасное применение при эффективном выполнении работ.

5. Разработаны варианты технологических схем демонтажа верхних частей разрушений строительных объектов в зависимости от их характера и наличия транспортных коммуникаций. Работы по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций целесообразно выполнять с одного или двух направлений.

6. Разработаны алгоритм и программа расчета необходимого количества средств механизации, в частности грузоподъемных машин, для выполнения аварийно-ремонтных и восстановительных работ верхних частей разрушенных зданий и сооружений, что позволяет повысить эффективность и безопасность выполняемых работ.

РАЗДЕЛ 4

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ РАБОТ НА ВЫСОТЕ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПОДЪЕМНО- ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Как следует из проведенного анализа значительная часть работ при строительстве объектов и ликвидации последствий, возникающих на них экстремальных ситуаций, связана с выполнением разного вида работ на высоте. Согласно ДБН В.1.17 – 2002 «Пожарная безопасность объектов строительства» за условную высоту все здания в Украине подразделяют на:

- малоэтажные – высотой $H \leq 9\text{м}$; (как правило, до 3-х этажей включительно);
- многоэтажные – высотой $9\text{м} \leq H \leq 26,5\text{м}$ (как правило, до 9-ти этажей включительно);
- повышенной этажности – высотой $26,5\text{м} \leq H \leq 47\text{м}$ (как правило, до 16-ти этажей включительно);
- высотные – высотой $H \geq 47\text{м}$ (как правило, более 16-ти этажей).

Исследования показали, что значительная часть трудностей и рисков травматизма при ведении многих работ связана с несовершенством и недостаточным обоснованием применения технических средств ведения работ, особенно с разборкой, заменой, усилением элементов строительных конструкций в многоэтажных и высотных зданиях.

Проведенный анализ разрушенных типовых зданий при возникновении экстремальных ситуаций показал, что для ведения различного рода работ по ликвидации последствий необходимо применение разнообразных машин и оборудования, в том числе подъемно-транспортных машин (краны, автоподъемники и др.). Их выбор и назначение определяется характером выполняемых работ. При этом грузоподъемность таких машин при ведении работ с учетом максимальных нагрузок обычно не превышает 4-5 тонн. В тоже время, проведенный ранее анализ показал, что одной из причин

травмирования работающих с такими машинами является потеря устойчивости их от опрокидывания

Поэтому нами были изучены вопросы повышения устойчивости подъемно-транспортных машин (ПТМ), предназначенных для поднимания, опускания и перемещения грузов с целью выполнения ремонтно-строительных (РСР), аварийно-восстановительных (АВР) и других видов работ на различных уровнях по высоте зданий и сооружений. А также – для спасания людей с этажей высотных зданий в случаях возникновения в них аварий и других чрезвычайных ситуаций (ЧС).

4.1 Методы расчета устойчивости ПТМ

Проведенный анализ ведения специальных видов работ на высоте с применением технических средств механизации показал, что одной из причин травматизма и гибели людей, в том числе работников спецподразделений, является потеря работоспособности (устойчивости) ПТМ – краны, подъемные вышки, автолестницы, автоподъемники и др.

В настоящее время такие объекты отличаются относительно большой высотой развешивания, достигающей 15 - 50 метров, значительной массой и в то же время сравнительно малой площадью опирания нижней части их конструкции (ходовая часть или, иначе, портал). Этими обстоятельствами обусловлено потенциально высокое расположение суммарного центра тяжести ПТМ относительно геометрии контура всего объекта и возможность выхода проекции этого центра за контур площади опирания, что ведет к потере устойчивости и опрокидыванию

При изготовлении подобных изделий машиностроения за рубежом используют облегченные конструкции с уменьшенной (в необходимых пределах) изгибной жесткостью соединительных звеньев (EI), а это сопряжено с относительно большими деформациями и перемещениями элементов такого объекта в процессе его задействования. При штатных режимах работы силовых механизмов ПТМ (например, на «подъем» или на

«спуск» грузов), как правило, возникают существенные механические колебания конструкций. Это, в свою очередь, увеличивает вероятность потери устойчивости, т.е. опрокидывания объекта, что связано с возникновением опасностей для обслуживающего персонала, его травматизмом и летальным исходом, а так же с повышенным риском для людей, оказавшихся в рабочей зоне. Кроме того, сравнительно слабое затухание (демпфирование) упругих колебаний (после прекращения и во время действия внешних возмущений) влечет вредное физиологическое воздействие для работников, выполняющих работы на высоте, связанное с перемещением грузов и вибрацией механизмов, что также неблагоприятно сказывается на работоспособности объекта и персонала в целом.

Существующие подходы к конструированию перспективных ПТМ и их расчету, на наш взгляд, в недостаточно полной мере учитывают динамику процессов, которые возникают в работающей подъемно-транспортной машине. Так как традиционно эти методы разрабатывались, главным образом, для массивных не габаритных по высоте конструкций со значительной жесткостью составляющих элементов машин: автоподъемники, автолестницы, вышки, краны и др.

Новейшие конструкции современных ПТМ, используемых при строительстве и обслуживании зданий и сооружений, а также для выполнения специальных видов аварийно-восстановительных и спасательных работ существенно отличаются от своих предшественников по весогабаритным параметрам и жесткости (податливости) соединительных элементов. Это требует более точных, и в то же время надежных методов расчета, обеспечивающих безопасную эксплуатацию (устойчивость) подобных объектов с учетом характера выполняемых работ в высотных зданиях и зданиях повышенной этажности.

Вопрос устойчивости ПТМ был рассмотрен в работе Е. А. Вышнеградского [100]. Представленный в ней метод расчета устойчивости был основан на классических положениях механики, которые определяют

устойчивость твердого тела как отношение момента восстанавливающих сил к опрокидывающему моменту:

$$\eta = M_u / M_w, \quad (4.1)$$

где M_u – восстанавливающий момент; M_w – опрокидывающий момент.

При вычислении восстанавливающего и опрокидывающего моментов, учитывались только силы статики, действующие на объект, поэтому, что для таких объектов характерны были относительно малые скорости работы механизмов и большие жесткости всех элементов конструкций. Полагалось, что динамические явления здесь не играют существенной роли, и они не принимались во внимание. Для вычислений восстанавливающего и опрокидывающего моментов в расчеты вводились силы, создающие моменты относительно ребер опрокидывания.

Вопрос влияния динамических процессов на устойчивость подъемно-транспортного объекта значительной высоты был впервые рассмотрен в работе [101]. В ней предлагалось учитывать влияния динамических нагрузок, возникающих при перемещениях полезного груза, с помощью уточняющего коэффициента, на который в расчетах следует умножать реальную (исходную) величину этого груза. Автор указал на необходимость определять значение такого коэффициента путем экспериментальных исследований. Однако не привел конкретных данных о его значениях. То есть, силовые нагрузки рассматривались как постоянные, действующие бесконечно долго. Другими словами, – все в том же режиме статики.

Н. Н. Емцов [102] тоже указывал на необходимость учитывать влияние динамики, возникающей в неустановившихся режимах работы механизмов подъемно-транспортных машин на устойчивость исследуемых объектов. Им определялись искомые динамические добавки к статическим нагрузкам при рассмотрении работы подъемного крана с грузом как абсолютно жесткого тела в предположении, что рабочие механизмы разгоняются (замедляются) с постоянным ускорением, т.е. – квазистатически.

В работе [103] приведены данные о некоторых уточненных исследованиях устойчивости башенных кранов. В ней отмечается, что степень защищенности рассматриваемых объектов от опрокидывания в их рабочих режимах определяется специальным коэффициентом S_{rI} , отнесенным к грузоподъемности Q , как отношение суммы моментов всех нагрузок, возникающих в конкретном случае относительно лимитирующего ребра опрокидывания, к моменту веса груза относительно того же самого ребра:

$$S_{rI} = (M_G + M_{pm} + M_w) / M_Q, \quad (4.2)$$

где M_G – алгебраическая сумма моментов собственного веса сосредоточенных масс отдельных элементов объекта (в частности крана) относительно ребра опрокидывания, тонometry (т*м);

M_{pm} – алгебраическая сумма моментов сил инерции сосредоточенных масс относительно ребра опрокидывания, (т*м);

M_w – алгебраическая сумма моментов ветровой нагрузки в рабочем состоянии крана относительно ребра опрокидывания, (т*м);

M_Q – момент от веса, равного грузоподъемности (Q), относительно ребра опрокидывания, (т*м);

$S_{rI} \geq 1,1$ – степень защищенности башенных кранов от опрокидывания; по уточненным на сегодня данным: 1,45 (в не нагруженном состоянии); 1,15 (при полной номинальной нагрузке);

$I = 1, 2$ – индекс ребра опрокидывания, относительно которого устанавливается степень защищенности объекта.

В настоящее время во многих странах мира в основу расчетов положен критерий, согласно которому требуется не допустить обезгруживания опорных элементов портала (колес, аутригеров, гусеничных обводов), т.е. обеспечить положительность сил давления опор подъемно-транспортной машины на рельсы пути, аутригеров автокранов подъемников и автолестниц на опорное основание дороги. В связи с этим добиваются соблюдения этого главного условия в основном технологическим путем, оставаясь в рамках инструкций по эксплуатации типовых конструкций, рассматриваемых ПТМ.

А это, как известно, в определенной мере связано со снижением грузоподъемности и эффективности применения новых решений.

Существует и другие пути в обеспечении работоспособности (устойчивости) объектов ПТМ. Например, – конструктивные, с использованием таких технических решений, которые безусловно обеспечивают устойчивую работу, как строительной, так и аварийно-восстановительной и спасательной техники большой и малой механизации. А именно:

- 1) С «ростом» высоты строящегося здания растет и высота колонны строительного крана, работающего по перемещению грузов, с фиксацией «наращиваемых» секций его башенной конструкции при помощи закладных элементов в возводимом здании. (Опыт строительства высотных зданий и сооружений в г. Киеве, Днепропетровске и др. [104].)
- 2) Создание нетрадиционных мобильных аварийно-восстановительных и спасательных комплексов для выполнения РСР, АВР и АСР уже построенных и эксплуатируемых зданий повышенной этажности.

4.2. Оценка устойчивости от опрокидывания подъемно-транспортных машин с учетом возникающих колебаний

Традиционный способ определения сил инерции в рассматриваемых исследованиях устойчивости известен и не вызывает сомнения, так же как и проведение соответствующих расчетов относительно опасного состояния объекта [105]. Однако граничное значение силы давления колеса / аутригера на опорное основание, в качестве которого принимается его нулевой уровень («обезгруживание» опор), требует уточнения и проведения исследований.

Безаварийная работа при обеспечении устойчивости кранов (с одной стороны) рассмотрены ранее в разделе 1. Случаи же падения различных кранов вследствие потери устойчивости (опрокидывание), свидетельствуют о том, что, если сила давления на опорное основание действительно достигает нулевого значения, то всегда имеет место нестабильное состояние и объект может или потерять или не потерять устойчивость. При этом некотором

отрыве колеса от основания (рельсы / грунт) кран или подъемник не всегда опрокидывается. И наоборот, когда ожидаемое «обезгруживание» опорных элементов (колесо или аутригер) в определенный момент времени еще не достигнуто, а объект потенциально (с последующим развитием колебательных процессов) подвержен опрокидыванию. Отсюда следует вывод, что корректирующие коэффициенты безопасности нужно соотносить к действительному состоянию потери устойчивости, которое следует устанавливать проводимыми исследованиями.

В подтверждение сказанного, в разделе 1 приведены случаи аварий кранов различного конструктивного исполнения.

В теории колебаний [106] при исследованиях устойчивости были детально рассмотрены колебательные процессы «качаний» конструкции подъемников, возникающие при их работе. Например, для устойчивых колебаний прямоугольной формы фазы траекторий колебаний имеют вида рис. 3.1, где фазовые координаты перемещений (x) и скорости (v) центра тяжести конструкции подъемника, как будет показано в дальнейшем изложении, отклоняются в пределах допустимых значений, не теряя устойчивости.

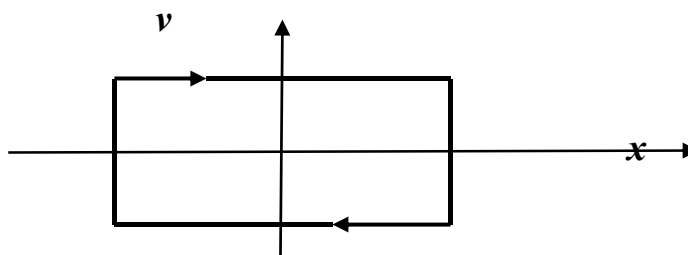


Рис. 4.1. Фазовая траектория незатухающих устойчивых прямоугольных колебаний (качаний): x – обобщенная координата линейного осциллятора; v – его скорость

В условиях действия сил демпфирования в динамической системе (затухающие колебания) фазовым траекториям присуще наличие особых точек (седловые точки). В качестве их может выступать начало координат, как, например, на рис. 4.2, где через особую точку начала координат $(0, 0)$ проходят две вырожденные фазовые траектории (сепаратрисы). Остальные траектории похожи на гиперболы. Особая точка $(x = 0, v = 0)$ такого типа

соответствует неуравновешенному (критическому) положению объекта, а значит и его исследуемой модели.

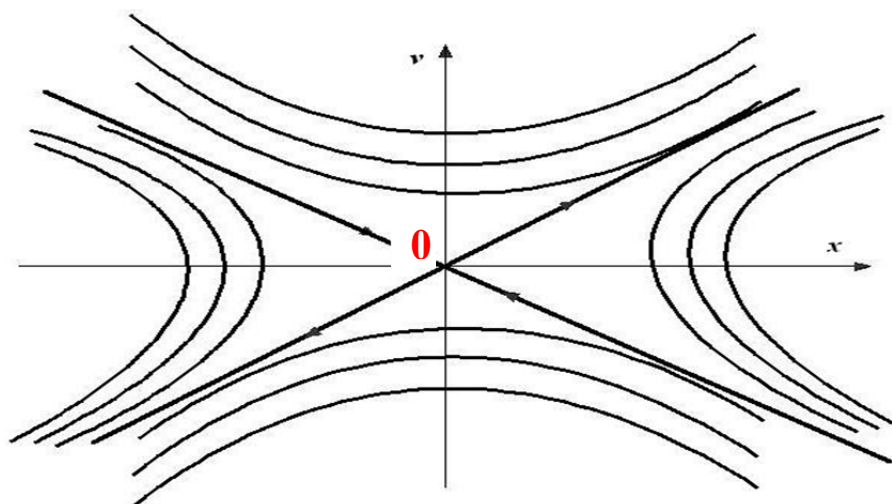


Рис. 4.2. Фазовый портрет с особой точкой $(0; 0)$ типа седла (точка 0)

Традиционный подход к определению устойчивого положения равновесия для рассматриваемых в работе объектов целесообразно рассмотреть на примере, принятом в качестве базового. В этой связи нами предложено рассматривать симметричную относительно фронтальной плоскости конструкцию объекта в виде параллелепипеда (башни), расположенного на плоском недеформируемом горизонтальном основании. На данном основании возможны колебания башни – качания ее (без проскальзывания) на обобщенный угол поворота боковых граней башни q относительно своих ребер опрокидывания (рис. 4.3,а).

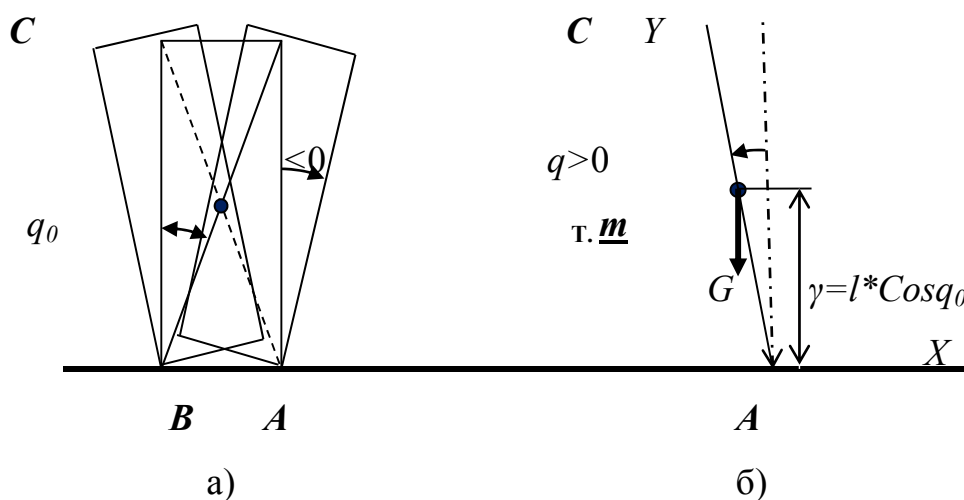


Рис. 4.3. Упрощённая схема (а) и модель (б) колебаний (качаний) объекта в виде башни относительно своих ребер опрокидывания

Рассматриваются движения, в которых две лицевые грани башни ПТМ остаются в вертикальной плоскости, а боковые отклоняются (рис. 4.3,а). Тогда положение башни при колебаниях можно определить углом q , который заключен между боковой гранью отклоняющейся башни и вертикальными осями, проходящими через точки A и B . На рис. 4.3 введены обозначения:

$2l = AC$ – длина диагонали прямоугольника (грани рассматриваемого параллелепипеда);

q_0 – угол у основания параллелепипеда башни между его вертикалью и диагональю, как показано на рис. 3.7,а;

G и γ – вес и радиус инерции башни относительно точек A и B ;
 g – гравитационная константа.

При этом, уравнения движения башни запишутся в следующем виде:

- при повороте относительно ребра A

$$(G/g)\gamma^2 \ddot{q} - G \sin(q_0 + q) = 0, \text{ для } -\pi/2 < q < 0, \quad (4.3)$$

- при повороте относительно ребра B

$$(G/g)\gamma^2 \ddot{q} + G \sin(q_0 - q) = 0, \text{ для } 0 < q < \pi/2; \quad (4.4)$$

с учетом начальных условий:

$$\begin{aligned} \ddot{q} &= 0 \text{ (начальное ускорение т. } m \text{);} \\ q &= q_m \text{ (начальное отклонение т. } m \text{)} \end{aligned} \quad (4.5)$$

Начальные условия (4.5) выбраны так, что абсолютное приращение координаты q позволяет установить то предельное $q = q_m$, которое является допустимым отклонением объекта от вертикали (ось Y), при котором еще возможно его возвращение в положение устойчивого равновесия.

Семейство решений уравнений (4.3), (4.4) с начальными условиями (4.5) представлено на фазовой плоскости (рис. 4.4), что соответствует объединению траекторий рис 4.1 и рис. 4.2. (Фазовая плоскость, как и на рис. 4.1 и рис. 4.2 образована фазовыми координатами q и \dot{q} .)

Причем, тут имеем две седловые точки с координатами: $(-q_0, 0)$ и $(q_0, 0)$. Через них, как видно из рисунка, проходят соответственно две сепаратрисы, которые, пересекаясь с осью $\nu \equiv \dot{q}$ своими частями, образуют область устойчивых колебаний, границей которой является ромб подобно прямоугольнику, изображенному на рис. 4.4. Вне этой области колебания являются неустойчивыми т.к. координаты q и \dot{q} устремляются в бесконечность с течением времени.

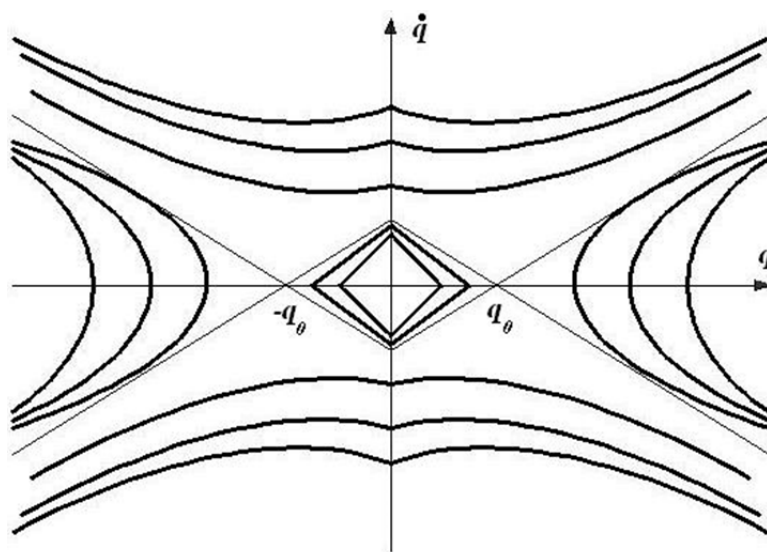


Рис 4.4 – Вид решения уравнений (4.3) и (4.4) в фазовых координатах

В результате исследований было установлено, что аналогичные колебания происходят и в исследуемых объектах. Таким образом, для оценки безопасности работы современных конструкций подъемно-транспортных машин, используемых для строительства и обслуживания высотных зданий и зданий повышенной этажности, следует корректно определять границы динамической устойчивости колебаний объекта, опирающегося ходовыми колесами или аутригерами на соответствующее основание. При этом, следует задавать различные начальные условия с учетом ожидаемого по соображениям статики/квазистатики, отрыва одной из пар колес или аутригеров. В таком гипотетическом случае объект может колебаться попеременно около одного из ребер опрокидывания так же, как и относительно другого. Поэтому необходимо для рассматриваемого случая

составлять дифференциальные уравнения колебаний системы для двух направлений движения относительно ребра *A* и ребра *B*. На их основании проверять: возрастают, уменьшаются или же остаются неизменными амплитуды колебаний сосредоточенных масс, что определяет устойчивость и безопасность объекта.

В первом случае система будет неустойчива, в двух других – устойчива. Поэтому возникла необходимость обоснования предельных отклонений объекта от таких положений, превышение которых приводит к потере общей устойчивости системы, т.е. к опрокидыванию.

4.3. Математическое моделирование и оценка динамической устойчивости ПТМ при ведении работ на высоте

Для оценки безопасных условий работы перспективных конструкций ПТМ возникает необходимость в динамическом моделировании колебаний их конструкциях.

Воспользовавшись соображениями, изложенными в работе [107], нами была принята в качестве основополагающей модели устойчивости динамическая модель, представленная на рис. 4.5, которая допускает возможность совершения колебаний объекта относительно точек *A* и *B*.

4.3.1. Исходные параметры к исследуемой модели.

Дискретная модель (рис. 4.5) состоит из четырех сосредоточенных масс, соединенных упругими звеньями и с помощью аутригеров опирается на жесткое основания благодаря четырем опорным элементам, попарно образующими два ребра опрокидывания *A* и *B*.

Физические параметры. Для определения численных значений сосредоточенных масс m_i , $i = 0, 1, 2, 3$ (на рис. 4.5 обозначены кружочками) приняты такие же величины, что и в реальном объекте с учетом особенностей моделирования, связанного с пересчетом их значений (приведением к конкретному звену, начиная с первого «0 – 1»).

Так что: масса m_0 объединяет массы элементов всего нижнего строения конструкции объекта – портала; массы m_1 и m_2 определяются в соответствии с правилами эквивалентного частотного приведения для звеньев, их соединяющих, методом Терских-Ривина [108]; а масса m_3 отображает вес полезного груза.

Значения жесткостей упругих звеньев EI_j ($j = 1,2$) устанавливаются при помощи уравнений Галеркина, описываемых в работе [109].

Геометрические параметры.

На рис. 4.5 схематично показаны построения к определению геометрических параметров дискретной модели, где индексация радиусов-векторов и углов их ориентации осуществляется в соответствии с ребром опрокидывания A или B и номером сосредоточенной массы m_i , $i = 0, 1, 2, 3$.

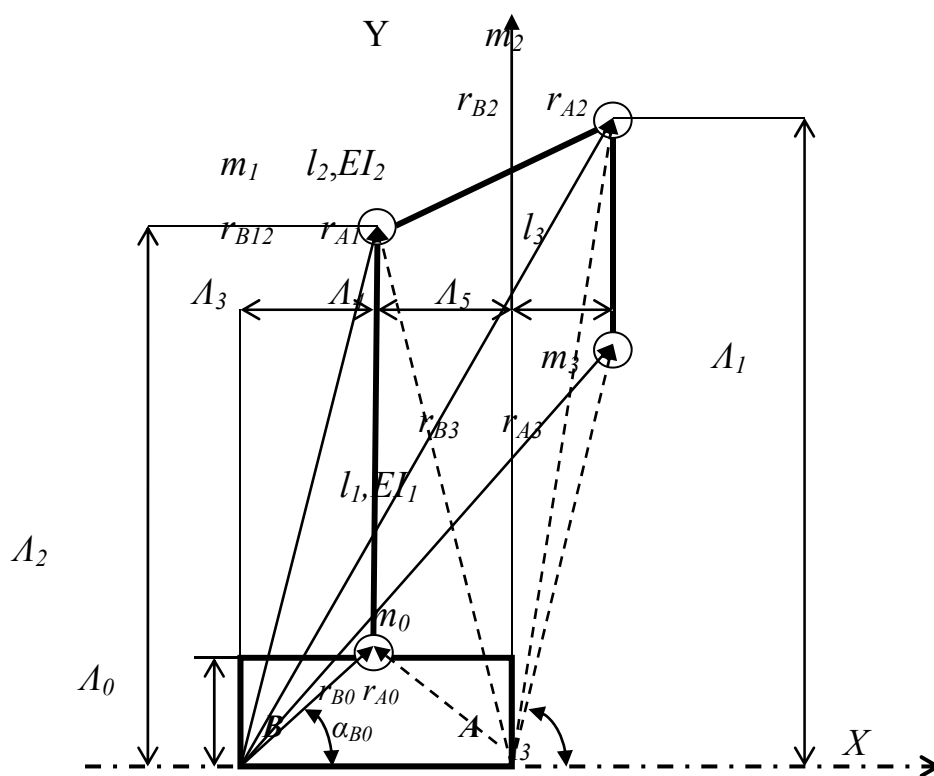


Рис. 4.5. Дискретная модель исследуемого объекта ПТМ:

В частности, для ребра A ($r_{A0}, r_{A1}, r_{A2}, r_{A3}$), так же, как и для ребра B ($r_{B0}, r_{B1}, r_{B2}, r_{B3}$), первые индексы радиусов-векторов соответствуют ребру опрокидывания, а вторые индексы – номеру сосредоточенной массы. Аналогично обозначаются и их направляющие углы (на рисунке показаны

только α_{B0} и α_{A3} что бы не затенять рис. 4.5). $L_0, L_1, L_2, L_3, L_4, L_5$ – отрезки прямых характерные размеры, определяющие местоположение сосредоточенных масс. l_1, l_2, l_3 геометрические длины звеньев, соединяющих соответствующие сосредоточенные массы.

С учетом предложенной 4-х массовой модели нами проведены исследования условий потери устойчивости на примере разработки проектных решений автоподъемника гидравлического АПП-30.

На рис 4.6 представлена фотография созданного при участии харьковского гарнизона пожарной охраны первой отечественной ПТМ, названной «Автоподъемник гидравлический пожарный» (АПП-30).



Рис. 4.6. Отечественный коленчатый автоподъемник гидравлический пожарный (АПП-30) с высотой развертывания стрелы до 30 м

Согласно представленной динамической модели (рис. 3.7) нами были рассмотрены следующие случаи колебаний, возникающих при работе данной машины:

- Случай 1 – реакции в опорных точках ребер *A* и *B* больше нуля;
- Случай 2 – реакции в опорных точках ребер *A* или *B*, которые поочередно принимают значения, равные нулю. Тогда наступает отрыв опор нижней части конструкции (ходовой части) от основания, и колебания осуществляются около этих точек.

4.3.2. Динамика происходящих процессов.

Повернем одну из систем координат xAy , связанную с нижним строением объекта (рамой портала) относительно неподвижной системы координат XAY на угол φ_2 (см. рис. 4.7).

В результате деформаций элементов конструкции объекта масса m_1 переместится в направлении x на величину x_1 в своей системе координат xAy (перемещение этой массы в направлении y не будем учитывать в виду относительной его малости), а масса – в направлении осей x и y , соответственно, на x_2 и y_2 . Эти перемещения связаны между собой зависимостью

$$(x_2 - x_1)/y_2 = \operatorname{tg}(\beta - \varepsilon/2),$$

где ε – угол поворота стрелы при соответствующих перемещениях x_2 и y_2 массы m_2 ; угол β – угол между вертикальной и консольной секцией подъемника (см. рис. 4.7).

Если $\varepsilon/2$ настолько малая величина, что ею можно пренебречь, тогда вполне допустимо принять

$$x_2 = -x_1 + y_2 \operatorname{tg} \beta. \quad (4.6)$$

Предположим, что масса m_3 отклонилась от вертикали по инерции на угол φ_1 , а сам гибкий трос (или спасательный рукав), на котором находится груз m_3 , будем считать не нагруженным на изгиб.

Из рассмотренного построения модели исследований объекта следует, что динамическая система имеет четыре степени свободы. Для составления дифференциальных уравнений в обобщенных координатах, осуществим замену переменных для координат:

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1 = \varphi_2 - \text{поворот объекта относительно ребра опрокидывания } A \text{ и} \\ \quad \text{система координат } xAy, \text{ связанная с ним;} \\ q_2 = x_1 - \text{перемещение массы } m_1 \text{ в системе координат } xOy; \\ q_3 = y_2 - \text{перемещение массы } m_2 \text{ в системе координат } xOy; \\ q_4 = \varphi_1 - \text{отклонение массы } m_3 \text{ от вертикали в системе координат } xOy. \end{array} \right. \quad (4.7)$$

При составлении искомых уравнений движения были использованы уравнения Лагранжа 2-го рода в виде:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_j} = 0, \quad j = 1, 2, 3, 4, \quad (4.8)$$

где T – кинетическая энергия системы; Π – потенциальная энергия системы; q_j – обобщенные координаты.

Здесь T и Π записываются для колебательных движений относительно ребер опрокидывания A и B отдельно.

Для случая A выражение для кинетической энергии запишется:

$$\begin{aligned} 2T_A = m_i v_i^2 = & m_{A0} r_{A0}^2 \dot{\varphi}_2^2 + m_{A1} \dot{\varphi}_2^2 [\Lambda_2^2 + (\Lambda_4 - x_1)^2] + m_{A1} \dot{x}_1^2 + m_{A1}^2 \Lambda_2 \dot{\varphi}_2 \dot{x}_1 + (m_{A2} + \\ & m_{A3}) \dot{x}_1^2 + (m_{A2} + m_{A3}) \dot{y}_1^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \beta) + (m_{A2} + m_{A3}) 2 \dot{x}_1 \dot{y}_2 \operatorname{tg} \beta - (m_{A2} + m_{A3}) 2 \dot{\varphi}_2 \dot{x}_1 (\Lambda_1 - \\ & y_2) + (m_{A2} + m_{A3}) \dot{\varphi}_{21}^2 [(\Lambda_1 - y_2)^2 + (\Lambda_3 + x_1 + y_2 \operatorname{tg} \beta)^2] - \\ & (m_{A2} + m_{A3}) 2 \dot{\varphi}_2 \dot{y}_2 (\Lambda_5 + x_1 + \Lambda_1 \operatorname{tg} \beta) + m_{A3} l_1^2 \dot{\varphi}_{12} + m_{A3} 2 l_1 \dot{\varphi}_1 [- (\Lambda_1 - y_2) \dot{\varphi}_2 + \dot{x}_1 + \\ & \dot{y}_2 \operatorname{tg} \beta] \cos \varphi_2 - m_{A3} 2 l_1 \dot{\varphi}_1 [(\Lambda_5 + x_1 + y_1 \operatorname{tg} \beta) \dot{\varphi}_{12} - \dot{y}_2] \sin \varphi_2. \end{aligned}$$

Здесь же для потенциальной энергии будем иметь:

$$\Pi_A = \{ m_{A0} r_{A0} \sin(\alpha_{A0} - \varphi_2) + m_{A1} [\Lambda_2 \cos \varphi_2 - (\Lambda_4 - y_1) \sin \varphi_2] + (m_{A2} + m_{A3}) [(\Lambda_1 - y_2) \cos \varphi_2 + (\Lambda_5 + x_1 + y_2 \operatorname{tg} \beta) \sin \varphi_2] - m_{A3} l_1 \cos \varphi_1 \} g + \frac{1}{2} (c_{11} x_1^2 + 2c_{12} x_1 y_2 + c_{22} y_2^2).$$

Для случая B для $2T_B$ и Π_B (по аналогии со случаем A) получим похожие выражения:

$$\begin{aligned} 2T_B = m_i v_i^2 = & m_{B0} r_{B0}^2 \dot{\varphi}_2^2 + m_{B1} \dot{\varphi}_2^2 [\Lambda_2^2 + (\Lambda_4 - x_1)^2] + m_{B1} \dot{x}_1^2 + m_{B1}^2 \Lambda_2 \dot{\varphi}_2 \dot{x}_1 + (m_{B2} + \\ & m_{B3}) \dot{x}_1^2 + (m_{B2} + m_{B3}) \dot{y}_1^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \beta) + (m_{B2} + m_{B3}) 2 \dot{x}_1 \dot{y}_2 \operatorname{tg} \beta - (m_{B2} + m_{B3}) 2 \dot{\varphi}_2 \dot{x}_1 (\Lambda_1 - \\ & y_2) + (m_{B2} + m_{B3}) \dot{\varphi}_{21}^2 [(\Lambda_1 - y_2)^2 + (\Lambda_3 + x_1 + y_2 \operatorname{tg} \beta)^2] - \\ & (m_{B2} + m_{B3}) 2 \dot{\varphi}_2 \dot{y}_2 (\Lambda_5 + x_1 + \Lambda_1 \operatorname{tg} \beta) + m_{B3} l_1^2 \dot{\varphi}_{12} + m_{B3} 2 l_1 \dot{\varphi}_1 [- (\Lambda_1 - y_2) \dot{\varphi}_2 + \dot{x}_1 + \\ & \dot{y}_2 \operatorname{tg} \beta] \cos \varphi_2 - m_{B3} 2 l_1 \dot{\varphi}_1 [(\Lambda_5 + x_1 + y_1 \operatorname{tg} \beta) \dot{\varphi}_{12} - \dot{y}_2] \sin \varphi_2. \end{aligned}$$

$$\Pi_B = \{ m_{B0} r_{B0} \sin(\alpha_{B0} - \varphi_2) + m_{B1} [\Lambda_2 \cos \varphi_2 - (\Lambda_4 - y_1) \sin \varphi_2] + (m_{B2} + m_{D3}) [(\Lambda_1 - y_2) \cos \varphi_2 + (\Lambda_5 + x_1 + y_2 \operatorname{tg} \beta) \sin \varphi_2] - m_{B3} l_1 \cos \varphi_1 \} g + \frac{1}{2} (c_{11} x_1^2 + 2c_{12} x_1 y_2 + c_{22} y_2^2).$$

Уравнения движения относительно ребра A .

Выполняя математические операции частного и прямого дифференцирования по обобщенным координатам для кинетической и потенциальной энергий системы, предусмотренные выражениями (4.8), а также группируя результаты и вводя соответствующие обозначения, получим уравнения движения исследуемого объекта для случая **A**, когда $-\pi/2 < \varphi_2 < 0$ (точно также, как и для случая **B**, когда $0 < \varphi_2 < \pi/2$):

$$\left\{ \begin{array}{l} A_{11}\ddot{\varphi}_2 + A_{12}\ddot{x}_1 + A_{13}\ddot{y}_2 + A_{14}\dot{\varphi}_1 + R_{A1}\dot{\varphi}_2 + G_{A1}\dot{\varphi}_2 + F_{A1}(\varphi_2, x_1, y_2) = 0, \\ A_{21}\ddot{\varphi}_2 + A_{22}\ddot{x}_1 + A_{23}\ddot{y}_2 + A_{24}\dot{\varphi}_1 + R_{A2}\dot{\varphi}_2 + G_{A2}\dot{\varphi}_2 + F_{A2}(\varphi_2, x_1, y_2) = 0, \\ A_{31}\ddot{\varphi}_2 + A_{32}\ddot{x}_1 + A_{33}\ddot{y}_2 + A_{34}\dot{\varphi}_1 + R_{A3}\dot{\varphi}_2 + G_{A3}\dot{\varphi}_2 + F_{A3}(\varphi_2, x_1, y_2) = 0, \\ A_{41}^0\ddot{\varphi}_2 + A_{42}\ddot{x}_1 + A_{43}\ddot{y}_2 + A_{44}\dot{\varphi}_1 + R_{A4}\dot{\varphi}_2 + G_{A4}\dot{\varphi}_2^2 + F_{A4}^0(\varphi_1) = 0. \end{array} \right. \quad (4.9)$$

В этом случае **A**, имеем выражения для коэффициентов, входящих в дифференциальные уравнения (3.9), которые описывают динамику системы в пределах изменений обобщенной координаты φ_2 : $-\pi/2 < \varphi_2 < 0$:

$$A_{11} = m_{A0} r_{A0}^2 + m_{A1}[\Lambda_2^2 + (\Lambda_4 - x_1)^2] + (m_{A2} + m_{A3})[(\Lambda_1 - y_2)^2 + (\Lambda_5 + x_1 + y_2 \operatorname{tg} \beta)^2],$$

$$A_{12} = -m_{A1} \Lambda_2 - (m_{A2} + m_{A3})(\Lambda_1 - y_2),$$

$$A_{13} = -(m_{A2} + m_{A3})(\Lambda_5 + x_1 + \Lambda_1 \operatorname{tg} \beta),$$

$$A_{14} = -m_{A3} l_1 [(\Lambda_5 + x_1 + y_2 \operatorname{tg} \beta) \operatorname{Sin} \varphi_2 + (\Lambda_1 - y_2) \operatorname{Cos} \varphi_2],$$

$$A_{22} = m_{A1} + m_{A2} + m_{A3},$$

$$A_{23} = (m_{A2} + m_{A3}) \operatorname{tg} \beta,$$

$$A_{24} = m_{A3} l_1 \operatorname{Cos} \varphi_2,$$

$$A_{33} = (m_{A2} + m_{A3})(1 + \operatorname{tg}^2 \beta),$$

$$A_{34} = m_{A3} l_1 (\operatorname{tg} \beta \operatorname{Cos} \varphi_2 + \operatorname{Sin} \varphi_1),$$

$$A_{44} = m_{A3} l_1^2,$$

$$R_{A1} = 2 \{ -m_{A1} (\Lambda_4 - x_1) \dot{x}_1 + (m_{A2} + m_{A3}) [(\Lambda_5 + x_1 + y_2 \operatorname{tg} \beta) (\dot{x}_1 + \dot{y}_2 \operatorname{tg} \beta) - (\Lambda_1 - y_2) \dot{y}_2] \},$$

$$R_{A2} = 2 \dot{y}_2 (m_{A2} + m_{A3}),$$

$$\begin{aligned}
R_{A3} &= -2\dot{x}_1(m_{A2} + m_{A3}), \\
R_{A4} &= 2m_{A3}l_1 [-(\dot{x}_1 + \dot{y}_2 \operatorname{tg}\beta)\operatorname{Sin}\varphi_2 + \dot{y}_2 \operatorname{Cos}\varphi_2], \\
G_{A1} &= 0, \\
G_{A2} &= m_{A1}(\Lambda_4 - x_1) - (m_{A2} + m_{A3})(\Lambda_5 + x_1 + y_2 \operatorname{tg}\beta), \\
G_{A3} &= (m_{A2} + m_{A3})[(\Lambda_1 - y_2) - (\Lambda_5 + x_1 + y_2 \operatorname{tg}\beta)\operatorname{tg}\beta], \\
G_{A4} &= m_{A3}l_1 [-(\Lambda_5 + x_1 + y_2 \operatorname{tg}\beta)\operatorname{Cos}\varphi_2 + (\Lambda_1 - y_2)\operatorname{Sin}\varphi_2] \\
F_{A1}(\varphi_2, x_1, y_2) &= \{-m_{A0}r_{A0}\operatorname{Cos}(\alpha_{A0} - \varphi_2) + m_{A1}[-(\Lambda_4 - x_1)\operatorname{Cos}\varphi_2 - -\Lambda_2\operatorname{Sin}\varphi_2] - \\
&[(\Lambda_1 - y_2)\operatorname{Sin}\varphi_2 - (\Lambda_5 + x_1 + y_2 \operatorname{tg}\beta)\operatorname{Cos}\varphi_2]\}g, \\
F_{A2}(\varphi_2, x_1, y_2) &= (m_{A1} + m_{A2} + m_{A3})g\operatorname{Sin}\varphi_2 + c_{11}x_1 + c_{12}y_2, \\
F_{A3}(\varphi_2, x_1, y_2) &= -(m_{A2} + m_{A3})(\operatorname{Cos}\varphi_2 - \operatorname{tg}\beta\operatorname{Sin}\varphi_2)g + c_{12}x_1 + c_{22}y_2, \\
F_{A4}(\varphi_1) &= m_{A3}l_1 \operatorname{Sin}\varphi_1.
\end{aligned}$$

Очевидно, что уравнения (3.9) являются одной составляющей частью общих уравнений движения модели подъемника, которые следует доопределить их второй составляющей:

Уравнения движения относительно ребра **B**.

Поступая аналогичным образом, получим похожие уравнения движения исследуемого объекта относительно ребра **B**.

Для случая **B**, когда $0 < \varphi_2 < \pi/2$, имеем:

$$\left\{ \begin{aligned}
B_{11}\ddot{\varphi}_2 + B_{12}\ddot{x}_1 + B_{13}\ddot{y}_2 + B_{14}\ddot{\varphi}_1 + R_{B1}\dot{\varphi}_2 + G_{B1}\varphi_2 + F_{B1}(\varphi_2, x_1, y_2) &= 0, \\
B_{21}\ddot{\varphi}_2 + B_{22}\ddot{x}_1 + B_{23}\ddot{y}_2 + B_{24}\ddot{\varphi}_1 + R_{B2}\dot{\varphi}_2 + G_{B2}\varphi_2 + F_{B2}(\varphi_2, x_1, y_2) &= 0, \\
B_{31}\ddot{\varphi}_2 + B_{32}\ddot{x}_1 + B_{33}\ddot{y}_2 + B_{34}\ddot{\varphi}_1 + R_{B3}\dot{\varphi}_2 + G_{B3}\varphi_2 + F_{B3}(\varphi_2, x_1, y_2) &= 0, \\
B_{41}\ddot{\varphi}_2 + B_{42}\ddot{x}_1 + B_{43}\ddot{y}_2 + B_{44}\ddot{\varphi}_1 + R_{B4}\dot{\varphi}_2 + G_{B4}\varphi_2 + F_{B4}(\varphi_1) &= 0.
\end{aligned} \right. \quad (4.10)$$

Здесь:

$$\begin{aligned}
B_{11} &= m_{B0}r_{B0}^2 + m_{B1}[\Lambda_2^2 + (\Lambda_4 - x_1)^2] + (m_{B2} + m_{B3})[(\Lambda_1 - y_2)^2 + (\Lambda_5 + x_1 + y_2 \operatorname{tg}\beta)^2], \\
B_{12} &= m_{B1}\Lambda_2 + (m_{B2} + m_{B3})(\Lambda_1 + y_2), \\
B_{13} &= -(m_{B2} + m_{B3})(\Lambda_5 + \Lambda_4 + \Lambda_3 - x_1 + \Lambda_1 \operatorname{tg}\beta), \\
B_{14} &= -m_{B3}l_1 [(\Lambda_5 + \Lambda_4 + \Lambda_3 - x_1 - y_2 \operatorname{tg}\beta)\operatorname{Sin}\varphi_2 + (\Lambda_1 + y_2)\operatorname{Cos}\varphi_2], \\
B_{22} &= m_{B1} + m_{B2} + m_{B3}, \\
B_{23} &= (m_{B2} + m_{B3})\operatorname{tg}\beta, \\
B_{24} &= -m_{B3}l_1 \operatorname{Cos}\varphi_2,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
B_{33} &= (m_{B2} + m_{B3})(1 + tg^2 \beta), \\
B_{34} &= -m_{B3} l_1 (tg\beta \cos\varphi_2 + \sin\varphi_2), \\
B_{44} &= m_{B3} l_1^2, \\
R_{B1} &= \{- m_{B1} (\Lambda_3 - x_1) \dot{x}_1 + (m_{B2} + m_{B3}) [(\Lambda_5 + \Lambda_4 + \Lambda_3 - x_1 - y_2 tg\beta)(-\dot{x}_1 - \dot{y}_2 tg\beta) + \\
& (\Lambda_1 - y_2) \dot{y}_2] \} 2, \\
R_{B2} &= 2y_2 (m_{B2} + m_{B3}), \\
R_{B3} &= -2\dot{x}_1 (m_{B2} + m_{B3}), \\
R_{B4} &= 2m_{B3} l_1 [(\dot{x}_1 + y_2 tg\beta) \sin\varphi_2 - \dot{y}_2 \cos\varphi_2], \\
G_{B1} &= 0, \\
G_{B2} &= m_{B1} (\Lambda_3 - x_1) + (m_{B2} + m_{B3}) (\Lambda_5 + \Lambda_4 + \Lambda_3 - x_1 - y_2 tg\beta), \\
G_{B3} &= (m_{B2} + m_{B3}) [-(\Lambda_1 + y_2) + (\Lambda_5 + \Lambda_4 + \Lambda_3 - x_1 - y_2 tg\beta) tg\beta], \\
G_{B4} &= m_{B3} l_1 [-(\Lambda_5 + \Lambda_4 + \Lambda_3 - x_1 - y_2 tg\beta) \cos\varphi_2 + (\Lambda_1 + y_2) \sin\varphi_2] \\
F_{B1}(\varphi_2, x_1, y_2) &= \{ m_{B0} r_{B0} \cos(\alpha_{B0} + \varphi_2) + m_{B1} [(\Lambda_3 - x_1) \cos\varphi_2 - \Lambda_2 \sin\varphi_2] + \\
& (m_{B2} + m_{B3}) [-(\Lambda_1 + y_2) \sin\varphi_2 - \\
& (\Lambda_5 + \Lambda_4 + \Lambda_3 - x_1 - y_2 tg\beta) \cos\varphi_2] \} g, F_{B2}(\varphi_2, x_1, y_2) = -(m_{B1} + m_{B2} + m_{B3}) g \sin\varphi_2 + \\
& c_{11} x_1 + c_{12} y_2, \\
F_{B3}(\varphi_2, x_1, y_2) &= (m_{B2} + m_{B3}) (\cos\varphi_2 - tg\beta \sin\varphi_2) g + c_{12} x_1 + c_{22} y_2, \\
F_{B4}(\varphi_1) &= m_{B3} l_1 \sin\varphi_1.
\end{aligned}$$

Полученные уравнения (4.9) и (4.10) с соответствующими им коэффициентами образуют полную систему так называемых нелинейных уравнений с переменной структурой, что затрудняет их решение прямыми методами. Причем, здесь можно выделить два вида нелинейностей:

- нелинейность геометрического типа, вытекающая из принятых небольших значений величин перемещений, колебаний отдельных масс $m_i (i = 0, 1, 2, 3)$;
- нелинейность, обусловленная взаимодействием шасси объекта с основанием, и относительно большими перемещениями (качаниями), которая заключается в допустимости отрыва ходовых колес от недеформируемого пути (рельсы, поверхность дороги).

Второй тип нелинейностей не позволяет в обычном смысле линеаризовать составленную систему уравнений движения объекта. Однако

нелинейности первого типа, в случае малости колебаний, позволяют провести линеаризацию разложением в ряд Тейлора соответствующих членов уравнений около своих «нулевых» значений перемещений, сохранив только линейные приближения. В связи с этим начальные условия можно пока не брать во внимание, приняв их для определенности нулевыми.

4.3.3. Линеаризация уравнений движения первого типа

Действительно, в полученных уравнениях (4.9) и (4.10) наличествуют нелинейности первого типа, обусловленные в первую очередь силами инерции. В связи с этим они могут быть линеаризованы обычным способом, т.е. путем разложения в ряд Тейлора, как члены, которые содержат нелинейности первого типа. При этом нелинейности второго типа в общих уравнениях остаются, что тоже обуславливает их формирование двумя дополняющими друг друга системами (4.11) и (4.12):

$$\left\{ \begin{array}{l} A_{11}^0 \ddot{\varphi}_2 + A_{12}^0 \ddot{x}_1 + A_{13}^0 \ddot{y}_2 + A_{14}^0 \ddot{\varphi}_1 + F_{A1}^0(\varphi_2, x_1, y_2) = 0, \\ A_{21}^0 \ddot{\varphi}_2 + A_{22}^0 \ddot{x}_1 + A_{23}^0 \ddot{y}_2 + A_{24}^0 \ddot{\varphi}_1 + F_{A2}^0(\varphi_2, x_1, y_2) = 0, \\ A_{31}^0 \ddot{\varphi}_2 + A_{32}^0 \ddot{x}_1 + A_{33}^0 \ddot{y}_2 + A_{34}^0 \ddot{\varphi}_1 + F_{A3}^0(\varphi_2, x_1, y_2) = 0, \\ A_{41}^0 \ddot{\varphi}_2 + A_{42}^0 \ddot{x}_1 + A_{43}^0 \ddot{y}_2 + A_{44}^0 \ddot{\varphi}_1 + F_{A4}^0(\varphi_1) = 0. \end{array} \right. \quad (4.11)$$

Здесь $-\pi/2 < \varphi_2 < 0$, где

$$A_{11}^0 = m_{A0} r_{A0}^2 + m_{A1} r_{A1}^2 + (m_{A2} + m_{A3}) r_{A2}^2,$$

$$A_{12}^0 = -m_{A1} \Lambda_2 - (m_{A2} + m_{A3}) \Lambda_1,$$

$$A_{13}^0 = -(m_{A2} + m_{A3}) (\Lambda_5 + \Lambda_1 \operatorname{tg} \beta),$$

$$A_{14}^0 = -m_{A3} l_1 r_{A2} \operatorname{Sin} \alpha_{A2},$$

$$A_{22}^0 = m_{A1} + m_{A2} + m_{A3},$$

$$A_{23}^0 = (m_{A2} + m_{A3}) \operatorname{tg} \beta,$$

$$A_{24}^0 = m_{A3} l_1,$$

$$A_{33}^0 = (m_{A2} + m_{A3}) (1 + \operatorname{tg}^2 \beta),$$

$$A_{34}^0 = m_{A3} l_1 \operatorname{tg} \beta,$$

$$A_{44}^0 = m_{A3} l_1^2,$$

$$F_{A1}^0(\varphi_2, x_1, y_2) = -m_{A0}gr_{A0}\text{Cos}(\alpha_{A0} - \varphi_2) - m_{A1}gr_{A1}\text{Cos}(\alpha_{A1} - \varphi_2) + (m_{A2} + m_{A3})r_{A2}g\text{Cos}(\alpha_{A2} + \varphi_2) + m_{A1}gx_1 + (m_{A2} + m_{A3})g(y_2\varphi_2 + x_1 + y_2tg\beta),$$

$$F_{A2}^0(\varphi_2, x_1, y_2) = (m_{A1} + m_{A2} + m_{A3})g\varphi_2 + c_{11}x_1 + c_{12}y_2,$$

$$F_{A3}^0(\varphi_2, x_1, y_2) = -(m_{A2} + m_{A3})g\left(\frac{1}{\text{Cos}\beta}\right)\text{Cos}(\beta + \varphi_2) + c_{12}x_1 + c_{22}y_2,$$

$$F_{A4}^0(\varphi_1) = m_{A3}l_1g\varphi_1;$$

А также:

$$\left\{ \begin{array}{l} B_{11}^0\ddot{\varphi}_2 + B_{12}^0\ddot{x}_1 + B_{13}^0\ddot{y}_2 + B_{14}^0\ddot{\varphi}_1 + F_{B1}^0(\varphi_2, x_1, y_2) = 0, \\ B_{21}^0\ddot{\varphi}_2 + B_{22}^0\ddot{x}_1 + B_{23}^0\ddot{y}_2 + B_{24}^0\ddot{\varphi}_1 + F_{B2}^0(\varphi_2, x_1, y_2) = 0, \\ B_{31}^0\ddot{\varphi}_2 + B_{32}^0\ddot{x}_1 + B_{33}^0\ddot{y}_2 + B_{34}^0\ddot{\varphi}_1 + F_{B3}^0(\varphi_2, x_1, y_2) = 0, \\ B_{41}^0\ddot{\varphi}_2 + B_{42}^0\ddot{x}_1 + B_{43}^0\ddot{y}_2 + B_{44}^0\ddot{\varphi}_1 + F_{B4}^0(\varphi_1) = 0. \end{array} \right. \quad (4.12)$$

Здесь $0 < \varphi_2 < \pi/2$, где

$$B_{11}^0 = m_{B0}r_{A0}^2 + m_{B1}r_{B1}^2 + (m_{B2} + m_{B3})r_{B2}^2,$$

$$B_{12}^0 = m_{B1}\Lambda_2 - (m_{B2} + m_{B3})\Lambda_1,$$

$$B_{13}^0 = (m_{B2} + m_{B3})(\Lambda_5 + \Lambda_4 + \Lambda_3 + \Lambda_1tg\beta),$$

$$B_{14}^0 = -Bl_1r_{B2}\text{Sin}\alpha_{B2},$$

$$B_{22}^0 = m_{B1} + m_{B2} + m_{B3},$$

$$B_{23}^0 = (m_{B2} + m_{B3})tg\beta,$$

$$B_{24}^0 = -m_{B3}l_1,$$

$$B_{33}^0 = (m_{B2} + m_{B3})(1 + tg^2\beta),$$

$$B_{34}^0 = -m_{B3}l_1tg\beta,$$

$$B_{44}^0 = m_{B3}l_1^2,$$

$$F_{B1}^0(\varphi_2, x_1, y_2) = -m_{B0}gr_{B0}\text{Cos}(\alpha_{B0} + \varphi_2) - m_{B1}gr_{B1}\text{Cos}(\alpha_{B1} + \varphi_2) + (m_{B2} + m_{B3})r_{B2}g\text{Cos}(\alpha_{B2} + \varphi_2) - m_{B1}gx_1 - (m_{B2} + m_{B3})g(y_2\varphi_2 + x_1 + y_2tg\beta),$$

$$F_{B2}^0(\varphi_2, x_1, y_2) = -(m_{B1} + m_{B2} + m_{B3})g\varphi_2 + c_{11}x_1 + c_{12}y_2,$$

$$F_{B3}^0(\varphi_2, x_1, y_2) = (m_{B2} + m_{B3})g\left(\frac{1}{\text{Cos}\beta}\right)\text{Cos}(\beta + \varphi_2) + c_{12}x_1 + c_{22}y_2,$$

$$F_{B4}^0(\varphi_1) = m_{B3}l_1g\varphi_1;$$

Линеаризованные уравнения необходимо дополнить начальными условиями, ориентируясь на конкретные исходные параметры конструкции и

данные испытаний опытного образца или аналогичной ему подъемно-транспортной машины. После чего исследовать динамическую устойчивость новой ПТМ.

4.4. Исследование динамической устойчивости ПТМ в первом приближении

4.4.1. Оценка динамической устойчивости АПП-30.

Как показали исследования линеаризованные уравнения динамики рассматриваемого объекта, полученные в подразделе 4.3.3, все же остаются нелинейными в смысле нелинейности за счет переменности их структуры: переход от уравнений случая *A* к уравнениям случая *B* (и наоборот). В связи с этим, получить их решения не так просто. Известные аналитические методы, например метод малого параметра, неприемлемы, поскольку дают большие погрешности. Вместе с тем, первое приближение (качественный анализ) несложно осуществить по, так называемым фазовым траекториям колебаний объекта для рассматриваемой задачи с помощью интегрирования уравнений (4.11) и (4.12) на участках их определения методом Рунге-Кутты, а затем «склеивать» (при необходимости) решения, используя современное программное пространство ЭВМ.

В качестве примера такого подхода нами была рассмотрена задача оценки динамической устойчивости первого украинского коленчатого автоподъемника АПП-30 с высотой разворачивания стрелы порядка 30м, для чего были использованы уравнения (4.11) и (4.12) и построены фазовые траектории колебаний для наиболее критичной массы m_2 , имеющей значения m_{A2} и m_{B2} , соответственно данным таблицы 4.1.

В таблице 4.1 приведены исходные данные, необходимые для теоретического анализа задачи об устойчивости рассматриваемого объекта.

Таблица 4.1

Исходные данные для решения задачи о фазовых перемещениях

Данные применительно к ребру A			Данные применительно к ребру B		
Сосред.масса, кГсек ² /м	Расстоян. к массе, м	Угловые градусы	Сосред.масса, кГсек ² /м	Расст. к массе, м	Угловые градусы
$m_{A0}=11461$	$r_{A0}=1,58$	$\alpha_{A0}=51^{\circ}27'$	$m_{B0}=2259$	$r_{B0}=2,5$	$\alpha_{B0}=28^{\circ}17'$
$m_{A1} = 186$	$r_{A1}=19,37$	$\alpha_{A1}=87^{\circ}20'$	$m_{B1}=204$	$r_{B1}=19,5$	$\alpha_{B1}=83^{\circ}48'$
$m_{A2} = 65$	$r_{A2}=26,84$	$\alpha_{A2}=55^{\circ}27'$	$m_{B2}=67$	$r_{B2}=28,7$	$\alpha_{B2}=50^{\circ}31'$
$m_{A3}=112$	$r_{A3}=18,75$	-	$m_{B3}=112$	$r_{B3}=20,51$	-

Примечание: Поскольку груз m_3 , соединен с грузом m_2 податливой, не нагруженной на изгиб связью, то соответствующие клетки таблицы для угловых градусов не заполнены

Искомые фазовые траектории получены при соблюдении граничного начального условия $\varphi_{20} \leq 6^{\circ}$, что (согласно ДСТУ) обеспечивает требуемую степень защищенности кранов от опрокидывания и что, в известном смысле, может рассматриваться как внешнее возмущение. Тогда, начальные условия для возмущенного движения для соответствующих сосредоточенных масс будут иметь вид:

$$\begin{aligned} \varphi_1(0) = 0, \quad y_2(0) = 0, \quad x_1(0) = 0, \quad \varphi_2(0) = \varphi_{20}; \\ \dot{\varphi}_1(0) = 0, \quad \dot{y}_2(0) = 0, \quad \dot{x}_1(0) = 0, \quad \dot{\varphi}_2(0) = 0. \end{aligned} \quad (4.13)$$

При этом φ_{20} в наших расчетах будет принимать следующие граничные значения $\varphi_{20} = 5^{\circ}; 6^{\circ}$. То есть, решая составленные линеаризованные уравнения с переменной структурой на отдельных участках их применения, как контрольный пример и отладочный вариант в настоящих исследованиях, нами проанализированы два вида решений задачи об устойчивости исследуемой ПТМ:

- для случая незначительных возмущений $\varphi_{20} = 5^{\circ}$, лежащих в пределах допускаемых отклонений центра массы m_2 от равновесного положения, которые не нарушают ее устойчивого равновесия (рис. 4.12,а);
- для случая, когда эти отклонения недопустимы $\varphi_{20} = 6^{\circ}$ и система теряет устойчивость (рис. 4.12,б).

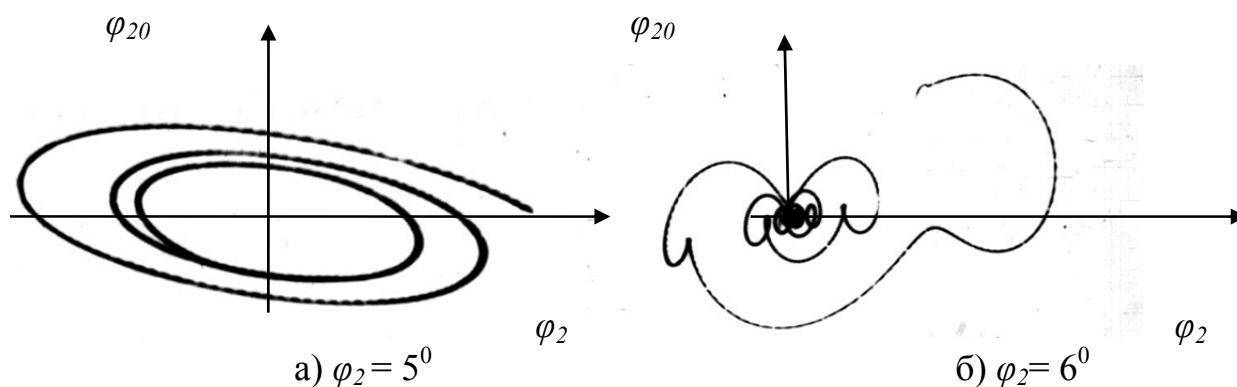


Рис. 4.12. Контрольные отладочные примеры моделирования:

- а) устойчивая работа объекта при начальных условиях – отклонение массы m_2 от равновесного ее положения $\varphi_2^0 = 5^0$ ($q_1 = \varphi_2$) и нулевой начальной скорости $\dot{\varphi}_2(0) = 0$; б) неустойчивая работа ПТМ при предельном отклонении массы m_2 от положения равновесия $\varphi_2^0 = 6^0$ с нулевой начальной скоростью $\dot{\varphi}_2(0) = 0$

Анализируя полученные фазовые траектории для одного из критических режимов, представленных на рис. 4.12 (полное разворачивание подъемника на высоту 30м), нетрудно установить, что предельное значение степени защищенности от опрокидывания для исследуемого объекта (S_{r1}) достигается при изменении параметра внешнего возмущения в пределах порядка $\varphi_{20} = 6^0$. То есть для этого рабочего режима критичная обобщенная координата φ_2 на фазовой плоскости (рис. 4.12,б) с течением времени будет стремиться к бесконечности ($\varphi_2 \rightarrow \infty$), так же, как и $\dot{\varphi}_2 \rightarrow \infty$ в том случае, если $\varphi_{20} = 6^0$. А при $\varphi_{20} = 5^0$ система еще может совершать установившиеся колебания с конечным значением амплитуд вида рис. 4.12,а. До этого предельного значения ($\varphi_{20} = \varphi_m$) равновесное положение объекта еще может оставаться устойчивым. Значит, все случаи $\varphi_{20} < \varphi_m$ будут заведомо устойчивыми.

Таким образом, на основании динамического анализа первого приближения к решению линеаризованных уравнений (4.11) и (4.12) при создании новых ПТМ оказывается возможным заблаговременно судить о работоспособности (устойчивости) в эксплуатации конструкций подъемников, подобных АПП-30. А также, – целесообразно давать предварительную оценку динамики критического состояния подъемно-

транспортной машины: устойчива ли она или не устойчива для тех или иных экстремальных режимов работы.

В частности, на основании проведенного динамического моделирования нами получен вывод о том, что устойчивость от опрокидывания для коленчатого автоподъемника АПП-30 может быть определена с оценкой «неудовлетворительно», так как при динамическом возмущении системы, соответствующем $\varphi_2^0 = 6^\circ$, данная ПТМ потенциально способна терять устойчивость со всеми вытекающими из этого последствиями. По этой причине АПП-30 не был рекомендован на Новокраматорском машиностроительном заводе для серийного производства.

На основании изложенного можно считать, что предложенный нами подход поиска приемлемых условий работы при проектировании ПТМ дает возможность с помощью динамического моделирования исследуемых процессов работы машин (применительно к заблаговременной оценке их устойчивости) получать результаты, обеспечивающие выполнение требований безопасности от опрокидывания новых конструкторских разработок.

4.4.2. Предлагаемые конструктивные решения к обеспечению устойчивости ГПТМ-55 в условиях аварий и других ЧС на высоте

Нами при эскизном проектировании было предложено проектное решение по разработке ГПТМ-55, предназначенного для ведения ремонтно-восстановительных и спасательных работ в зданиях повышенной этажности (до 55м). При этом учитывался тот факт, что в подобных не опирающихся на здание конструкциях достаточно сложно обеспечить устойчивость даже при развертывании их на высоту 30м.

Действительно, выше изложенный подход к моделированию динамических режимов работы АПП-30 с высотой развертывания стрелы порядка 30м показывает априори, что значение параметра $S_{r,l} \geq 1,45$

защищенности от потери устойчивости конструкции ГПТМ-55 с высотой разворачивания стрелы до 50м и выше тем более не будет соответствовать требованиям ДСТУ. Поэтому, взяв за основу разработанный в г. Днепре принцип строительства высотных зданий и сооружений – когда с «ростом» сооружения растет и высота обслуживающего это строительство крана, корпус которого при помощи закладных элементов фиксируется на соответствующей высоте возводимого здания – нами предложена усовершенствованная конструкция автоподъемника с рабочей высотой до 55м.

В связи с этим и с учетом выполненных исследований по оценке устойчивости рассмотренных ПТМ нами была запатентована в Украине полезная модель (Патент на корисну модель за №98839 – «Пристрій для пожежно-рятувальних робіт на висотах будівель та споруд») на шасси большегрузного автомобиля. Эта габаритная ГПТМ-55 монтируется, на базе шасси «КАМАЗ 53213» (рис. 4.13,а) или же на аналогичном отечественном автомобиле «КРАЗ-250» и имеет составной своей частью лифтовое устройство грузоподъемностью до 350 кг, способное транспортировать в своей «кабинке» до 3 – 4 человек.⁴

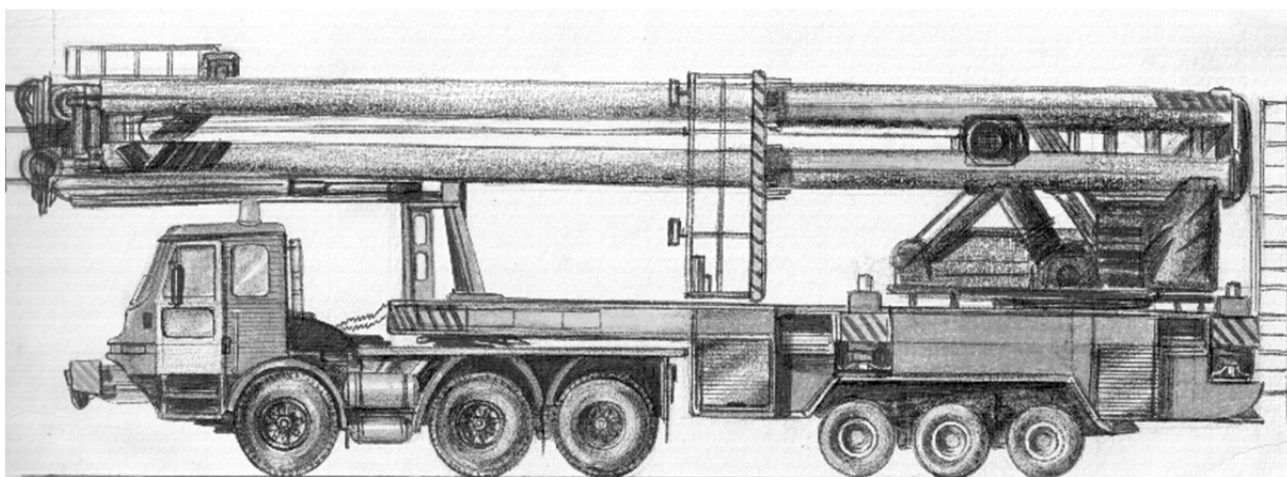


Рис. 4.13,а. Эскиз на патент Украины: ГПТМ-66 в походном положении

Рассмотрим конструктивное исполнение такой негабаритной подъемно-транспортной машины, подготовленной к проведению аварийно-

восстановительных и спасательных работ на верхних этажах здания при авариях и других ЧС (рис. 4.13,б).

Прежде всего, отметим, что подобные ГПТМ производства ближнего зарубежья (РФ) при спасании людей и ведении различных видов работ на высоте, по мнению специалистов, обладают следующими недостатками:

- относительно высоким уровнем опасности использования, так как возможность перемещения людей и грузов при разборке, замене и перемещении обрушенных элементов аварийного здания, по подобным конструкциям на высоте связана с ограниченными физическими и психоэмоциональными возможностями нетренированных граждан [110];
- сравнительно большим временем, связанным с перемещением спецподразделений на высоты и эвакуации пострадавших и обломков конструкций с высот, что не отвечает требованиям эффективности их работы в условиях ЧС [111].

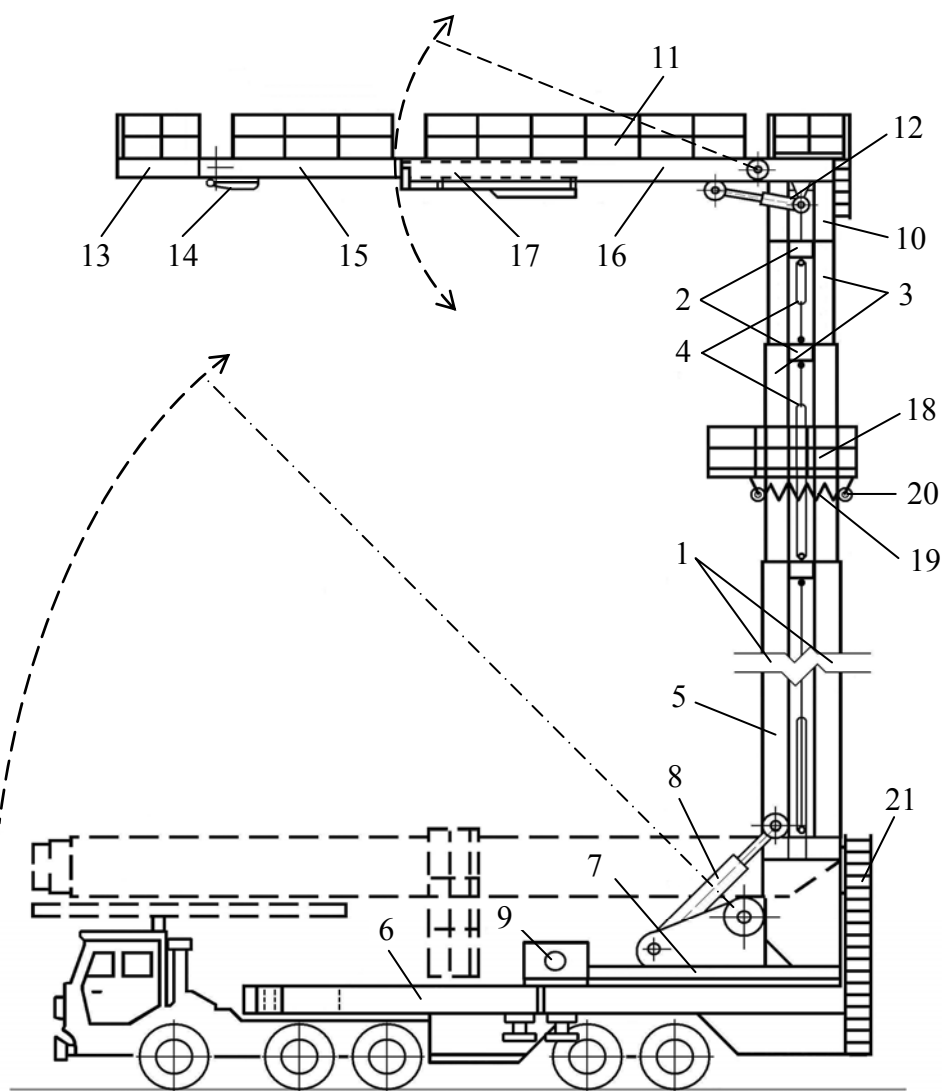


Рис. 4.13,б. Подготовка к работе габаритной ПТМ (ГПТМ-55)

С учетом названных недостатков, нами была поставлена задача улучшения тактико-технических характеристик ПТМ для ведения работ при обрушении зданий в условиях возникновения ЧС, (в том числе при обрушении конструкций) с существенным повышением показателей безопасности и эффективности работы специальных подразделений.

Предложенная ГПТМ-55 (рис. 4.13,б) сконструирована таким образом, что бы иметь возможность оперативно доставлять на высоты работников спецподразделений и подручные средства малой механизации для проведения СВР. А так же оперативного выявления особенностей процесса разрушений верхних этажей и крыши, которые являются исходными данными для разработки завалов и проведения в кратчайшие сроки

демонтажных работ на путях эвакуации и спасания терпящих бедствие людей в экстремальных условиях аварий и других ЧС.

Кроме того габаритная ГПТМ-55 может применяться при профилактическом обслуживании и фасадном ремонте здания, взамен известных пожарных автолестниц и автоподъемников, которые вследствие небольшой высоты разворачивания для этого не пригодны.

При решении задачи была предложена конструкция ступенчатой телескопической колонны 1, состоящей не менее чем из двух разнесенных между собой трубчатых телескопических опор, ступени которых соединены между собой перемычками 2 в секции 3, а механизмами для разворачивания колонны являются гидроцилиндры, которые расположены в каждой секции колонны между перемычками. Благодаря этому повышаются показатели прочности и устойчивости колонны, а также уменьшается время разворачивания колонны. Между секциями 3 расположены гидромеханизмы 4, рабочие элементы которых (цилиндры и штоки на рис. 4.14,б показаны условно) одними свободными концами присоединены к перемычкам 2 одной из секций, а другими - к перемычкам 2 соседних секций.

Нижняя секция колонны 5 соединена с рамой 6 транспортного средства с помощью поворотной платформы 7, где расположен гидромеханизм 8 установки колонны вертикально, а на раме 6 размещается гидропривод 9, который отвечает за поворот колонны на 360°.

Такие конструктивные решения уже на начальном этапе разворачивания подъемника позволяют сориентировать рабочее направление и высоту установки колонны, тем самым обеспечить безопасность ведения работ и сократить время на разворачивание работ.

Для обеспечения работоспособности (устойчивости) ГПТМ-55 и организации непрерывной эвакуации потока людей, терпящих бедствие, и доставки в зону ЧС сил и средств спецподразделений в разработанной конструкции выполнены следующие технические решения.

К верхней секции 10 консоль 11 присоединена с помощью гидромеханизмов 12 установки консоли и при разворачивании габаритной

ПТМ на заданную высоту она выполняет функции фиксирующей опоры (подобно закладной в здании). К свободному концу консоли присоединена переходная площадка 13 для приема эвакуированных, которая имеет рычажный механизм 14, обеспечивающий ее надежное примыкание к зданию на заданной высоте. Причем, консоль 11 выполнена телескопической, состоящей из ступеней 15 и 16 и механизма 17, который их сдвигает-раздвигает. Иными словами, конструкция консоли в развернутом состоянии образует при помощи механизмов 12, 14 и 17 переходную площадку-накопитель, по которой с применением страховочных поясов, охватывающих и скользящих по перилам консоли 11, могут перемещаться люди.

На колонне установлена кабина лифта 18 для подъема и спуска людей и технических средств, имеющая профилированные ролики 19 с устройством 20, отслеживающим охват ими колонны и работу механизма перемещения.

Как уже отмечалось на рис. 4.13,б новая конструкция габаритной ПТМ изображена в развернутом рабочем положении. Пунктирными линиями показан контур подъемника в транспортном положении. Здесь геометрическая проекция конструкции подъемника на плоскость позволила объединить случаи, когда ступенчатая колонна 1 состоит из 2-х, 3-х или 4-х трубчатых телескопических секций 3, ступени которых соединены перемычками 2, где между секциями 3 расположены гидромеханизмы 4 развертывания-свертывания колонны.

Нижняя секция 5 соединена с рамой 6 транспортного средства с помощью поворотной платформы 7, которая имеет гидромеханизмы 8 вертикальной установки колонны, а на раме 6 расположен гидропривод 9 поворота платформы 7 на 360°.

Механизм перемещения кабины лифта 18 имеет стандартную тросовую конструкцию, поэтому на рисунке не показан.

Лестница 21 является вспомогательным элементом, помогающим людям перебраться с земли в кабину лифта и наоборот, что обеспечивает безопасную доставку работников в необходимую зону.

ГПТМ-55 работает следующим образом. Рама 6 транспортного средства устанавливается на аутригерах горизонтально вблизи здания, где будут вестись РВР, АВР или АСР. С помощью гидромеханизмов 8 колонна 1 устанавливается вертикально, а с помощью гидропривода 9 выставляется основное рабочее направление механизмов машины.

Гидромеханизмы 4 своими поршнями и цилиндрами (на рис. 4.13,б показаны условно) раздвигают перемычки 2, тем самым, раздвигают секции 3, так что выставляют рабочую высоту колонны 1.

По лестнице 21 в опущенную к нижней секции 5 кабину лифта 18 поднимается оперативные работники спецподразделения с рабочим оборудованием с последующей доставкой лифтом их на требуемую высоту.

Параллельно, с помощью механизмов 12, 14 и 17 осуществляется установка консоли 11 до примыкания к месту проведения работ. Здесь переходная площадка 13 рычажным механизмом 14 вводится в нужный оконный проем, балкон, лоджию и по ней осуществляется переход работников спецподразделения к месту оперативных действий и эвакуации людей, терпящих бедствие, выполняя при этом функцию неподвижной закладной (Приложение Б, патент Украины корисну модель № 98839 от 12.05.20015г.).

Вместе с тем, если применение габаритных ПТМ при текущем обслуживании и ремонте зданий можно признать вполне оправданным, то использование их при авариях и других ЧС не всегда целесообразно в виду непредвиденных затрат времени на доставку личного состава и специальных технических средств большой и малой механизации к месту проведения работ ($t_{np} + t_{раз} + t_{зад}$). Связано это с трудностями движения и маневрирования по - существу на дорогах в черте современного города; их развертывания и задействования. Соответственно – с большими потерями времени на подготовительном этапе ведения работ, что требует специального обоснования при применении.

4.5. Применение специальных ПТМ для ведения СВР на базе автомобилей быстрого реагирования при оперативном выполнении работ по ликвидации последствий разрушений зданий

Проведенные исследования разрушений строительных конструкций зданий и сооружений позволили обосновать целесообразность применения специальных подъемно-транспортных машин (СПТМ) для ведения СВР, АВР, связанных с монтажом и демонтажем строительных конструкций и работ по спасению людей на высоте высотных зданий и зданий повышенной этажности. Малые габариты автомобилей быстрого реагирования, использование их негабаритных шасси дает возможность оперативно производить ремонтно-строительные и аварийно-восстановительные работы.

Приоритетность применения таких СПТМ определяется следующим:

- сокращение времени в пути следования спецподразделений к месту возникновения экстремальной ситуации в зданиях, расположенных, как правило, в городской черте застройки жилых массивов;
- оперативное развертывание устройств СПТМ и сокращение потерь времени при задействовании доставляемых средств малой механизации для выполняемых работ;
- адекватное соотношение грузоподъемности СПТМ с весогабаритными параметрами разрушенных во время аварий или ЧС элементов строительных конструкций, с учетом последствий от разрушений.

В связи с этим, при обосновании решения о выборе соответствующей СПТМ нами учитывались весогабаритные параметры используемых при строительстве конструктивных в сравнении с грузоподъемностью элементов, их ориентировочные размеры и вес после разрушения той или иной СПТМ.

4.5.1. Структурный синтез специальных подъемно-транспортных машин быстрого реагирования при ведении специальных видов работ по ликвидации последствий в разрушенных зданиях и сооружениях.

Анализ производимых работ по ликвидации последствий в разрушенных зданиях и сооружениях показал, что в ходе ведения работ особая роль отводится оперативности и правильности принимаемых решений, развертыванию сил и средств.

С учетом проведенных ранее исследований о закономерностях образования и расположения обломков строительных конструкций при авариях, их габаритов и массы возникла необходимость применения СПТМ на базе негабаритных шасси, что позволяет сократить время проведения работ и повысить безопасность их эффективного ведения. Поэтому для решения поставленных в диссертационном исследовании задач нами был выбран путь, основанный на структурном синтезе технических решений использования установки типа линемет «RESQUE – ИСТА – 100» (рис. 4.14) и высотного спасателя фирмы «ВАЛЕФЕЛЬД» (рис. 4.15)

Основные характерные особенности предложенного нами новой СПТМ-М (рис. 4.16) в ее конструкторском исполнении вытекают из поэтапных шагов задействования элементов механизации, которыми дооборудуется мобильное шасси (ЗИЛ-130), комплектуемого по примеру оснащения средствами малой механизации созданного АСК-МФ [112]:

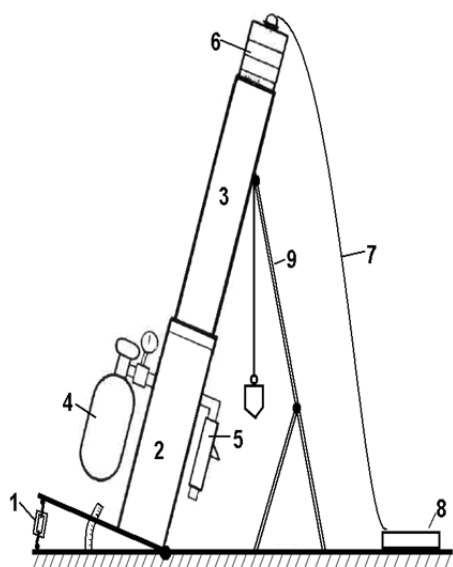
- подача пневмовыстрелом спасательного аварийного конца установкой типа «RESQUE – ИСТА – 100» в зону ЧС на требуемую высоту здания (рис. 4.14) способствует сокращению времени доставки сил и средств $t_{\text{дос}}$, за счет безопасной их доставки непосредственно к месту проведения РСР и РВР;
- применение в сочетании с использованием негабаритного шасси аварийно-спасательного комплекса «Братья Валефельд» (рис. 4.15), дает возможность ускорить операции по развертыванию и задействованию негабаритных СПТМ, то есть сократить потери времени $t_{\text{раз}}$, связанные с подготовкой сил и средств к ведению РВР, АВР и АСР;
- применение конструкции подъемно-транспортной лебедки, как это было предусмотрено в работе [113], предопределяет существенное уменьшение

материальных, силовых и энергетических затрат на создание подобных СПТМ и их использование при ведении работ;

- использование негабаритного мобильного шасси, например автомобиля КАМАЗ позволяет сократить затраты времени t_{np} , связанные с прибытием спецподразделения к месту возникновения аварии или другой ЧС, обеспечивая при этом оперативный выбор с помощью бортовой ЭВМ оптимальных маршрутов следования в черте городской застройки [Чапл];

Синтезируемая нами СПТМ-М (рис. 4.16) позволяет: производить монтаж, демонтаж конструкций, непосредственно спасать терпящих бедствие людей, оказавшихся в экстремальной ситуации на верхних этажах здания, организовать массовую их эвакуацию при помощи доставляемого к ним с помощью СПТМ спасательного рукава (рис. 4.17).

Таким образом, используя единую базу шасси автомобиля ЗИЛ-130 при применении устройства пневматического линемета «RESQVE-ИСТА-100» (рис. 4.14), который является спасательным средством предназначенным для подачи спасательного конца в зону эвакуации и имеет направляющий тяговый канат, одним концом закрепленный в требуемом месте, а другим – на наземном неподвижном предмете. Поэтому данное устройство позволяет производить доставку спасателей, инструментов, средств для ликвидации последствий в любую точку терпящего бедствие здания, сооружения.



- 1 – опорно-распорное устройство с нониусом указателя угла возвышения при пневмометании;
- 2 – рабочая камера установки с пневмоэлектродвигателем;
- 3 – рабочий ствол;
- 4 – баллон со сжатым воздухом, редуктором и манометром;
- 5 – рукоятка пуска при пневмометании;
- 6 – снаряд;
- 7 – шнур;
- 8 – вкладка для шнуров;

Рис. 4.14. Пневматический линемет «RESQVE – ИСТА - 100

Однако, как это отмечалось в разделе 1, линемет имеет недостатки, снижающие эффективность его обособленного применения. Его конструкцией не предусмотрено перемещение одновременно более одного человека, а принцип действия не позволяет обслуживать более одной зоны ведения работ, в том числе эвакуационных.

Одним из относительно приемлемых вариантов является мобильный «высотный спасатель», выпускаемый фирмой «Братья Валефельд» (Германия). На рис. 4.15 приведена схема и принцип его работы.

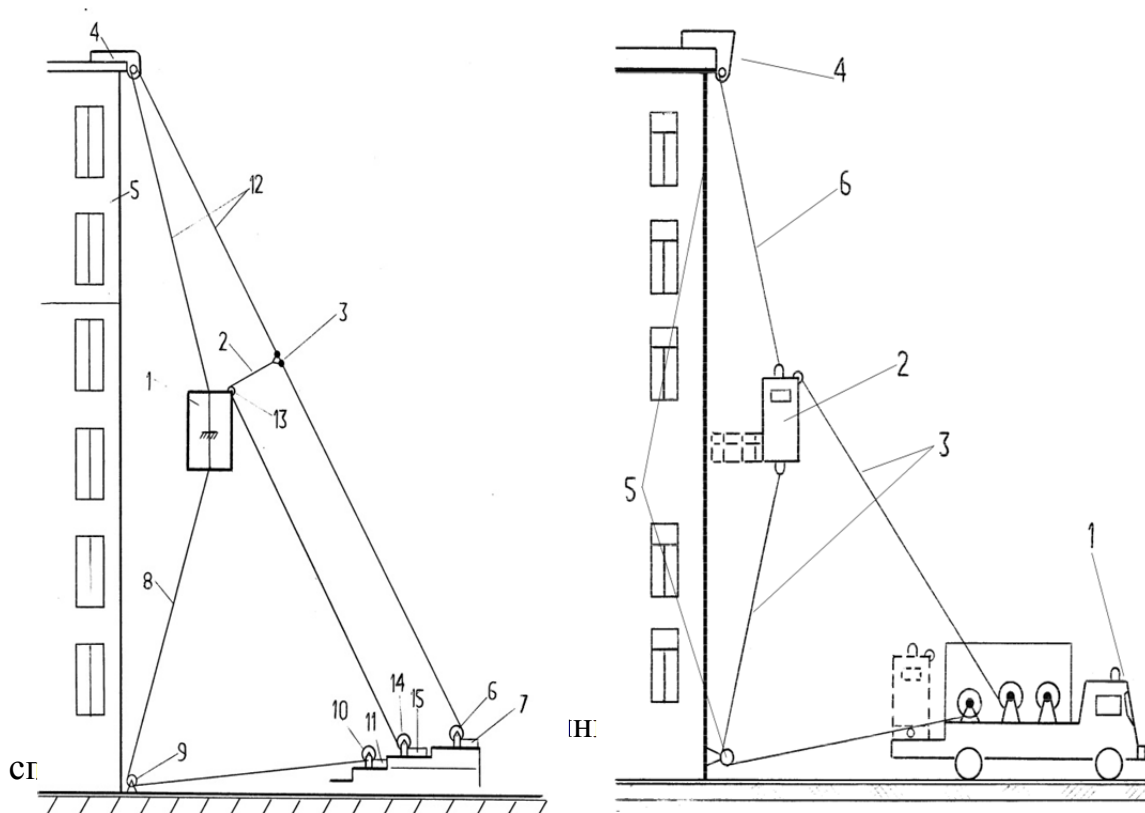


Рис. 4.15. Принцип работы мобильного высотного спасателя (Германия)

В задней части автомобиля 1 находится лифт 2, который с помощью подвесной канатной дороги 3 может подниматься на произвольную высоту (до 600 м). Для приведения в рабочее состояние «спасателя», как уже отмечалось, служит: силовой кронштейн поворотной блочной консоли 4 с тросом 5, предварительно заправленным и постоянно хранимым на объекте. Именно с их помощью осуществляется задействование подвесной канатной дороги — спасательной коммуникационной связи. С этой целью

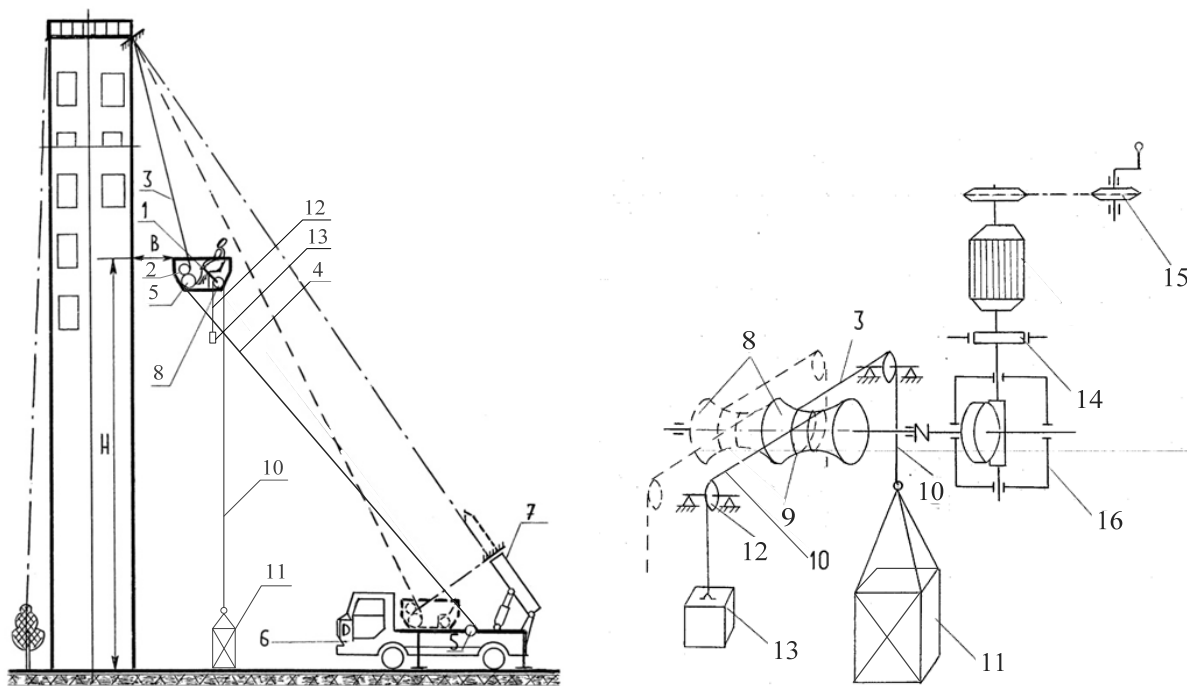
вспомогательный трос подсоединяется к тросовой системе подвесной канатной дороги, расположенной в кузове автомобиля. Тросовая канатная дорога замещает вспомогательный трос. И, наконец, по уже задействованной канатной дороге осуществляется перемещение спасательного лифта, вмещающего до 25 человек. Комплекс оснащен электронной следящей системой, обеспечивающей безопасность работ.

Однако в высотном спасателе фирмы «ВАЛЕФЕЛЬД» изначально заложены недостатки. Во-первых, данный комплекс позволяет обслуживать зоны только недалеко от вертикальной линии от места расположения кронштейнов на крыше здания до земли. Во-вторых, безусловно, необходимыми для обеспечения работоспособности комплекса являются выполнение требований к готовности консолей, блоков и вспомогательного троса, иначе спасательные работы вести не окажется возможным.

Нами поставлена задача улучшения тактико-технических показателей комплекса устройств для выполнения аварийно-восстановительных и ремонтно-строительных работ специального подъемно-транспортного мобильного средства модернизированного (СПТМ-М), повышения эффективности и безопасности работы с устройством.

Задача решается (рис. 4.16) за счет того, что тяговый канат 3, один конец которого служит для закрепления его на крыше здания, а другой связан с лебедкой 2, и два каната 4, управляющие пространственным положением корзины 1, связанные с блоком перераспределения управляющих усилий между ними 5, установлены в корзине 1. СПТИ-М сконструировано таким образом, что в корзине 1 дополнительно установлена специальная лебедка с барабаном 8, поверхность которого имеет форму гиперболоида вращения, при этом вторая лебедка 8 может быть задействована для подъема-спуска грузов, когда корзина 1 уже находится на некоторой высоте H и на безопасном расстоянии от здания B . Трос 9 второй лебедки 8 несколькими витками (двумя-тремя) навит на своем барабане так, что его грузовая («входная» по отношению к барабану второй лебедки 8)

ветвь 10 присоединена к грузовой кабине 11, а «выходная» ветвь 12 связана с противовесом 13 и свободно свисает с корзины 1, не касаясь земли. Кроме того при входе «входной» ветви троса 10 во вторую лебедку 8 на входном валу ее редуктора 16 имеется специальное тормозное устройство 14, которое при необходимости блокирует работу второй лебедки.



а) СПТМ-М на исходной и в работе

б) Схема работы второй лебедки

Рис. 4.16 Устройство СПТМ-М и схемы к использованию элементов малой механизации при его структурном синтезе

Устройство работает следующим образом. в линемет 7 вставляется "болванка" с прикрепленным концом тягового каната 3. Другой конец каната 3 навит на барабан типовой лебедки 2, расположенной вместе с корзиной 1 на транспортном средстве. Линемет 7 направляется в требуемом направлении и производится выстрел (на чертеже – штрихпунктирная линия). За время полета "болванки" тяговый канат 3 сматывается с барабана лебедки 2. В результате конец тягового каната 3 попадает в требуемое место, например, перелетает через здание и закрепляется на наземном неподвижно предмете.

Оперативный работник занимает место в корзине 1, включает лебедку 2, на барабан которой наматывается тяговый канат 3, и с помощью блока 5

(или дублера 5') регулируя перераспределение усилий между управляющими канатами 4, осуществляет подъем корзины 1 к заданной отметке Н.

Вторая лебедка со специальным барабаном 8, расположенная в корзине 1, «стравливает» первоначально не нагруженную грузовую ветвь троса 10, соединенную с грузовой кабиной 11, находящейся в определенном месте под загрузкой, а «выходная» ветвь троса 12 вместе с противовесом 13 и корзиной 1 при вращении барабана лебедки 2 оказываются на заданной высоте Н.

Далее дублер на земле загружает грузовую кабину 11 полезным грузом и «выбирает» до предела «слабину» грузовой ветви троса 10. Затем оперативник запускает двигатель или ручной движитель 15 и приводит во вращательное движение через редуктор 16 барабан второй лебедки 8. За счет сил трения трос второй лебедки 9, осуществляет подъем грузовой кабины 11 таким образом, что грузовая ветвь каната 10 укорачивается при подъеме (при спуске удлиняется), а свободная ветвь 12 с противовесом 13 удлиняется (при спуске укорачивается).

На рис. 4.16 изображен момент осмотра здания на заданной высоте Н и безопасном расстоянии В с помощью предлагаемого устройства.

На рис. 4.17 возможности использования СПТМ-М для доставки спасательного рукава терпящим бедствие людям на верхние этажи высотного здания.



Рис. 4.17. Пример доставки спасательного рукава к спасаемым

Таким образом, в результате проведенных исследований и синтеза ряда нетрадиционных подъемно-транспортных средств нами был предложен аварийно-высотный комплекс СПТМ-М на базе негабаритного шасси ЗИЛ-130, который позволяет эффективно и безопасно производить работы в разрушенных зданиях с учетом поставленных задач:

- доставка специальных подразделений в необходимые очаги ликвидации последствий;
- доставка инструментов, оборудования и технических средств для локализации аварий;
- доставка материалов и технических средств для восстановления, усиления конструкций в зданиях и сооружениях;
- спасания людей в высотных зданиях при возникновении аварий и ЧС.

Что касается ведения аварийно-спасательных работ на высоте, то здесь следует особо отметить вариант массового спасания людей с верхних этажей современных зданий и сооружений, с использованием специального спасательного рукава, который монтируется в оконечной точке развернутого

на требуемую высоту автоподъемника или какой другой ПТМ. При этом следует отметить, что произошедшие в Украине несколько смертельных случаев при ведении работ поставили под сомнение целесообразность их применения. В результате, в приказном порядке спасательные рукава были выведены из штатной комплектации оснащения автоподъемников, автолестниц и автомобилей быстрого реагирования.

Это связано с тем, что для указанных средств отсутствует научно-техническое обоснование их безопасного применения. Поэтому с учетом комплексного использования предложенной СПТМ-М для ведения специальных видов работ (аварийно-восстановительные, ремонтно-строительные, аварийно-спасательные) необходимо провести исследования и определить тактико-технические особенности их эффективного и безопасного применения.

4.7 Выводы по разделу 4

1. На основе проведенного моделирования колебательных процессов в конструкциях ПТМ установлены закономерности потери их устойчивости и возникновения опрокидывания с учетом фазовых траекторий колебательных процессов в критических режимах при эксплуатации оборудования, что позволяет прогнозировать при проектировании новых конструкций ПТМ с учетом безопасности их эксплуатации.

2. В результате проведенных исследований получены линеаризованные уравнения в первом приближении, которые позволяют оценить динамику состояния ПТМ (устойчива, не устойчива) с учетом экстремальных режимов работы.

3. На основании проведенного динамического моделирования дана оценка безопасности эксплуатации коленчатого автоподъемника АПП-30. Установлено, что при динамических возмущениях колебательной системы ($\varphi_{02} = 6^0$) данная ПТМ потенциально способна терять устойчивость. В связи с

чем данная машина (АПП-30) не была рекомендована к серийному производству на Новокраматорском машиностроительном заводе.

4. Для ведения работ с высотой развертывания до 55м при обеспечении устойчивости предложено проектное решение ГПТМ-55, предназначенной для ведения РСР, АВР и АСР в том числе для монтажа и демонтажа строительных конструкций с массой до 3-4 тонн. На полезную модель этой ПТМ получен патент Украины № 98839 «Пристрій для пожежно-рятувальних робіт на висотах будівель і споруд».

5. В результате проведенных исследований и структурного синтеза нетрадиционных ПТМ разработан аварийно-восстановительный комплекс СПТМ-М на базе негабаритного шасси автомобиля ЗИЛ-130, который позволяет эффективно и безопасно производить работы на высоте в высотных зданиях с учетом поставленных задач.

6. Проведенные исследования показали, что отсутствие тактико-технического обоснования к СПТМ-М не в полной мере способствует ее эффективному и безопасному применению.

Раздел 5

ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ РАБОТ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗРУШЕНИЯ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

5.1. Разработка тактико-технического обеспечения к применению СПТМ и СПТМ-М и достижение качественной целевой функции безопасного их использования

Исследования показали, что предложенные конструкции СПТМ и СПТМ-М являются устойчивыми, так как шасси используемого в них автомобиля не воспринимает существенных опрокидывающих усилий от работающих ее механизмов. Поэтому, в дальнейшем вопросы устойчивости нами не рассматривались, т.к. они здесь не имеют критического значения.

Вместе с тем, для обеспечения безопасности и эффективности применения установок типа СПТМ-М при ведении СВР в высотных зданиях и зданиях повышенной этажности возникает необходимость создания к ним тактико-технического обеспечения. В связи с чем, нами для практического использования СПТМ-М применена теория принятия оптимальных (рациональных) решений, элементы которой изложены в подразделе 2.2.

С учетом сказанного выражение (2.2) алгоритма построения тактико-технического обеспечения к СПТМ и СПТМ-М с качественной целевой функцией претерпевает упрощение. Поэтом согласно разработанной нами методики принятия оптимальных (рациональных) решений с применением ЭВМ руководитель специального подразделения руководствуется одношаговым алгоритмом (Рис. 2.3), где количество потенциально возможных исходов сокращается до двух (I_{+I} , I_{-I}). При этом система уравнений (2.2), на основании которой формируется критерий качества для

случаев ведения специальных видов работ на высоте с использованием машин СПТМ и СПТМ-М, запишутся:

$$I_k = \begin{cases} I_{+1}, & \text{если выбор альтернативы приводит к цели сразу} \\ & \text{или не ухудшает сложившейся ситуации } \mathbf{B}; \\ I_{-1}, & \text{если выбор альтернативы приводит к} \\ & \text{нежелательному (отрицательному) результату; } k = 1, 2. \end{cases} \quad (5.1)$$

Действительно, выражение (5.1) определяет тот качественный критерий задействования СПТМ или СПТМ-М при проведении СВР на высоте, где, исходя из ситуации \mathbf{B} , возможны только два исхода:

- контрольный груз с крепежным концом сможет попасть в требуемое место (на крышу здания или за здание) спасательный конец (канат) или же не сможет. Соответственно будем иметь математические значения качественных оценок: доставит – «+1» не доставит – «-1»; (Рис. 5.1).

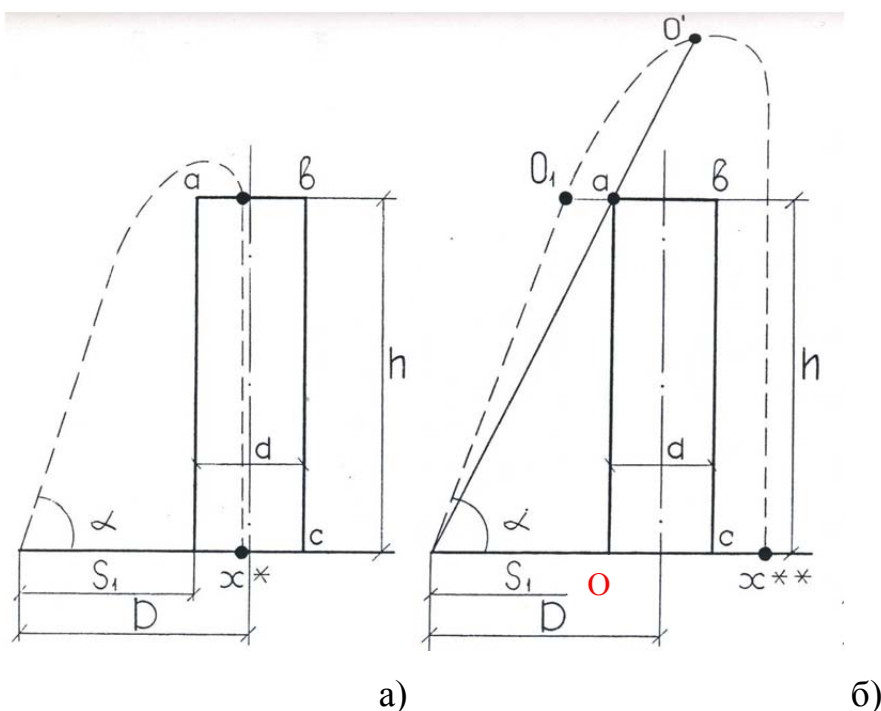


Рис. 5.1. Схемы подачи спасательного конца СПТМ-М для ведения работ:

- а) – контрольный груз доставляется на крышу здания, двигаясь по навесной траектории в необходимую зону; б) – контрольный груз с крепежным концом перелетает здание и крепится на земле за неподвижный предмет

Иллюстрацией факта готовности СПТМ-М к работе служит схема по заявке на патент Украины (Рис. 5.2), которая фактически объединяет оба случая реализации цели с позитивными исходами.

Конструктивные особенности и принцип работы СПТМ и СПТМ-М изложены в материалах заявки на патенты (Приложение В и Г).

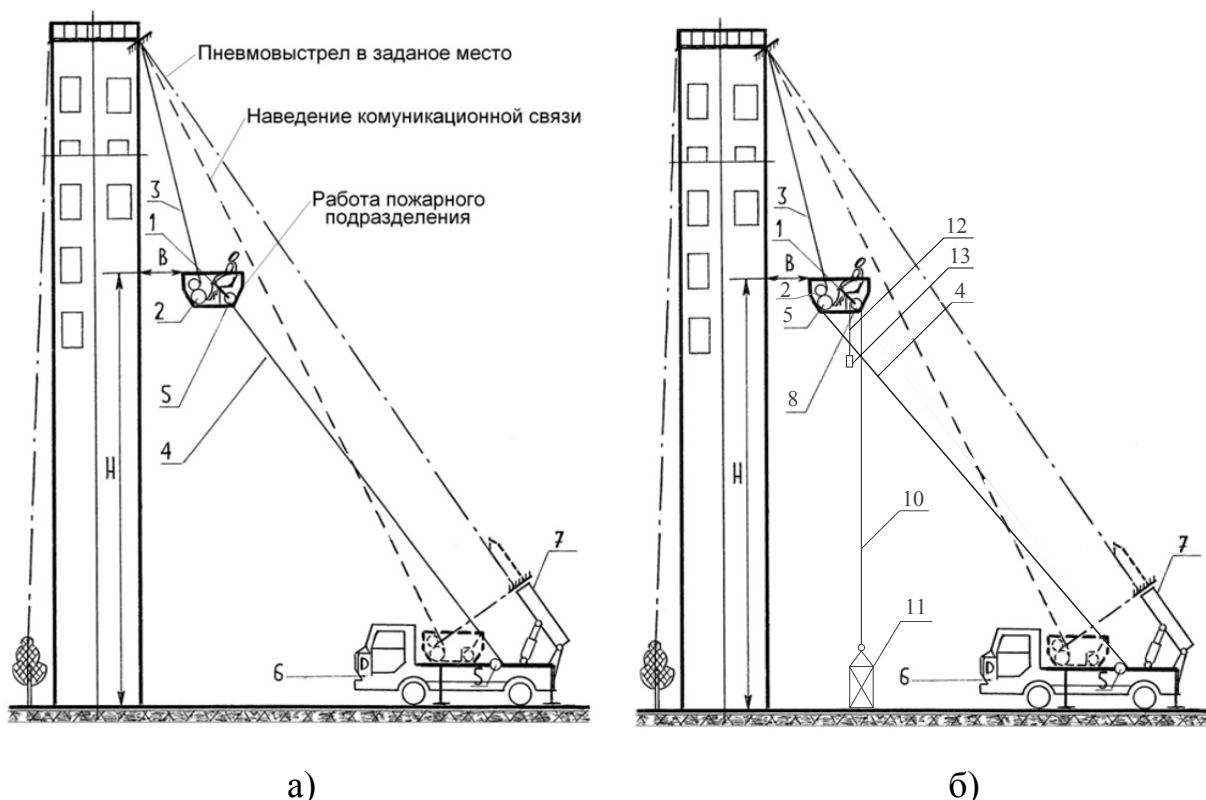


Рис. 5.2. Установки СПТМ (а) и СПТМ-М (б): а) – вариант задействования СПТМ; б) – вариант работы СПТМ-М

Как следует из рассмотрения алгоритма решения задачи анализа, альтернатив здесь бесконечное множество. Тем не менее, выражения вида (2.1 и 2.2) позволяют с помощью бортового РС получить полный список соотносящихся между собой координат положений контрольного груза в пространстве и параметра α – угла возвышения ствола линемета установок СПТМ и СПТМ-М над горизонтом, и выбрать требуемые оптимальные (рациональные) значения для ее попадания в точку целевого назначения.

Математически, эти тактико-технические задачи принятия решений в условиях определенности с качественной целью обобщенно могут быть описаны выражением:

$$\max K [\alpha, S_1, P, d, h, S_{\min}, \dots], \quad (5.2)$$

где K – качественная целевая функция, которая может принимать следующие значения с учетом обработки данных на ЭВМ:

- $K=1$, если цель достигнута.
- $K=0$, если цель не достигнута.

При этом рассматриваются управляемые и неуправляемые параметры задачи.

К числу неуправляемых параметров задачи относятся:

H – высота здания и d – его ширина вглубь здания; а также ландшафт окружения, связанный с наличием или отсутствием хозяйственных построек, стилобатных частей здания, высоких деревьев, воздушных линий электропередач и др.

Управляемыми переменными являются: P – давление в рабочей пневмокамере линемета установки, (Мпа); α – угол возвышения пневмометания «Болванки» с канатом, (град.); S_1 – расстояние от установки СПТМ или СПТМ-М до здания, м.

Неуправляемые параметры задаются конкретными величинами, а на управляемые переменные накладываются ограничения, например, как в нашем случае:

$$P = \text{const}; \quad 0 < \alpha < 89^\circ; \quad S_{10} < S_1 < S_{20}, \quad (5.3)$$

где P – давление в рабочей пневмокамере линемета установки; S_{10} – минимальное расстояние, на которое можно приблизить установку к фасаду здания, S_{20} – максимальное расстояние, на которое можно ее удалить от здания.

Ограничения (5.3) часто ситуационно обусловлены и связаны с упомянутым ландшафтом окружения. Вместе с тем, для каждого конкретного объекта зданий и сооружений, расположенных в районе, производится

заблаговременное уточнение специфических данных, дополняющих ограничения (5.3), и их вводит в базу данных бортового РС.

Тактико-техническая задача принятия рациональных (оптимальных) решений при проведении РВР, АСР и РВР в высотных зданиях и сооружениях была сформулирована на основании проведенных исследований.

5.2 Теоретическое обоснование применения СПТМ и СПТМ-М для доставки контрольного груза с тросом на крышу здания

При ведении аварийных работ на крыше здания (задаче 1) дополнительное ограничение будет связано с тем, что контрольный груз не только должен оказаться на крыше (рис. 5.1,а), но и не должен попасть в зону, отстоящую вглубь от передней стены на расстояние не менее некоторого наперед заданного L_1 (ширина и высота парапета крыши, что бы исключить возможность "соскальзывания" контрольного груза с тросом обратно на землю) с учетом установленной точки доставки контрольного груза:

$$X'-S, = L_1. \quad (5.4)$$

Поэтому с учетом дополнительных ограничений после обработки данных принимается решение о месте расположения установки и определяется необходимый угол возвышения по отношению к горизонту.

На основе проведенных исследований было получено множество решений этой тактической задачи для типового 12-этажного здания с высотой 36 м. (рис. 5.3 и табл. 5.1)

Проведенные исследования показали, что для безопасного ведения работ необходимо провести обоснованный выбор оперативных данных о ЧС (устанавливается наличие людей на крыше здания, собирается информация о его этажности, метеоусловиях, геометрических характеристиках и других управляемых и неуправляемых параметрах задачи).

Далее, на местном ландшафте выбирается позиция для СПТМ или СПТМ-М – определяется приемлемое значение дистанции St – и уже на основании последнего задается соответствующий угол пневмометания α . Если такого значения угла в табл. 5.1 (или на рис. 5.3) не существует, то в этом случае расстояние от здания до места расположения установки корректируется с учетом реальных условий местности. На языке теории принятия решений этот математический прием называется свертыванием вектора варьируемых параметров в скаляр [71].

Можно предложить и другой способ представления результатов решения задачи 1 и соответственно другой путь их обработки. Имеется в виду построение номограмм на основе расчетных данных (Рис. 5.3). В этом случае при разработке конкретного вида таблиц и номограмм следует стремиться к тому, чтобы пользование ими было максимально простым и не требовало специальной подготовки, что в практике работы спецподразделений наиболее ценно. (Аналогичные номограммы разрабатываются и для других координат точек, при иных соотношениях параметров St и α°).

Так, например, при пожаре в нижних или средних этажах здания произошло обрушение, а терпящие бедствие люди, повинуясь инстинкту, сосредоточились на крыше здания. Соответственно возникла необходимость забросить контрольный груз со спасательным концом на крышу здания, где потерпевшие ожидают помощи. (Требуется подача огнетушащих веществ с огнетушителями, одежды и других средств защиты.)

Согласно типовой задаче 1, характерной особенностью здесь является то обстоятельство, что здание может иметь стилобатную часть, выступающую

перед ним, например, на 10 м. В связи указанным естественным ограничением нет возможности расположить установку ближе, чем на расстоянии $S_{10} = 10$ м. Кроме этого, ближайшие постройки около здания не дают возможности расположить установку дальше, чем на расстоянии $S_{20} = 50$ м.

Поэтому в результате исследований (таблица 5.1), и номограмма (рис. 5.3) установлен диапазон допустимых углов наклона установки к горизонту:

$$65^\circ < \alpha < 70^\circ \quad (5.5)$$

Соответственно диапазон расстояний St здесь будет:

$$10 \text{ м} < St < 20 \text{ м}. \quad (5.6)$$

Таким образом, руководитель работ может принять оптимальное (рациональное) решение о применении СПТМ или СПТМ-М с учетом исходных параметров. При этом, должна быть обеспечена безопасность выполнения работ с учетом наличия линий электропередач, наличия вблизи других объектов и т.д. Для этого удобно установить СПТМ или СПТМ-М так, чтобы вписаться в конкретную дистанцию 14 м. от стены здания. Тогда, как следует из таблицы 5.1 или номограммы рис. 5.3, оптимальный (рациональный) угол наклона будет равен 64° .

Для полноты изложения, в дополнение к алгоритму компьютерного решения типовой задачи 1 (см. рис. 2.3), опишем правила пользования номограммой (рис. 5.3) в этой задаче.

Пусть, исходя из диапазона допустимых значений S_1 , выбирается нужное (то же самое значение $S_1 = 14$ м.). Проведя на номограмме вертикаль MN , определим точку Q – точку пересечения этой прямой с графиком зависимости оптимального угла наклона, как функции расстояния S_1 . Эта точка дает искомый угол α . Соответственно получаем тот же результат: $\alpha = 64^\circ$.

Подчеркнем важную особенность рассматриваемых тактических задач принятия решений. Выбор значений расстояния S_1 и угла наклона установки α не единственен еще и потому, что в подавляющем большинстве случаев не

так важно, чтобы контрольный груз со спасательным концом упал как можно ближе к парапету крыши здания. Вполне достаточно, чтобы она упала вместе со спасательным концом в любой точке, но обязательно на крыше здания. Соответственно, диапазон решений, из которых выбирает руководитель спецподразделения, значительно шире. Эта неоднозначность решения весьма важна с точки зрения практики работы спецподразделений [79-80]. Множество всех допустимых решений, обеспечивающих падение снаряда на крышу здания, представлено на рис. 5.4.

При возникновении аварий или других ЧС, когда по каким-либо причинам (обрушения, высокая температура, задымленность и т.п.) какие-то участки крыши не доступны для сосредоточения людей. Поэтому крепление спасательного конца каната на этих участках невозможно, а метание «Болванки» на эти участки нецелесообразно.

С учетом таких обстоятельств и, не предъявляя особых требований к точности строго решения задачи поиска оптимальной тактики, с помощью номограммы (рис. 5.4) удастся графически сразу отыскать искомые параметры. А именно.

Как и ранее, установка находится на расстоянии S_{10} от стены здания. На рис 5.4 проведем через точку S_1 вертикаль KN . Требуется, чтобы были равны расстояния: $L_1=L_{10}$, причем L_{10} известно.

Аналогично, исходя из реальной ширины здания (на графике представлено в относительных единицах) проводим горизонтальную прямую $M'N'$.

большее число графиков ухудшает восприятие информации. В то же время номограмма, составленная для одного конкретного типа зданий, дает результат практически сразу.

На наш взгляд, целесообразно совмещать оба эти подхода. Необходимо иметь номограммы для всех типов зданий различной этажности, ширины вглубь здания, высоты, пользование которыми удобно на конкретных объектах. В то же время в условиях профилактической работы специальных подразделений, при составлении планов и карточек ликвидации ЧС [81] необходимо составлять таблицы типа таблицы 4.1, позволяющие обрабатывать большее количество информации, вследствие чего производить пополнение базы данных, которые могут быть использованы при ликвидации ЧС.

5.3. Обоснование применения установок СПТМ и СПТМ-М для пневмометания контрольного груза с канатом через здание с его заделкой на земле

Здесь, в задаче 2 дополнительное ограничение связано с другим обстоятельством. контрольный груз должна перелететь через здание и упасть на поверхность земли за ним.

Для того, чтобы контрольный груз перелетела через здание и упала за ним на поверхность земли достаточно, чтобы отрезок (OO') был больше или равен сумме отрезков (ab) и (bc) – рис. 5.1,а. То есть

$$(OO') \geq (ab) + (bc). \quad (5.8)$$

Здесь O' - точка траектории, в которой контрольный груз находится на максимальной высоте.

Другими словами, в задаче 2 требуется доставить снаряд в точку X'' за зданием, и решение этой задачи опять-таки получается с учетом (5.2), ограничений (5.3) и (5.8).

Поступая аналогично рассмотренному ранее случаю, обобщим и здесь результаты решения тактической задачи 2 в форме, позволяющей быстро определить оптимальные (рациональные) характеристики для СПТМ.

С формальной точки зрения, обобщить результаты решения задачи 2 несколько проще, чем задачи 1. В этом случае пользователю выводится информация только об одной характеристике – упадет снаряд на поверхность земли за зданием или нет. Причем не требуется какой-либо дополнительной информации, например, о месте расположения точки падения снаряда в пространстве или его траектории. В подобных случаях целесообразно представить результаты в виде двоичной таблицы (таблица 5.2)

Таблица 5.2

Результаты решения задачи пневмометания через здание

α^0		55	60	65	70	75	80	85	89
Расстояние (м)	10	0	0	1	1	1	1	1	1
	12	0	0	1	1	1	1	1	0
	14	1	1	1	1	1	1	1	0
	16	1	1	1	1	1	1	0	0
	18	1	1	1	1	0	0	0	0
	20	1	1	0	0	0	0	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0
	26	0	0	0	0	0	0	0	0

Примечание. Таблица приведенных результатов относится к тактике использования СПТМ или СПТМ-М для 12-этажного жилого здания.

Проанализируем полученные результаты.

Для больших углов наклона установки к горизонту, близких к 90° , диапазон «успешных» пневмовыстрелов, позволяющих достичь желаемого исхода, очевидно, будет меньшим. Действительно, установку в этих случаях следует располагать, по возможности, ближе к зданию (есть оптимум), иначе контрольный груз упадет на крышу или на поверхность земли перед зданием. С другой стороны, слишком малые углы наклона установки к горизонту

приведут к тому, что снаряд не перелетит через здание, а «врежется» в стену здания.

На основе проделанных исследований была построена номограмма (рис.5.5). Величины таблицы 5.2, заданные построчно, отложим на номограмме по горизонтали, сохранив их смысловое значение (углы наклона установки к горизонту). По вертикали номограммы отложим расстояние S_1 .

Заштрихованные области полученной номограммы соответствуют нежелательным исходам и ограничивают допустимые значения параметров работы СПТМ или СПТМ-М при принятии решения для задачи 2. Теперь понятно, что оператору (не обязательно с высоким уровнем квалификации) удобнее пользоваться номограммой. После оценки обстановки в процессе разведки ЧС и при наличии номограммы типа рис. 5.5 принятие ошибочного решения практически исключено.

С точки зрения формальной логики, для рассмотренной задачи графический и табличный способы выдачи результатов эквивалентны, и именно потому, что выходная информация выводится в дискретной форме (достигнут желаемый результат – «+1», результат нежелательный – «-1»).

Принципиально процедуру поиска оптимальных (рациональных) характеристик расположения СПТМ-М можно автоматизировать с помощью бортового компьютера. Для этого требуется разработать соответствующее программное обеспечение, с использованием численных методов [114]. В этом случае входными данными программы будет информация о возможном месте расположения установки (S_1), а выходными – угол наклона ее к горизонту (α). Соответствующая номограмма реализации такого подхода представлена на рис. 5.5, где заштрихованная область отвечает нежелательным соотношениям S_1 и α . Все другие рациональные решения задачи 2 лежат внутри заштрихованной области.

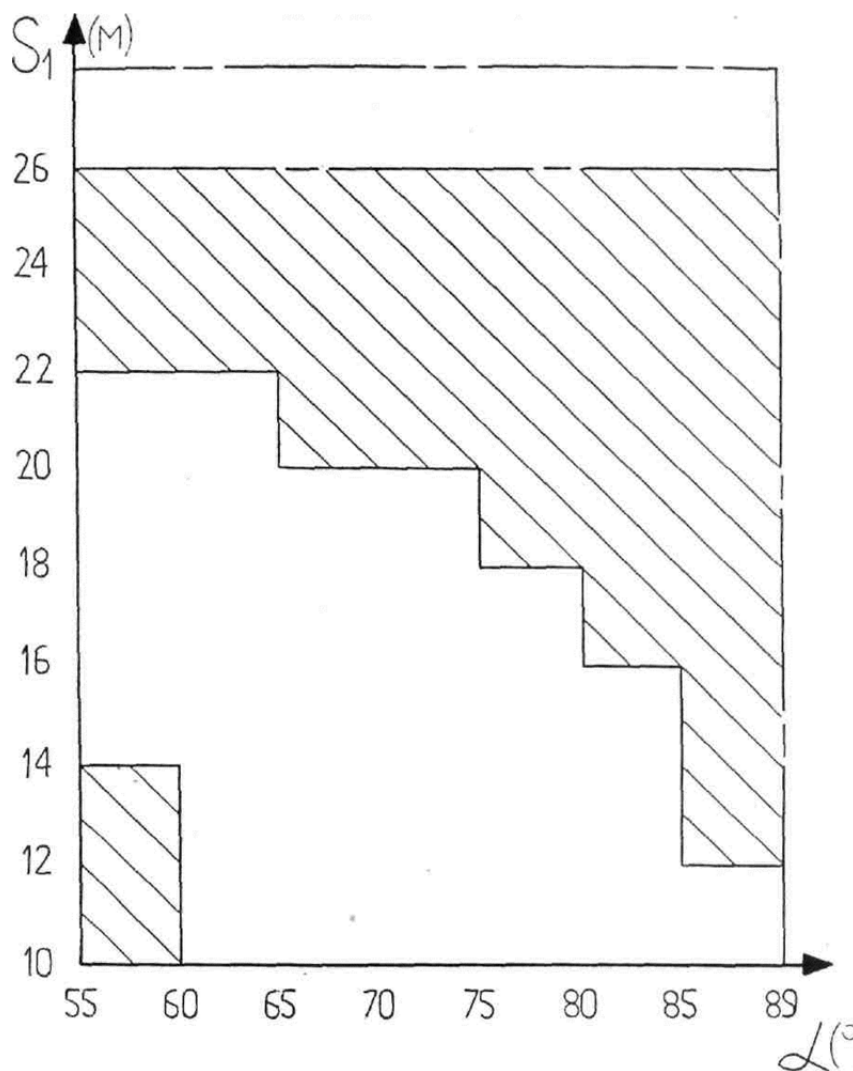


Рис. 5.5. Номограмма к задаче 2 пневмометания контрольного груза со спасательным концом на поверхность земли через здание

Рассмотрим реализацию задачи о перебрасывании контрольного груза со спасательным концом троса со спасательным концом через здание с точки зрения получения оптимального ее решения.

На основе экспериментальных данных апробации установки СПТМ-М в этом случае следует иметь расчетные семейства траекторий движений снаряда с канатом, и использовать их аппроксимации, получаемые различными методами баллистики. Например, применяя полиномы Лагранжа третьей степени [115]. Одна из таких траекторий приведена на рис. 5.6.

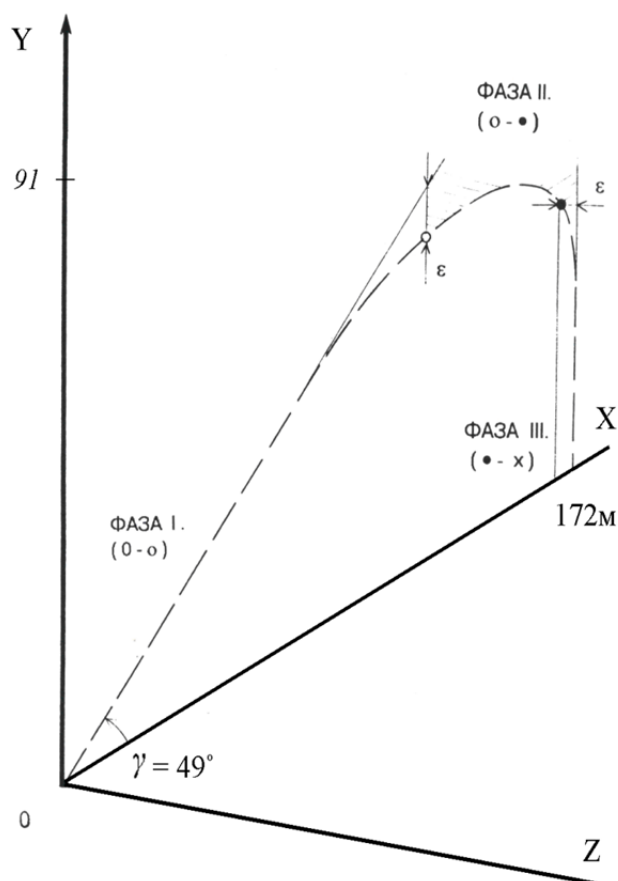


Рис. 5.6. Параболическая траектория движения контрольного груза при пневмометании установкой СПТМ-М

Наивысшая точка траектории определится дифференцированием уравнения, определяющего траекторию движения контрольного груза со спасательным концом в системе координат OXYZ в явном виде (Рис. 5.6):

$$dY/dX = 0, \quad (5.9)$$

Конкретнее

$$3*AX^2 + 2*BХ + C = 0, \quad (5.10)$$

где А, В, С – суть коэффициенты параболической траектории, приведенные в работе [116].

Выражение (5.10) является квадратным уравнением относительно X и может быть решено аналитически, а, следовательно, также аналитически определяется величина расстояния до высшей точки траектории 0' (см. рис. 5.1,б).

Контрольный груз перелетит через здание, если $(ab) + (bc) < (OO')$.
 Величина (O_1O') определяется соотношением:

$$(OO') = ((X-X')^2 + (Y(X)-Y')^2)^{1/2}. \quad (5.11)$$

Результаты вычислений сведены в таблицу 5.3.

Таблица 5.3

Результаты расчетов процесса пневмометания при необходимости переброски спасательного конца через здание

Опыт №	Угол α°	Высота $(0,0')$
1	55	30.1
2	60	38.2
3	65	41.5
4	70	37.0
5	75	26.0
6	80	21.1
7	85	18.0
8	89	16.0

Из таблицы 5.3 видно, что оптимальное значение угла возвышения равно 65° .

Проанализируем этот результат. Очевидно, что оптимальное значение угла наклона в задаче 2 должно быть меньше, чем в задаче 1. В самом деле, в первом случае необходимо только забросить на крышу контрольный груз, во втором же он должна перелететь через здание, поэтому горизонтальная компонента его начальной скорости должна быть большей, и, следовательно, угол возвышения установки при прочих «равных» должен быть меньшим, что и было подтверждено расчетами.

Заметим, что при малом угле возвышения контрольный груз не перелетит через высотное здание, а на своем пути может встретить преграду в виде стены здания.

Сказанное относится к двенадцатиэтажному типовому жилому зданию и ему аналогичным, которые не имеют стилобатных выступающих частей. Вместе с тем разработанная методика позволяет предложить рациональную тактику использования СПТМ и СПТМ-М для работы при авариях и других ЧС в многоэтажных зданиях и сооружениях. Однако для решения таких задач в случае более высоких зданий мощность установки следует увеличить за счет увеличения рабочего давления в рабочей пневмокамере. Соотношение масс «Болванки» и каната целесообразно оставить без изменений, что и было выполнено согласно выводам и рекомендациям настоящей работы при создании опытного образца СПТМ-М.

Решая задачу разработки рациональной тактики ведения СВР в высотных зданиях и зданиях повышенной этажности с учетом ограничений, связанных со стилобатом, попутно можно определить допустимые габариты стилобатной части для вновь проектируемых зданий. Кроме этого, при проектировании застройки микрорайонов высотными зданиями и зданиями повышенной этажности условие вида (5.3) дает возможность предложить рациональные значения расстояний между зданиями с точки зрения безопасности ведения работ.

5.4 Выводы по разделу 5

1. На основе проведенных исследований установлены закономерности доставки необходимых грузов с учетом технических характеристик установок СПТМ и СПТМ-М, их расположения относительно объекта, что позволяет с применением программного обеспечения руководителю работ принимать оптимальные (рациональные) решения при ликвидации экстремальных ситуаций с разрушением строительных конструкций, зданий и сооружений.

Сформулированы задачи по применению СПТМ и СПТМ-М, основанные на использовании двух тактических приемов пневмометания контрольного груза с тросом: задача 1 – метание на крышу аварийного

здания; задача 2 – через здание наводкой. Предложено и выполнено обобщенное представление полученных результатов для принятия решений в двух формах: табличной и в виде номограмм.

2 В результате обобщения полученных теоретических и экспериментальных результатов построены номограммы, что позволяет на практике задействовать СПТМ и СПТМ-М при ведении специальных видов АВР, РВР и АСР.

Даны практические рекомендации по применению таблиц и номограмм задействования СПТМ и СПТМ-М в оперативно-тактической обстановке ЧС в высотных зданиях и зданиях повышенной этажности.

3. Впервые разработано тактико-техническое обеспечение применения СПТМ и СПТМ-М с учетом эффективности и безопасности их применения.

Доказано, что при решении задач принятия решения об оптимальном (рациональном) использовании установки СПТМ и СПТМ-М особое место занимают естественные ограничения, обусловленные рельефом местности, наличием построек и соседних зданий, высоких деревьев, линий электропередач.

4. Разработанные рекомендации и тактико-техническое обеспечение применения нетрадиционных грузоподъемных машин при ликвидации последствий, связанных с разрушением строительных конструкций, зданий и сооружений.

Отмечена возможность использования результатов работы при проектировании отдельных зданий повышенной этажности, содержащих стилобатные части.

5. Проведенные опытно-промышленные испытания ряда технических средств при проведении комплексных учений позволили сократить время, обеспечить оперативность в непредвиденных обстоятельствах при ликвидации последствий на разрушенных объектах.

Даны практические рекомендации по применению таблиц и номограмм задействования СПТМ и СПТМ-М в оперативно- тактической обстановке

аварий и других ЧС, в том числе и при тушении пожаров в зданиях повышенной этажности.

6. Материалы диссертации внедрены как руководящие документы в управлении ГСЧС Украины в Харьковской области (Приложение Д).

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

В диссертационной работе дано теоретическое обобщение и новое решение актуальной научно-прикладной задачи повышения безопасности и эффективности выполнения специальных видов работ по ликвидации последствий обрушения строительных конструкций, заключается в следующем.

1. Проведен анализ ведения специальных видов строительных работ в экстремальных ситуациях, связанных с обрушением строительных конструкций зданий и сооружений, показал, что они не всегда отвечают требованиям безопасности и эффективности; требуется совершенствование технических средств и научное обоснование тактико-технического обеспечения их применения.

2. Выполнено научное и практическое обоснование с использованием теории принятия решений и разработан алгоритм принятия решений по повышению безопасности проведения специальных видов работ в экстремальных ситуациях.

3. На основе проведенных исследований установлена закономерность возможных разрушений строительных конструкций, что позволяет прогнозировать виды технических средств при проведении специальных видов работ по ликвидации ситуаций, связанных с обрушением зданий.

4. Проведено моделирование колебательных процессов конструкций подъемно – транспортных машин (автовышки, подъемники) и установлена закономерность потери устойчивости и граничные условия возможного опрокидывания, что позволяет прогнозировать их безопасную эксплуатацию в экстремальных ситуациях.

5. Проведен выбор технических средств для ведения специальных видов работ при обрушении строительных конструкций жилых зданий и разработано научно – техническое обоснование их применения с учетом безопасности.

6. Предложено проектное решение подъемно-транспортной машины (ГПТМ – 55) с учетом обеспечения ее устойчивости, предназначенной для ведения ремонтно-восстановительных, ремонтно-строительных работ при обрушении строительных конструкций. На подъемно – транспортную машину получен патент на полезную модель (Патент №98839 «Устройство для пожаро - спасательных работ на высотах зданий и сооружений»).

7. На основе синтеза ряда нетрадиционных подъемно-транспортных машин разработан аварийно – восстановительный комплекс на базе малогабаритного шасси автомобиля ЗИЛ-130, который позволяет безопасно и эффективно выполнять работы на высоте на высотных зданиях с учетом поставленных задач.

8. Проведенное моделирование по принятию оптимальных (рациональных) решений позволило повысить безопасность ведения работ за счет применения броневой защиты в новой мобильной машине ИМ-8х. Применение в ней фильтровентиляционной системы, позволяет в очаге высоких температур обеспечить выполнение работ спецподразделениям без индивидуальных средств защиты органов дыхания.

9. Проведенные комплексные учения, как элемент физического моделирования, позволили оценить безопасность и эффективность принимаемых решений при ликвидации ЧС. Это дало возможность повысить безопасность и эффективность оперативных действий за счет сокращения расходов на проведение специального вида работ при локализации и ликвидации ЧС, сократить материальный ущерб на нефтебазе №1 ОАО «Харьковоблнефтепродукт» на 25% за счет сокращения времени проведения работ по ликвидации ЧС на 10%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конституция Украины: Принята на 5-ой Сессии Верховного Совета Украины 20 июля 1996 г., Днепропетровск: Пороги, 1996. – 47 с.
2. Закон Украины «Про охорону праці» от 21. 11.2002 г.
3. Законодавство України про охорону праці. У 4-х томах. – Київ: Основа, 1995.
4. Информационный выпуск МОТ. / Бюро МОТ – Информационный выпуск в электронном виде: Киев, 2015.
5. Библиотека безопасного труда МОТ. / Бюллетень ВОЗ. Специальный выпуск № 2. ЮНЕСКО: Женева, 2014.
6. Постановление Кабинета министров Украины «Про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру» от 03.08.2003 г. № 1198.
7. Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI (Редакція станом на 01.07.2013). Кодекс Цивільного захисту України.
8. Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій затверджений наказом комітету з держнагляду охорони праці от від 17.06.1999 № 112.
9. Правила улаштування, експлуатації та технічного обслуговування систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у випадку їх виникнення затверджений наказом МНС України № 288 від 15.05.2006 р.
10. Державний класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019-2001, затверджений наказом Держстандарту України от 19.11.2001 р. № 552.
11. Беликов А.С. Основы охраны труда: Учебник для студентов ВУЗ. / А.С. Беликов, Е.В. Рабич, Н.Ю. Шлыков // Под ред. А.С. Беликова. – Днепропетровск: Изд. Свидлер А.Л., 2006. – 461 с.

12. Аветисян В.Г. Рятувальні роботи під час ліквідації надзвичайних ситуацій: Посібник / Аветисян В.Г., Адаменко М.І., Александров В.Л. та інш. – К.: Основа, 2006. – 240 с.

13. Горбунов С.В. Безопасность спасательных работ: Учебник / С.В. Горбунов, В.С. Федорук, Т.В. Федотова, А.А.Шаляпин. – Новогорск: АГЗ МЧС Россия, 2005. – 159 с.

14. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: Підручник /В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, О.В. Мельников. – Львів: Афіша, 2001. – 349 с.

15. Крылов А.Н. Пособие по противопожарной службе гражданской обороны / А.Н. Крылов, В.Г. Юхименко. – М.: Стройиздат, 1974. – 138 с.

16. Матеріали підсумкової наради за результатами функціонування Єдиної державної системи цивільного захисту населення і територій та роботи ДСНС України. Київ, 2014 р.

17. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Учебное пособие в 3-х книгах. Книга 1. / В. А. Котляревский, К. Е. Кочетков, А. А. Носач, А. В. Забегаев и др. – М.: Изд-во АСВ, 1995. – 320 с.

18. Болотских М. В. Научные основы эффективного предупреждения и борьбы с чрезвычайными ситуациями и стихийными бедствиями / [М. В. Болотских, М. В. Орешкин, П. В. Шелихов, Е. П. Луганцев]. - Луганск: ЛНАУ, 2004. - 35 с.

19. Добромислов А. Н. Анализ аварий промышленных зданий и инженерных сооружений // Промышленное строительство. – 1990. - № 9. - С. 9-10.

20. Марков А. И. Аварии зданий и сооружений / А. И. Марков, М. А. Маркова. – Запорожье : ООО “НАСТРОЙ”, 2008. – 84 с.

21. Characterization of building-related construction and demolition debris in the United States/The U.S. Environmental Protection Agency Municipal and Industrial Solid Waste Division - June 1998.

22. Debra R. Reinhart, Philip T. McCreanor Disaster Debris Management – Planning Tools // FINAL REPORT. US Environmental Protection Agency Region IV September 24, 1999.

23. Furcas, Carla. Construction & Demolition debris management for sustainable reconstruction after disasters: Italian case studies// Journal of Environmental Science and Engineering B 07/2012; 1(7):865-873.

24. Файвусович А. С. О некоторых уроках аварий / А. С Файвусович. и др. / Будівельні конструкції. – К.,1999, вып. 51– С. 54-59.

25. Хэммонд Р. Аварии зданий и сооружений. Причины и уроки аварий современных сооружений различных типов / Ролт Хэммонд Р; перев. с англ. В. К. Житомирского. - М. : Госстройиздат,1960. – 188 с.

26. American Society of Civil Engineers (ASCE). Civil Engineering Body of Knowledge for the 21st Century Preparing the Civil Engineer for the Future (2nd Edition). Reston, VA, 2008.

27. McConnell, C. W., Gloeckner, G., & Gilley, J. (2006). "Predictors of Work Injuries: A Quantitative Exploration of Level of English Proficiency as a Predictor of Work Injuries in the Construction Industry." International Journal of Construction Education and Research, 2(3).

28. Боровский Б. Техногенные аварии в системах газоснабжения и их предупреждение / Б. Боровский, Е. Лапина Е. // Motrol. – 2009. – № 11А. - С. 120-122.

29. Мірошніченко М. Вибух газу – “це урок, який повинна засвоїти держава” / М. Мірошніченко // Надзвичайна ситуація. - 2007. - № 10. – С. 8-15.

30. Трагічний вибух у Євпаторії // Надзвичайна ситуація. - 2009. - № 1. – С. 8-15.

31. Удовик И. М. Повышение чувствительности анализа изображений земной поверхности на основе сочетания методов нечеткой и нейросетевой сегментации. // Науковий вісник національного гірничого університету. –Д.: НГУ, 2012. – № 7.– С. 113-117.

32. Benediktsson J.A., Pesaresi M., Amason K. Classification and feature extraction for remote sensing images from urban areas based on morphological transformations. – Iceland: Geoscience and Remote Sensing, 2003. – P. 1940 - 1949.

33. Центр новостей ООН / Архив новостей ООН в Интернете.

34. Баринов А. В. Чрезвычайные ситуации природного характера и защита от них. Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. В. Баринов. - М. : Изд. ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. - 496 с.

35. Казаков Б. Організація та проведення аварійно-рятувальних робіт на житлових будівлях і спорудах / Б. Казаков, Е. Чадов // Надзвичайна ситуація. – 2007. – № 6. – С. 44–49.

36. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту / Офіційний вісник України. – 2012. – № 51.– 2043 с.

37. Чумак С. П. Основы разработки технологии и управления процессами аварийно-спасательных работ при разрушениях зданий и сооружений // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. - М.: ВИНТИ. - 2008. - Вып. 4. - С. 55-62.

38. Чаплыгин А.С. Мониторинг чрезвычайных ситуаций в Украине за 2010 год и их анализ / А.С. Чаплыгин // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. Вып. 62. – Днепропетровск, ПГАСА, 2011. – С. 361-365.

39. Беликов А.С. Теория принятия решений при проведении аварийно-спасательных работ / Беликов А.С., Касьян А.И., Капленко Г.Г. и др. // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. Вып. 49. – Днепропетровск, ПГАСА, 2009. – С. 5 – 10.

40. Єсипенко А. Д. Наукові основи забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель та споруд : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.23.08 / А. Д. Єсипенко. – Д., 2007. – 40 с.

41. Кодекс цивільного захисту України / Відомості Верховної Ради, 2013 – № 34-35. – С. 458.
42. Колосков В. Н. Разборка жилых зданий и переработка их конструкций и материалов для повторного использования / В. Н. Колосков, П. П. Олейник, Ф. А. Тихонов. – М. : Изд-во Ассоциации строительных ВУЗов, 2004. – 200 с.
43. Тараканов Н. Д. Комплексная механизация спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ / Н. Д. Тараканов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 303 с.
44. Котляревский В.А. Аварии и катастрофы: Учебное пособие для вузов / В.А. Котляревский. – М.: Издательство ассоциации строительных ВУЗов, 2003. – 405 с.
45. Шкинев А.Н. Аварии в строительстве / А.Н. Шкинев. – М.: Стройиздат, 1984. – 238 с.
46. Каммерер Ю.Ю. Аварийные работы в очагах поражения / Ю.Ю. Каммерер, А.Е. Харкевич. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
47. Федорук В.С. Безопасность ведения спасательных работ при ЧС техногенного характера: Учебное пособие / В.С. Федорук, А.И. Рябшев, К.Б. Тикунов. – Новогорск.: АГЗ МЧС Россия, 2000. – 121 с.
48. Гогіташвілі Г.Г Охорона праці на підприємствах промисловості будівельних матеріалів: Навчальний посібник / Г.Г. Гогіташвілі. – К.: ІСДО, 1993. – 252 с.
50. Фураев М.С. Техника безопасности при разборке зданий и сооружений / М.С. Фураев. – М.: Стройиздат, 1971. – 237 с.
51. Голов Г. И. Демонтажные работы при реконструкции зданий / Голов Г. И. – М. : Стройиздат. – 1990. – 143 с.
52. Brickner, Robert. "Overview of C&D Debris Recycling Plants." C&D Debris Recycling. January/February 1997.
53. Brown, C., Milke, M. & Seville, E., 2011. Implementing a disaster recovery programme: a demolition and debris management perspective.

International Conference on Building Resilience, July 2011, Kandalama, Sri Lanka.

54. Davis, J. & Lambert, R., 2002. Engineering in Emergencies: A practical guide for relief workers, ITDG Publishing.

55. Адаменко М.І. Аварійно-рятувальні та аварійно-відбудовні роботи / М.І. Адаменко, О.В. Галета, І.Б. Федю. –Х.: Харківська друкарня № 16, 2002. – 65 с.

56. Стрелец В.М. Пути повышения эффективности аварийно-спасательных работ / В.М. Стрелец // Материалы международной научн.-практ. конф. «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация последствий». – Х.: ОЧЭС, 2000. – С.30-32.

57. Закон України “Про захист населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру” от 8 червня 2000 року № 1809-III.

58. Пожарная техника: Всероссийское совещание – семинар. Торжок, 6.06.1997. / Ю.И. Панков // Пожарная безопасность, информатика и техника. Вып. 2. – 1997. – С. 140-153.

59. Das sattel konzept fur der Katasrophenhilfdienst des Bezirkes / Linz – Stadt // Brands – chutz, 1997. – 51, №9. – P. 688 – 692.

60. Бурдаков Н.И. Организация спасательных и аварийно-восстановительных работ при ликвидации последствий крупных аварий и катастроф / Н.И. Бурдаков, Б.И. Черничко. // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНТИ, 1993. Вып. 10. – С. 6-14.

61. Безруков Б. М. Механизация работ при капитальном ремонте, модернизации и реконструкции жилых зданий / Б. М. Безруков, Е. Ю. Ратникова. - М.: ВНИИТАГ Госархитектура, 1989.-72 с.

62. Беликов Ю. И. Средства механизации при реконструировании промышленных зданий. - К. : Будівельник, 1987. - 14 с.

63. Беликов А.С. Специальные средства по обеспечению безопасного ведения работ в экстремальных условиях / А.С. Беликов, А.С. Чаплыгин, В.

А. Шаломов и др // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. науч. трудов. – ГВУЗ Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, 2011. Вып. 62. – С. 73-78.

64. Беликов А.С. Повышение безопасности аварийно-спасательных команд с использованием автомобилей специального назначения / А.С. Беликов, А.С. Чаплыгин, В. А. Голендер и др. // Безпека життєдіяльності людини як умова сталого розвитку сучасного суспільства. Матеріали IV Міжнародної наук.-практ. Конференції: Наук.-техн. збірник. – К.: Основа, 2011.- С.257-262.

65. Аветисян В.Г. Організація аварійно-рятувальних робіт на зруйнованих будівлях: Практичний посібник / В.Г. Аветисян. – Х.: АЦЗУ, 2004. – 71 с.

66. Сировий В.В. Установка гасіння пожеж багатоцільового призначення: Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеню канд. техн. наук: спец. 05.26.02 «Пожежна безпека» / В.В Сировий. – Харків, 1996. – 20 с.

67. Чумак С.П. Методика прогнозирования параметров процессов выполнения аварийно-спасательных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с разрушением зданий / С.П. Чумак // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. Инф. сборн. Вып. 1. – М.: ВИНТИ, 2000. – С. 67 – 78.

68. Яковенко Ю.Ф. Современные пожарные автомобили. - М.: Стройиздат, 1988. - 352 С.

69. Азаров С.Н. Методика определения рационального технического оснащения поисково-спасательных служб / С.Н. Азаров, Р.А. Дурнев // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. Инф. сборн. Вып.1. – М.: ВИНТИ, 2000. – С. 79-85.

70. Патент на корисну модель № 98839 «Пристрій для пожежно - рятувальних робіт на висотах будівель та споруд». Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 12.05.2015. / Ю.М.

Сенчихін, В.А. Голендер, С.В. Росоха, А.А. Лісняк, М.Ю. Улітіна.

71. К. Магнус. Колебания. Пер. С нем. – М.: Мир, 1982. – 304 с.

72. Высотный спасатель: Проспект фирмы «WANLEFELD» (Германия).

73. Паспорт. Линемет «Resqve -ИСТА-100». - С-Петербург, 1992.

74. Касьян О.І. Підвищення безпеки аварійно-відновлювальних робіт з ліквідації наслідків обвалення будівельних конструкцій. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеню канд. техн. наук. Дніпропетровськ, 2010.

75. Чаплыгин А. С. К вопросу построения алгоритма тактико-технического обеспечения мини комплекса МК-1 / А. С. Беликов, Г. Г. Капленко, В. Н. Пасовец // Інноваційні агротехнології за умов зміни клімату: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. 7-9 червня 2013р. - Мелітополь – Кирилівка, 2013. - С. 221-224.

76. Улітіна М.Ю. Перспектива вдосконалення державного регулювання безпеки й охорони праці на підприємствах України / М.Ю. Улітіна, Б.М. Коржик // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Вип. 124. – С. 386 – 391.

77. Улітіна М.Ю. Сучасні аспекти дослідження проблем виробничого ризику та забезпечення працівників безпечними умовами праці / М.Ю. Улітіна, Б.М. Коржик // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка «Механізація сільського виробництва». – 2013. – Вип. 135 – С. – 464 – 468.

78. Улитина М.Ю. Тактико-технические аспекты применения автоподъемных и крановых машин в строительной индустрии / А.С. Беликов, Н.В. Долгополова, С.П. Кордунов, М.Ю.Улитина, // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2015. – Вып. 81. – С. 44 – 49.

79. Селиванов И.И. Автомобили и транспортные гусеничные машины высокой проходимости / И.И. Селиванов. – М.: Наука, 1967. – 272 с.

80. Добронравов С. С. Строительные машины: справочник / С. С. Добронравов . – М.: Высшая школа, 1993. – 540 с.

81. Belikov A.S., Ulitina M.Yu., Shatov S.V., Shalomov V.A. and Nesterenko S.V. (2017), "Tactical-technical support of administration of special works on elimination of consequences of destruction of buildings", The scientific heritage (Budapest, Hungary), no. 10(10), vol. 3, pp. 86-95.

82. Акофф Р. О целеустремленных системах: Пер. с англ. / Р. Акофф, Ф. Эмери / Под ред. И.А. Ушакова. – М.: Советское радио, 1974. – 272 с.

83. Вопросы анализа и процедуры принятия решений: Сб. переводов с англ. // Под ред. И.Ф. Шахнова. – М.: Мир, 1976. – 228 с.

84. Улитина М.Ю. Безопасность выполнения специальных работ в экстремальных ситуациях с применением подъемно-транспортных машин и оборудования /А.С. Беликов, В.А. Шоломов, М.Ю.Улитина, Н.В. Долгополова // сборник научных трудов «Геотехническая механика». – Д.: ИГТМ НАН Украины, 2016 – Вып. 128 – С. 106-116.

85. Улітіна М.Ю. Аналіз виробничого травматизму - основа вдосконалення СУОП / Б.М. Коржик, В.І. Торкатюк, М.Ю. Улітіна // Безпека життєдіяльності людини як умова сталого розвитку сучасного суспільства. – 2011. – С. 22-26.

86. Зайченко Ю.П. Исследование операций: Учеб. пособие / Ю.П. Зайченко. – К.: Вища школа, 1975. – 320 с.

87. Вопросы анализа и процедуры принятия решений: Сб. переводов с англ. // Под ред. И.Ф. Шахнова. – М.: Мир, 1976. – 228 с.

88. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций / Пер. с нем. – М.: Наука, 1971. – 121 с.

89. Улітіна М.Ю. Логістика переміщення засобів механізації під час розбирання руйнувань будівель / С. В. Шатов, М.Ю. Улітіна // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д.: ПДАБА, 2016. - № 12. - С. 20-26.

90. Бакин В. П. В повестку дня – строительно-монтажную механизацию спасательных работ / В. П. Бакин // Механизация строительства. - 1990. - № 10. – С. 24-26.

91. Баловнев В. И. Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве / В. И. Баловнев, Л. А. Хмара. – М.: Транспорт. 1993. – 383 с.
92. Ахметшина. Л. Г. Фазовая сегментация мультиспектральных слабоконтрастных изображений. / Л. Г. Ахметшина, И. М. Мацюк // Искусственный интеллект. – 2011. – № 3. – С. 200-206.
93. Баринов А. В. Чрезвычайные ситуации природного характера и защита от них. Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. В. Баринов. - М. : Изд. ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. - 496 с.
94. Безруков Б. М. Механизация работ при капитальном ремонте, модернизации и реконструкции жилых зданий / Б. М. Безруков, Е. Ю. Ратникова. - М.: ВНИИТАГ Госархитектура, 1989.-72 с.
95. Белецкий Б. Ф. Технология и механизация строительного производства: учеб. для студ. вузов / Б. Ф. Белецкий. – 2-е изд., доп. и перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2003. – 752с.
96. Белов С. Б. Информационная технология обработки графических данных в строительных системах автоматизации проектирования: дисс. докт. техн. наук: 05.13.12 / Сергей Борисович Белов. – Владивосток, 2000. – 306 с.
97. Улітіна М.Ю. Зменшення виробничого травматизму – основа соціального захисту працюючих // Матеріали міжнародної конференції НТУ «ХПІ» III Міжнародна науково-методична конференція «Безпека людини в сучасних умовах» X.–2011. – С. 230 –232.
98. Бойко М. Д. Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий / М. Ф.Бойко. – Л. : Стройиздат,1975. – 336 с.
99. Улитина М.Ю. Определение характера разрушений верхних этажей зданий при техногенных авариях / А. С. Беликов, С. В. Шатов, М.Ю.Улитина, В. А. Голендер// Весник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д.: ПГАСА, 2017. - № 1. - С. 23-28.
100. Вышнеградский Е. А. Курс подъемных машин. Часть 1. СПб, 1885.

101. Улитина М.Ю. Безопасность выполнения специальных работ с применением нетрадиционных подъемно-транспортных машин / А.С. Беликов, В.А. Шоломов, М.Ю. Улитина, Ю.Н. Сенчихин // сборник научных трудов «Геотехническая механика». – Д.: ИГТМ НАН Украины, 2016 – Вып. 127 – С. 166-175.
102. Емцов Н. Н. Портовые и судовые грузоподъемные машины. Гострансиздат, 1937.
103. Коган И. Я.. Устойчивость строительных башенных кранов. Сб. трудов «Исследования строительных машин». Труды ВНИИСДМ, вып. 12, М.: 1956. – С. 13-16.
104. Вильман, Ю. А. Технология строительных процессов и возведения зданий, современные прогрессивные методы: учеб. пособие для студ. строит. вузов / Ю. А. Вильман – изд. 2-е, доп. и перераб. – М. : АСВ, 2011. – 336 с.
105. Махутов Н. А. Прочность и безопасность. Фундаментальные и прикладные исследования / Н. А. Махутов. – Новосибирск: Наука, 2008. – 528 с.
106. Магнус. Колебания. Пер. с нем. – М.: Мир, 1982. – 304 с.
107. Улитина М.Ю. Повышение устойчивости грузоподъемных машин / А.С. Беликов, М.Ю. Улитина, В.А. Голендер, Н.В. Долгополова, Г.Г. Капленко // Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве. – 2014. – Вып. 76. – С. 44 – 49.
108. Бабаков И.М., Теория колебаний, М, “Наука”, 1968.
109. Щупляков В.С., Колебания и нагруженность трансмиссии автомобиля, М, “Транспорт”, 1974.
110. Улітіна М.Ю. Оцінка виробничого ризику – крок до успішності підприємства. // Матеріали V всеукраїнської студентської науково-технічної конференції «Устойчивое развитие городов». – 2012. – С.18-20.
111. Казаков Б. Організація та проведення аварійно-рятувальних робіт на житлових будівлях і спорудах / Б. Казаков, Е. Чадов // Надзвичайна ситуація. – 2007. – № 6. – С. 44–49.

112. Чаплыгин А. С. Повышение безопасности использования машины спецназначения (АСК-МФ) за счет совершенствования лобового остекления / А. С. Беликов, В. А. Шаломов, В. А. Голендер, Ю. Г. Шаранова // Теоретичні основи будівництва. – Дн-вськ: ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» та Варшавський технічний університет, 2013. – Вип. 21. – С. 348-352.

113. Касьян А.И. Создание машин быстрого реагирования для работ в экстремальных условиях // Безпека життєдіяльності: Матеріали 7-ї регіональної науково-методичної конференції, 20-23 квітня 2007. – Харків, – 2007. – С. 105-106.

114. Демидович Б.П. Численные методы анализа / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова. – М.: Наука, 1967. – 368 с.

115. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1981. – 720 с.

116. Улитина М.Ю. К вопросу повышения безопасности при работе подъемно-транспортных машин и оборудования / А.С. Беликов, Н.В. Долгополова, В.А. Шаломов, М.Ю.Улитина // Новости инженерной науки Приднепровья. – 2016. - № 1- 2016.–С.10 –16.

МПК А 62 В 1/02, В 66 F 11/04

НЕТРАДИЦІЙНА ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНА МАШИНА

РЕФЕРАТ

Об'єкт корисної моделі: пристрій для виконання робіт на висотах при аваріях та інших надзвичайних ситуаціях (НС).

Галузь застосування: засоби рятування людей і подачі технічних засобів для виконання робіт на висотах у висотних будівлях та спорудах.

Суть корисної моделі: пристрій містить кабінку для розміщення людей, з'єднану з тяговим канатом. Один кінець каната служить для закріплення на даху будівлі, а інший пов'язаний з лебідкою. Передбачено два керуючих просторовим положенням кабіни каната, що пов'язані з блоком перерозподілу зусиль між ними. Особливістю корисної моделі є розміщення лебідки і блоку перерозподілу зусиль між керуючими канатами в кабіні. Передбачено також дублюючий блок перерозподілу зусиль на наземному засобі.

Технічний результат: пристрій дозволяє підвищити ефективність проведення робіт у будівлях підвищеної поверховості. 1 іл.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Пристрій для виконання робіт на висотах при аваріях та інших НС, що містить кабінку для розміщення людей, з'єднану з тяговим канатом, один кінець якого служить для закріплення на даху будівлі, а інший пов'язаний з лебідкою, і двома керуючими її просторовим положенням канатами, пов'язаними з блоком перерозподілу зусиль між ними, який **відрізняється** тим, що лебідка і блок перерозподілу зусиль між керуючими канатами встановлені в кабіні.

2. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що забезпечено дублюючим блоком перерозподілу зусиль між керуючими канатами, змонтованим на наземному засобі.

3. Пристрій за п. 1, що **відрізняється** тим, що тяговий канат закріплений на даху будівлі за допомогою лінемета.

ОПИС

Корисна модель відноситься до підйомно-транспортного машинобудування, а саме до пристроїв для виконання робіт на висотах при аваріях та інших надзвичайних ситуаціях (НС).

Відомо пристрій для обслуговування будівель при пожежі [1], що містить транспортний засіб з аутригерами, телескопічну колону, кабінку з механізмом для її переміщення та напрямними канатами, поворотну консоль з візком, на якій підвішена кабіна, при цьому верхні кінці направляючих канатів закріплені на візку.

Разом з тим цей пристрій має недоліки, які знижують ефективність його роботи. А саме: громіздкість конструкцій телескопічної колони, поворотної консолі, змонтованих на транспортному засобі, вимагає значних витрат часу на транспортування і розгортання відомого пристрою для обслуговування палаючого будинку, що іноді призводить до важких наслідків для людей, що терплять лихо.

Відомо інший пристрій пневматичний лінемет «RESQVE-ICTA-100» [2] (надалі - лінемет), який є рятувальним засобом і призначений для подачі рятувального кінця в зону евакуації, який має направляючий тяговий канат одним кінцем закріплений у потрібному місці, а іншим - на наземному нерухомому предметі.

Однак відомий лінемет має недоліки, які знижують ефективність його роботи. Так, наприклад, цей пристрій обмежений використанням при висоті будівлі не вище 60-80 м; його конструкцією не передбачено переміщення одночасно більше однієї людини, а принцип дії не дозволяє обслуговувати більше однієї зони евакуації.

Відомим пристроєм є тросовий підйомник для фасадів [3]. Він для виконання робіт містить кабінку для розміщення людей, з'єднану з тяговим канатом, один кінець якого служить для закріплення на даху будівлі, а інший

пов'язаний лебідкою, і двома керуючими її просторовим положенням канатами, пов'язаними з блоком перерозподілу зусиль між ними.

До числа специфічних недоліків цього пристрою відноситься той факт, що він дозволяє обслуговувати не більше однієї зони евакуації і вимагає безумовної готовності приєднання тягового каната до допоміжних елементів, стаціонарно розташованих в будівлі. До того ж, витрати часу на підготовку пристрою до дії значні, що впливає на оперативність проведення робіт.

Найбільш близьким пристроєм до пропонованого рішення є «висотний рятувальник» [4], що випускається фірмою «ВАЛЕФЕЛЬД» (Німеччина). Пристрій являє собою розміщену на шасі автомобіля канатну дорогу, для монтажу якої необхідна наявність на будівлі спеціальних силових кронштейнів і блоків з попередньо закріпленим на них допоміжним тросом. У задній частині автомобіля знаходиться ліфт, який за допомогою підвісної канатної дороги може підніматися на довільну висоту.

Даний пристрій має наступні недоліки: по-перше, дозволяє обслуговувати зони тільки від місця розташування кронштейнів на даху будівлі до землі по вертикалі; по-друге, безумовно, важливими є вимоги до готовності консолей, блоків і допоміжного троса, інакше рятувальні роботи вести немає можливості.

В основу корисної моделі поставлено завдання покращення тактико-технічних показників пристрою для обслуговування будівель при аваріях та інших надзвичайних ситуаціях, тобто відповідного підвищення ефективності його роботи.

Поставлене завдання вирішується за рахунок того, що лебідка і блок перерозподілу зусиль між керуючими канатами встановлені в кабіні пристрою, який забезпечено дублюючим блоком перерозподілу зусиль між керуючими канатами, змонтованим на наземному засобі. До того ж тяговий канат закріплений на даху будівлі за допомогою лінемета.

На фіг. 1 зображений в статиці момент огляду будівлі на заданій висоті H і безпечній відстані B за допомогою запропонованого пристрою, який

складається з кабіни 1. В кабіні 1 розташована лебідка з барабаном 2, на який намотано тяговий канат 3. Одним кінцем тяговий канат 3 закріплений в необхідному місці. Тут же, в кабіні 1, розташований блок 5 перерозподілу керуючих зусиль між керуючими канатами 4.

Для підвищення надійності та безпеки пристрою на наземному нерухомому предметі, наприклад, на транспортному засобі 6, розміщений дублюючий блок управління 5 так, що керуючі канати 4 одними своїми кінцями з'єднані з блоком 5, а іншими – з дублюючим блоком 5. Відомі елементи лінемета 7 також розташовані на транспортному засобі 6.

Пристрій працює наступним чином. У лінемет 7 вставляється «болванка» з прикріпленим кінцем тягового каната 3. Інший кінець тягового каната 3 намотано на барабан лебідки 2, розташованої разом з кабіною 1 на транспортному засобі. Лінемет 7 спрямовується в необхідному напрямку і здійснюється постріл (на кресленні фіг.1 – штрих-пунктирна лінія). За час польоту «болванки» тяговий канат 3 змотується з барабана лебідки 2. У результаті кінець тягового каната 3 потрапляє в потрібне місце, наприклад, перелітає через будівлю і закріплюється. На фіг. 1 пунктирною лінією показано стан готовності кабіни 1 до підйому.

Оперативний розрахунок пожежників займає місця в кабіні 1, включається лебідка 2, на барабан якої намотується тяговий канат 3, і одночасно за допомогою блоку 5 (або дублюючого блоку 5) перерозподілу керуючих зусиль між керуючими канатами 4 і здійснюється підйом кабіни 1 на задану висоту H і безпечну відстань B . Аналогічним чином працює пристрій при спуску кабіни 1.

Таким чином, вирішується завдання евакуації людей з палаючого будинку та доставки засобів гасіння пожежі з покращеними тактико-технічними показниками забезпечення ефективності проведення робіт на пожежах.

Джерела інформації:

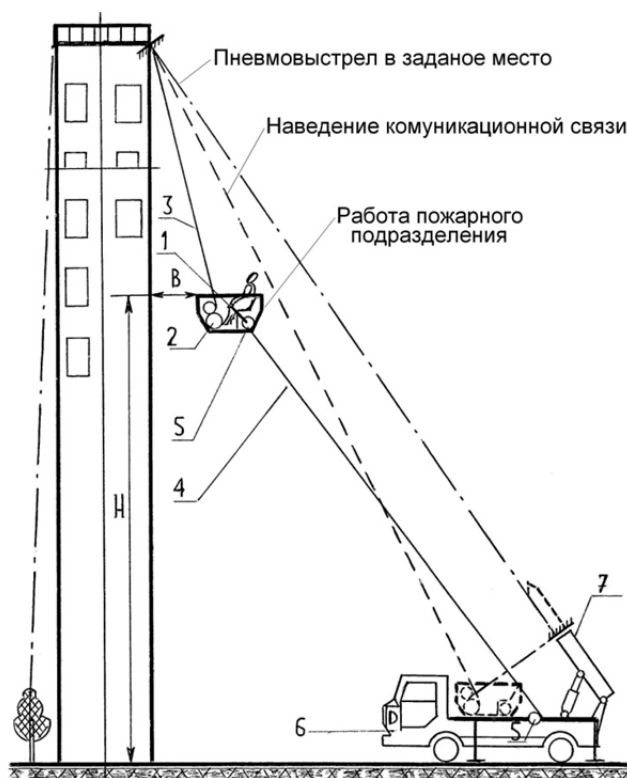
1. А. с. 821397 СССР, МКИ В 66 F 11/04. Устройство для обслуживания зданий при пожаре / Б. И. Воронин, О. М. Курбатский, А. Ю. Шпигель, Д. Б. Агафонов, П. Н. Рыбкин, Б. М. Розеншейн, А. Ш. Дзехцер (СССР). – № 2789579/27-12: заявл. 02.07.79; опубл. 15.04.81, Бюл. № 14.

2. Паспорт. Линемет «Resque-ИСТА-100». – С-Петербург, 1992.

3. Заявка Франции N 2355522, кл.А 62 В 1/06, 1978.

4. Яковенко Ю.Ф. Современные пожарные автомобили. – М.: Стройиздат, 1988. – 352 С.

Нетрадиційна підйомно-транспортна машина



Фиг. 1

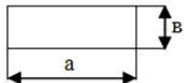
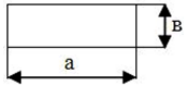
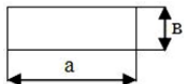
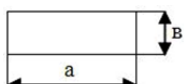
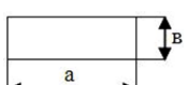
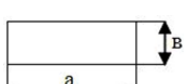


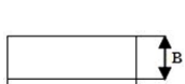

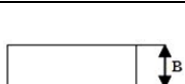
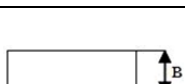
Автори

М. Сенчихін
В.А. Голендер
А.С. Беліков
В.А. Шаломов
А.А. Лісняк
М.Ю. Улітіна

Приложение Б

Таблица Б.1

Параметры строительных конструкций и элементов верхних этажей зданий

№ п/п	Тип	Схема	Размеры в плане (а×в), мм	Толщина, мм	Масса, кг
1	2	3	4	5	6
1.	Плита перекрытия 1ПК63.12		6300×1200	220	2400
2.	Плита перекрытия 1ПК72.36		7200×3600	200	2500
3.	Панель перекрытия 2П1-2У		5700×3180	100	4520
4.	Панель перекрытия 2П8		4200×2150	100	2000
5.	Панель перекрытия 2П5-3		3180×1520	100	1200
6.	Панель стеновая		3300×2800	200	3730
7.	Панель стеновая простеночная		2700×2800	200	2500
8.	Перемычка дверная 1ПБ13-1		1290×120	65	25
9.	Перемычка оконная 1ПБ13-1		1290×120	65	25
10.	Перемычка оконная 2ПБ22-3		2200×120	140	92
11.	Блок стеновой		390×190	188	20
12.	Блок стеновой		390×190	90	13

Продолжение таблицы Б.1

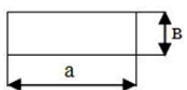
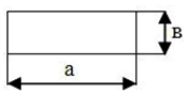
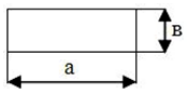
1	2	3	4	5	6
13.	Кирпич силикатный двойной		250×120	138	7,6
14.	Кирпич силикатный утолщенный		250×120	88	5,0
15.	Кирпич силикатный одинарный		250×120	65	3,58

Таблица Б.2

Параметры строительных конструкций и элементов крыш зданий

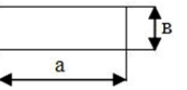
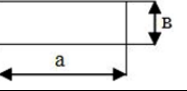
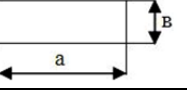
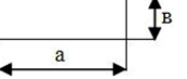
№ п/п	Тип	Схема	Размеры в плане (а×в), мм	Толщина, мм	Масса, кг
1	2	3	4	5	6
1.	Панель утепляющая 2ПК1		5700×3180	330	5220
2.	Панель утепляющая 2ПК7		3180×1520	330	1290
3.	Панель парапетная 2НСП4		5950×1100	300	2600
3.	Панель парапетная 2НСП8		4470×500	300	860

Таблица Б.3

Строительные конструкции крыши четвертой секции дома серии I-464Д-83
по ул. Мандрыковской, 127 в г. Днепр

№ п/п	Марка элемента	Длина, см	Ширина, см	Толщина, см	Объем элемента, м ³	Масса элемента, т	Коли- чество, шт	Объем всех, м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<u>Панели утепляющие</u>							
1	2ПК1	560	318	33	5,88	5,22	5	26,10
2	2ПК2	560	258	33	4,77	4,25	3	12,75
3	2ПК3	560	310	33	5,73	5,09	2	10,18
4	2ПК4	560	277	33	5,12	4,57	1	5,12
5	2ПК5	560	217	33	4,01	2,57	1	4,01

Продолжение таблицы Б.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	2ПК6-1	526	258	33	4,48	3,7	1	4,48
7	2ПК6-2	526	258	33	4,48	3,7	1	4,48
8	2ПК7	318	152	33	1,60	1,29	2	2,58
9	2ПК8	258	152	33	1,29	1,07	2	2,14
10	2ПК8-1	258	152	33	1,29	1,06	1	1,29
11	2ПК9	310	152	33	1,56	1,27	1	1,56
	Всего						20	74,69
	<u>Панели парапетные</u>							
1	2НСП1	318,5	110	30	1,05	1,5	8	8,4
2	2НСП2	258,5	110	30	0,85	1,11	6	5,1
3	2НСП3	398,5	110	30	1,32	1,71	1	1,32
4	2НСП4	595	110	30	1,96	2,6	1	1,96
5	2НСП4-2	595	110	30	1,96	2,6	1	1,96
6	2НСП5	152	110	30	0,5	0,66	1	0,5
7	2НСП7	460	50	30	0,69	0,86	1	0,69
8	2НСП8	447	50	30	0,67	0,86	1	0,67
9	2НСП8-2	447	50	30	0,67	0,86	1	0,67
	Всего						21	21,27
	Итого						41	95,96

Таблица Б.4

Перекрытия верхнего 10-го этажа четвертой секции дома серии I-464Д-83
по ул. Мандрыковской, 127 в г. Днепр

№ п/п	Марка элемента	Длина, см	Ширина, см	Толщина, см	Объем элемента, м ³	Масса элемента, т	Коли- чество, шт	Объем всех, м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2П1-2У	570	318	10	1,813	4,52	2	3,626
2	2П1-3У	570	318	10	1,813	4,52	3	5,439
3	2П1-4У	570	318	10	1,813	4,52	1	1,813
4	2П1-8У	570	318	10	1,813	4,35	1	1,813
5	2П1-14У	570	318	10	1,813	4,35	1	1,813
6	2П2-У	570	258	10	1,471	3,67	1	1,471
7	2П2-3У	570	258	10	1,471	3,67	1	1,471
8	2П2-4У	570	258	10	1,471	3,48	1	1,471
9	2П2-7У	570	258	10	1,471	3,48	1	1,471
10	2П2-8У	570	258	10	1,471	3,48	1	1,471
11	2П2-12У	570	258	10	1,471	3,48	1	1,471
12	2П5-3	318	152	10	0,483	1,2	2	0,966
13	2П4	406	309	10	1,255	5,0	1	1,255
14	2П8	420	215	10	0,903	2,0	1	0,903
15	2П8-2	420	215	10	0,903	2,0	1	0,903
16	2П8-3	420	215	10	0,903	2,25	2	1,806
	Всего						21	29,163

Таблица Б.5

Число обломков и поврежденных конструкций верхней части дома серии
I - 464Д – 83 (ул. Мандрыковская, 127 в г. Днепр) по их объему и массе

Строительная часть здания	Всего элементов	Объем/масса элементов ($V_{об\ i} / G_{об\ i}$)			
		больше 0,8 м ³ больше 1,7 т	0,5...0,8 м ³ 1,1...1,7 т	0,1...0,5 м ³ 0,22...1,1 т	менше 0,1 м ³ менше 0,22 т
Крыша	94	62	18	10	4
Верхний 10-й этаж	23	21	-	1	1
Верхняя часть дома	117	83	18	11	5

Таблица Б.6

Число обломков и поврежденных конструкций верхней части дома серии
I - 464Д – 83 (ул. Лазурная, 40 в г. Николаев) по их объему и массе

Строительная часть здания	Всего элементов	Объем/масса элементов ($V_{об\ i} / G_{об\ i}$)			
		больше 0,8 м ³ больше 1,7 т	0,5...0,8 м ³ 1,1...1,7 т	0,1...0,5 м ³ 0,22...1,1 т	менше 0,1 м ³ менше 0,22 т
Крыша	61	24	19	12	6
Верхний 10-й этаж	24	9	6	5	4
Верхняя часть дома	85	33	25	17	10

Таблица Б.7

Первоначальные параметры поврежденных конструкций двух секций дома
серии П-121-2 по ул. Днепровской, 569 в г. Павлоград

№ п/п	Марка элемента	Длина, см	Ширина или высота, см	Толщина, см	Объем элемента, м ³	Масса элемента, т	Количество, шт	Объем всех, м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<u>Панели перекрытия</u> 2П1-2У	570	318	10	1,813	4,52	5	9,065
2	2П1-3У	570	258	10	1,471	3,67	1	1,471
1	<u>Панели стеновые наружные</u> 2НС1-У	318,5	257	35	2,865	2,55	5	14,325
2	2НС11-У	258,5	257	35	2,325	2,07	1	2,325

Продолжение таблицы Б.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<u>Панели стеновые внутренние</u>							
1	2ВС1-У	570	257	16	2,34	5,85	5	11,7
2	2ВС2-У	318,5	257	16	1,31	3,28	3	3,93
3	2ВС3-У	258,5	257	16	1,06	2,65	1	1,06
	<u>Панели утепляющие</u>							
1	2ПК1	560	318	33	5,88	5,22	4	23,52
	Всего						38	67,4

Таблица Б.8

Число обломков и поврежденных конструкций верхней части дома серии П-121-2 (ул. Днепроvская, 569 г. Павлоград) по их объему и массе

Строительная часть здания	Всего элементов	Объем/масса элементов ($V_{об\ i} / G_{об\ i}$)			
		<u>больше 0,8 м³</u> больше 1,7 т	<u>0,5...0,8 м³</u> 1,1...1,7 т	<u>0,1...0,5 м³</u> 0,22...1,1 т	<u>менше 0,1 м³</u> менше 0,22 т
Крыша	6	6	-	-	-
Верхний 5-й этаж	31	11	14	4	2
Верхняя часть дома	37	17	14	4	2

Таблица Б.9

Первоначальные параметры поврежденных конструкций
5 - этажного дома (г. Украинск)

№ п/п	Марка элемента	Длина, см	Ширина или высота, см	Толщина, см	Объем элемента, м ³	Масса элемента, т	Количество, шт	Объем всех, м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<u>Панели перекрытия</u>							
1	2П1-2У	570	318	10	1,813	4,52	2	3,626
2	2П1-3У	570	258	10	1,471	3,67	1	1,471
	<u>Панели стеновые наружные</u>							
1	2НС1-У	318,5	257	35	2,865	2,55	1	2,865
2	2НС11-У	258,5	257	35	2,325	2,07	1	2,325

Продолжение таблицы Б.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<u>Панели стенные внутренние</u>							
1	2ВС1-У	570	257	16	2,34	5,85	3	7,02
2	2ВС2-У	318,5	257	16	1,31	3,28	2	2,62
3	2ВС3-У	258,5	257	16	1,06	2,65	1	1,06
	<u>Панели утепляющие</u>							
1	2ПК1	560	318	33	5,88	5,22	3	17,64
	Всего						38	38,63

Таблица Б.10

Число обломков и поврежденных конструкций верхней части
5 - этажного дома (г. Украинск) по их объему и массе

Строительная часть здания	Всего элемен- тов	Объем/масса элементов ($V_{об\ i}$ / $G_{об\ i}$)			
		<u>больше 0,8 м³</u> больше 1,7 т	<u>0,5...0,8 м³</u> 1,1...1,7 т	<u>0,1...0,5 м³</u> 0,22...1,1 т	<u>менше 0,1 м³</u> менше 0,22 т
Крыша	9	6	3	-	-
Верхний 5-й этаж	58	10	28	12	8
Верхняя часть дома	67	16	31	12	8

МПК А 62 В 1/02, В 66 F 11/04

СПЕЦІАЛЬНА ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНА МАШИНА МОДЕРНІЗОВАНА

РЕФЕРАТ

Корисна модель відноситься до підйомно-транспортного машинобудування, а саме – до пристроїв для виконання робіт на висотах при аваріях та інших надзвичайних ситуаціях і може бути застосована для подавання технічних засобів для виконання робіт у будівлях та спорудах підвищеної поверховості під час рятування людей.

В основу корисної моделі поставлено завдання покращення тактико-технічних показників пристрою для обслуговування будівель при аваріях та інших надзвичайних ситуаціях, тобто відповідного підвищення ефективності його роботи.

Поставлене завдання вирішується за рахунок того, що у спеціальній підйомно-транспортній машині, яка містить кабінку 1 для розміщення людей чи вантажів і додаткову вантажну кабінку 13, пов'язану з кабіною 1 через свою лебідку з барабаном 8, на який навито спеціальним чином вантажний канат 9, що розташовані в кабіні 1 так само, як і лебідка з барабаном 2, на який намотано тяговий канат 3. Тут же, в кабіні 1, розташований блок 5 перерозподілу керуючих зусиль між керуючими канатами 6.

На транспортному засобі 7, розміщений дублюючий блок управління 5 так, що керуючі канати 6 одними своїми кінцями з'єднані з блоком 5, а іншими – з дублюючим блоком 5. Відомі елементи лінемета також розташовані на транспортному засобі 7. 1 н. та 2 з. п. ф-ли, 2 іл.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Пристрій для виконання робіт на висотах при аваріях та інших НС, що містить кабінку для розміщення людей, з'єднану з тяговим канатом, один кінець якого служить для закріплення на даху будівлі, а інший пов'язаний з

лебідкою, і двома керуючими її просторовим положенням канатами, пов'язаними з блоком перерозподілу зусиль між ними, встановлені в кабіні, який **відрізняється** тим, що в кабіні 1 додатково встановлена друга спеціальна лебідка з барабаном, поверхня якого має форму гіперболоїда обертання.

2. По п. 1 **відрізняється** тим, що канат другої лебідки декількома витками (двома-трьома) навитий на своєму барабані так, що його вантажна («вхідна» по відношенню до барабану другої лебідки) гілка приєднана до додаткової вантажної кабіні, а «вихідна» гілка пов'язана з противагою і вільно звисає з кабіні, не торкаючись землі.

3. По п. 1 і 2. **відрізняється** тим, що при вході «вхідної» гілки каната в другу лебідку, на вхідному валу її приводу є спеціальний гальмівний пристрій, який за необхідності блокує роботу другої лебідки.

ОПИС

Корисна модель відноситься до підйомно-транспортного машинобудування, а саме до пристроїв для виконання робіт на висотах будівель і споруд при аваріях та інших надзвичайних ситуаціях (НС).

Відомо пристрій для обслуговування будівель при пожежі [1], що містить транспортний засіб з аутригерами, телескопічну колону, кабінку з механізмом для її переміщення та напрямними канатами, поворотну консоль з візком, на якій підвішена кабінка, при цьому верхні кінці направляючих канатів закріплені на візку.

Разом з тим цей пристрій має недоліки, які знижують ефективність його роботи. А саме: громіздкість конструкцій телескопічної колони, поворотної консолі, змонтованих на транспортному засобі, вимагає значних витрат часу на транспортування і розгортання відомого пристрою для обслуговування будинку де трапилась пожежа або аварія, що іноді призводить до важких наслідків для людей, що терплять лихо.

Відомо інший пристрій пневматичний лінемет [2], який є рятувальним засобом і призначений для подачі рятувального кінця в зону евакуації, який

має направляючий тяговий канат одним кінцем закріплений у потрібному місці, а іншим – на наземному нерухомому предметі.

Однак відомий лінемет має недоліки, які знижують ефективність його роботи. Так, наприклад, цей пристрій обмежений використанням при висоті будівлі не вище 60-80 м; його конструкцією не передбачено переміщення одночасно більше однієї людини, а принцип дії не дозволяє обслуговувати більше однієї зони евакуації.

Найбільш близьким пристроєм до пропонованого рішення є пристрій для виконання пожежно-рятувальних робіт [3], що складається з кабіни в якій розташована лебідка з барабаном, на який намотано тяговий канат. Одним кінцем тяговий канат закріплений в необхідному місці. Тут же, в кабіні, розташований блок перерозподілу керуючих зусиль між керуючими канатами, які з'єднані з транспортним засобом.

Для підвищення надійності та безпеки пристрою на транспортному засобі розміщений дублюючий блок управління так, що керуючі канати одними своїми кінцями з'єднані з блоком у кабіні, а іншими – з дублюючим блоком на транспортному засобі. Відомі елементи лінемета також розташовані на транспортному засобі.

До числа недоліків цього пристрою можна віднести те, що типове виконання барабанної лебідки з циліндричним барабаном, на який, як завжди виток до витка, шар на шар навито тяговий канат, пов'язане з тим, що висота підйому корисного вантажу за його допомогою істотно залежить від канатоємкості лебідки. Разом з цим, чим більше висота підйому, тим вагогабаритні параметри лебідки, кабіни і самого пристрою відповідно будуть більше, так само як і енерговитрати, а це істотно знижує ефективність застосування такого пристрою.

В основу корисної моделі поставлено завдання покращення тактико-технічних показників пристрою, який забезпечує оперативний підйом-спуск людей і вантажів в необхідній кількості і практично на будь-яку висоту сучасних висотних будівель без істотного збільшення його вагогабаритних параметрів, тобто відповідного підвищення ефективності його роботи для обслуговування будівель при аваріях та інших НС.

Поставлене завдання вирішується за рахунок того, що тяговий канат 3, один кінець якого служить для закріплення його на даху будівлі, а інший пов'язаний з лебідкою 2, і два керуючі просторовим становищем kabіни 1 канати 4, пов'язані з блоком 5 перерозподілу керуючих зусиль між ними, встановлені в kabіні 1. Запропонований пристрій (Фіг. 1 і Фіг. 2) виконано таким чином, що в kabіні 1 додатково встановлена друга спеціальна лебідка з барабаном 8, поверхня якого має форму гіперболоїда обертання, що показано на фіг.2.

Канат другої лебідки декількома витками (двома-трьома) навитий на своєму барабані так, що його вантажна («вхідна» по відношенню до барабану другої лебідки) гілка приєднана до додаткової вантажної kabіни, а «вихідна» гілка пов'язана з противагою і вільно звисає з kabіни, не торкаючись землі. При цьому друга лебідка 8 може бути задіяна при підйомі-спуску людей і вантажів, коли kabіна 1 вже знаходиться на деякій висоті Н.

Крім того при вході «вхідної» гілки 10 каната 9 в другу лебідку 8, на вхідному валу її приводу 16 є спеціальний гальмівний пристрій 14, який за необхідності блокує роботу другої лебідки.

На кресленні схематично зображено в статиці момент, коли kabіна 1 знаходиться на заданій відмітці Н та безпечній відстані В від будівлі з підготовленою до підйому вантажної kabіни 11.

Пристрій працює наступним чином. У лінемет 7 вставляється «болванка» з прикріпленим кінцем тягового каната 3. Сам тяговий канат 3 намотано на барабан лебідки 2, розташованої разом з kabіною 1 на транспортному засобі 6. Лінемет 7 спрямовується в необхідному напрямку і здійснюється постріл (на кресленні фіг.1 – штрих-пунктирна лінія). За час польоту «болванки» тяговий канат 3 змотується з барабана лебідки 2. У результаті кінець тягового каната 3 потрапляє в потрібне місце, наприклад, перелітає через будівлю і закріплюється. На фіг. 1 пунктирною лінією показано стан готовності kabіни 1 до підйому.

Оперативний працівник займає місце в kabіні 1, включає лебідку 2, на барабан якої намотується тяговий канат 3, і за допомогою блоку 5 (або дублюючого блоку 5), регулюючи перерозподіл зусиль між керуючими

канатами 4, здійснює підйом кабіни 1 до заданої позначки Н. Друга лебідка зі спеціальним барабаном 8, яка теж розташована в кабіні 1, «підбурює» спочатку ненавантажену вантажну гілку 10 каната 9, з'єднану з вантажною кабіною 11, що знаходиться в певному місці під завантаженням, в той час як «вихідна» гілка 12 каната 9 разом з противагою 13 і кабіною 1 при обертанні барабана лебідки 2 піднімається на задану висоту Н.

Далі дублер на землі завантажує вантажну кабіну 11 корисним вантажем і «вибирає» до межі «слабину» вантажної гілки 10 каната 9. Потім оперативник запускає двигун або ручний рушій 15 і приводить в обертальний рух приводом 16 барабан другої лебідки 8. За рахунок сил тертя трос 9 другої лебідки, здійснює підйом вантажної кабіни 11 таким чином, що вантажна гілка 10 каната 9 коротшає при підйомі (при спуску подовжується), а вільна гілка 12 з противагою 13 відповідно подовжується (при спуску коротшає).

Таким чином, може вирішуватися завдання не тільки евакуації людей з будинку, де трапилась пожежа або аварія та доставки аварійно-рятувальних засобів, а також – віддалення уламків будівельних конструкцій, їх заміна та ін. Все це характеризує покращення тактико-технічних показників ефективності проведення робіт з ліквідації аварій в зруйнованих будинках та інших НС.

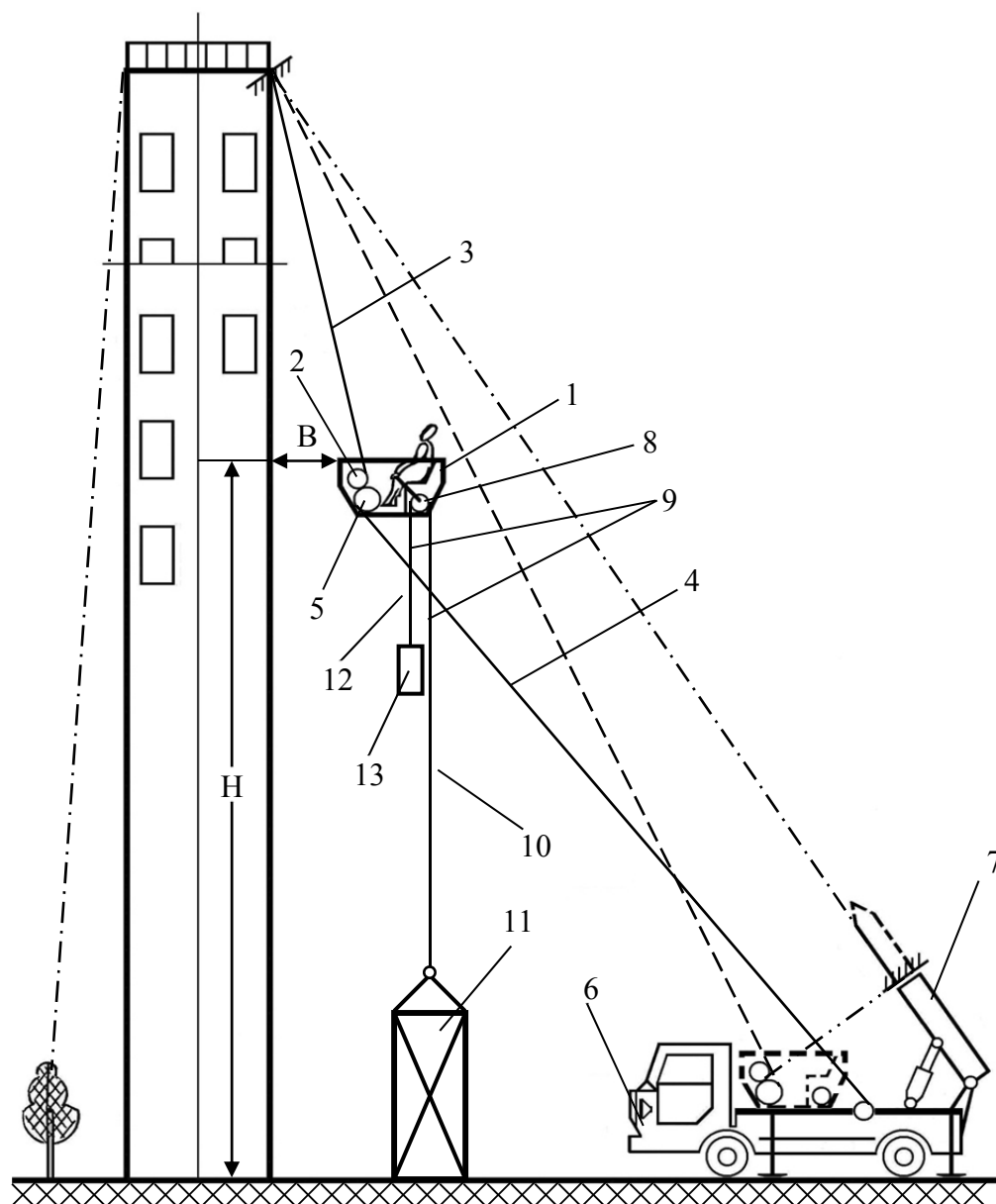
Джерела інформації:

1. А. с. 821397 СССР, МКИ В 66 F 11/04. Устройство для обслуживания зданий при пожаре / Б. И. Воронин, О. М. Курбатский, А. Ю. Шпигель, Д. Б. Агафонов, П. Н. Рыбкин, Б. М. Розеншейн, А. Ш. Дзехцер (СССР). – № 2789579/27-12: заявл. 02.07.79; опубл. 15.04.81, Бюл. № 14.

2. Паспорт. Линемет «Resque-ИСТА-100». – С-Петербург, 1992.

3. Пат. 2079311 Российская Федерация, МКИ 6 А 62 В 1/02. Устройство для выполнения пожарно-спасательных работ / Голендер В.А., Пустовой А.С., Сенчихин Ю.Н., Николаенко В.Е., Карпов И.П.; заявитель и патентообладатель Харьковский инженерно-строительный институт. – № 93053702/12; заявл. 26.11.93; опубл. 20.05.97, Бюл. №14.

Спеціальна підйомно-транспортна машина модернізована



Фіг.1

Автори

А.С. Беліков

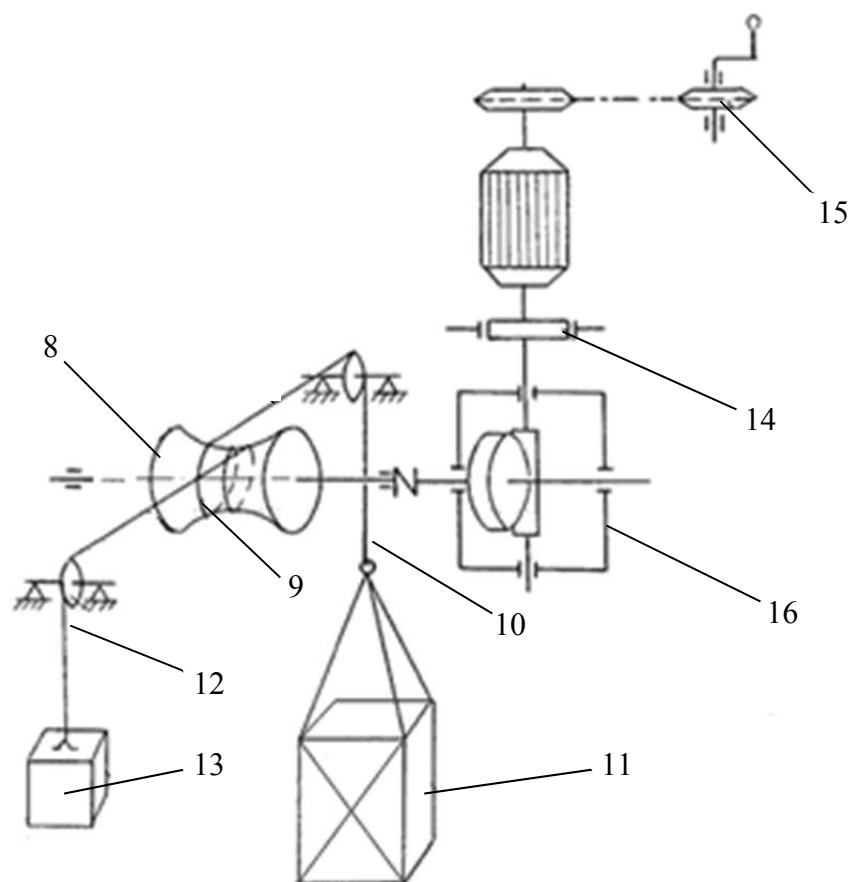
В.А. Голендер

М.Ю. Улітіна

С.В. Шатов

Ю.М. Сенчихін

М.В. Сенчихін

Спеціальна підйомно-транспортна машина модернізована

Фіг.2

Автори

А.С. Беліков
В.А. Голендер
М.Ю. Улітіна
С.В. Шатов
Ю.М. Сенчихін
М.В. Сенчихін

Приложение Д

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

СОГЛАСОВАНО



Директор по научной работе
 в области наук, профессор
 Савицкий И.В.

УТВЕРЖДАЮ



Начальник ГУ ГСЧС Украины
 в Харьковской области
 Волобуев А.В.

А К Т

о внедрении результатов исследований, связанных с совершенствованием проведения специальных видов работ по защите подразделениями ГСЧС жилых и промышленных объектов при пожарах и взрывах углеводородсодержащих веществ (в том числе и бытового газа), сопровождаемых разрушением строительных конструкций и технологического оборудования, обслуживающего объект

Исполнители работ: ГУ ГСЧС Украины в Харьковской области, кафедра БЖД Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры (ПГАСА).

Объект исследования: комплексные учения по задействованию парка машин и механизмов, используемых при пожарах жилых и промышленных объектов и взрывах углеводородсодержащих веществ (в том числе и бытового газа) с разрушениями строительных конструкций и технологического оборудования.

Место внедрения: 61124, г. Харьков, ул. Зерновая 4-А, Слободской РО г. Харькова ГУ ГСЧС Украины Государственная пожарно-спасательная № 2.

Комиссия в составе: председателя – начальника ГУ ГСЧС Украины в Х/о Волобуева А.В., и членов комиссии:

зам. начальника ГУ ГСЧС Украины в Х/о полковника службы гражданской защиты Торяника А. А., зав. кафедрой безопасности жизнедеятельности ПГАСА профессора, д-р техн. наук Беликова А.С., соискателя Улитиной М.Ю, установила следующее:

1. Поэтапное рассмотрение результатов совместно проводимых теоретических и экспериментальных исследований, а также разработанной проектной документации, связанной с совершенствованием технических средств, обеспечивающих эффективное и безопасное ведение специального вида работ, в настоящее время частично используется при аварийно-спасательных (АСР), аварийно-восстановительных (АВР) и ремонтно-строительных (РСР) работах в Харьковском гарнизоне пожарной охраны.

2. Одобрены и приняты к внедрению выводы и рекомендации, отраженные в диссертационных исследованиях Улитиной М.Ю., которые связаны с разработкой перспективных подъемно-транспортных машин (ПТМ), позволяющих эффективно и безопасно проводить работы на высоте при разрушениях зданий и сооружений в экстремальных условиях ЧС.

3. Проведенные в 2016 г. комплексные учения на нефтебазе №1 г. Харькова, с привлечением имеющейся техники на вооружении ГУ ГСЧС Украины в Харьковской области, показали, что в случае использования при пожаре на нефтебазе перспективной гусеничной машины типа ИМ-8х, можно ожидать не только повышения безопасности оперативных действий, но и сокращения материальных потерь от пожара за счет сокращения затрат на проведение специального вида работ при локализации и ликвидации ЧС.

В частности, снижение убытков от ЧС на нефтебазе №1 ОАО «Харьковоблнефтепродукт» на 25% за счет сокращения времени проведения работ по ликвидации ЧС на 10%.

Объект внедрения – Материалы конструкторских разработок специальных подъемно-транспортных машин для проведения специального вида работ (СВР).

Основные показатели, характеризующие результаты внедрения –

Комплекс разработанных конструкций СПТМ предназначен для транспортировки личного состава и специального инженерного оборудования к месту локализации и ликвидации ЧС, которые могут обеспечить эффективное и безопасное проведение специального вида работ в экстремальных условиях разрушений зданий и сооружений при ЧС:

- тушение пожаров и спасание пострадавших с высот высотных зданий;
- проведение СВР (разборка строительных и технологических конструкций, монтаж и демонтаж стройконструкций, проделывание в них необходимых отверстий и проемов, поднятие, кантование и перемещение грузов при разборе завалов, ликвидация аварий течей в коммуникациях, уборка разлившихся опасных жидкостей;
- освещение места работ и координацию действий проводимых работ и др.

Комплекс может осуществлять следующие виды аварийно-спасательных, аварийно-восстановительных и ремонтно-строительных работ:

Выводы комиссии:

Проведенные в Слободском Р/о ГУ ГСЧС Украины экспериментально-теоретические и опытно-промышленные исследования дали положительные результаты и позволили считать целесообразным доукомплектование парка стоящих на вооружении в Харьковском гарнизоне пожарной охраны машин установками типа СПТМ с бортовыми компьютерами с программным продуктом тактико-технического обеспечения проведения СВР; а так же рекомендовать выводы и предложения работы соискателя Улитиной М.Ю. ремонтно-восстановительным и ремонтно-строительным подразделениям Украины с целью их применения при ликвидации последствий, связанных с обрушениями строительных конструкций зданий и сооружений.

Протокол подписали:

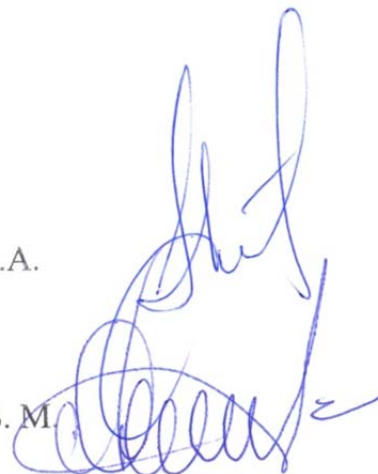
От ГУ ГСЧС в Х/о

Зам. начальника

Полковник службы гражданской защиты Торяник А.А.

Начальник Слободского РО в г. Харькове

Полковник службы гражданской защиты Медведь В. М.



От ПГАСА

Зав. кафедрой безопасности жизнедеятельности

ПГАСА, профессор, д-р техн. наук Беликов А.С.

Соискатель Улитина М.Ю.

