

сельскохозяйственных культур на ближайшую перспективу чаще всего опирается на результаты мониторинга последствий чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях.

Таким образом, только на основе анализа всех данных рассмотренного перечня могут быть найдены приемлемые критерии для определения уровня реагирования, оценки материального и финансового ущерба и размеров возмещения ущербов. Объектом научных исследований будет выступать не только сама чрезвычайная ситуация, ее характеристики и свойства как объекта управления, но и сам процесс организации управления в ЧС и средства информационной поддержки управления

10.4. Мероприятия по ликвидации последствий (Борулько В.Г., Понизовкин Д.А.)

Функционирование системы оперативного управления осуществляется согласно требованиям своевременного реагирования на возможность возникновения чрезвычайной ситуации с целью ее предотвращения либо максимального смягчения ее последствий.

Основными компонентами такой системы являются

- система аварийного контроля, которая должна как можно быстрее определять отклонения параметров от их контрольных значений;
- территориальный субъектный центр мониторинга и прогнозирования Российской Федерации, который оценивает эти данные, прогнозирует возможные направления развития чрезвычайных ситуаций и определяет необходимые пути и средства их предотвращения или ликвидации их последствий;
- силы и средства быстрого реагирования, осуществляющие непосредственное вмешательство в обстановку.

Период времени между поступлением информации об угрозе возникновения ЧС в органы надзора и началом действий по ее предотвращению или устранению ее последствий является основным показателем эффективности работы системы оперативного управления.

Эта величина зависит от:

- полноты и точности информации об изменениях контролируемых параметров;
- совершенства методик их анализа и интерпретации, которые позволили бы спрогнозировать возможную ЧС на максимально ранней стадии;
- наличия детальных планов противодействия ЧС и ликвидации их последствий, разработанных для возможно большего числа возможных ЧС;
- готовности специальных сил и средств к реализации этих планов.

Структура территориальной системы оперативного управления риском субъекта Российской Федерации представлена на рисунке 10.5 [183].

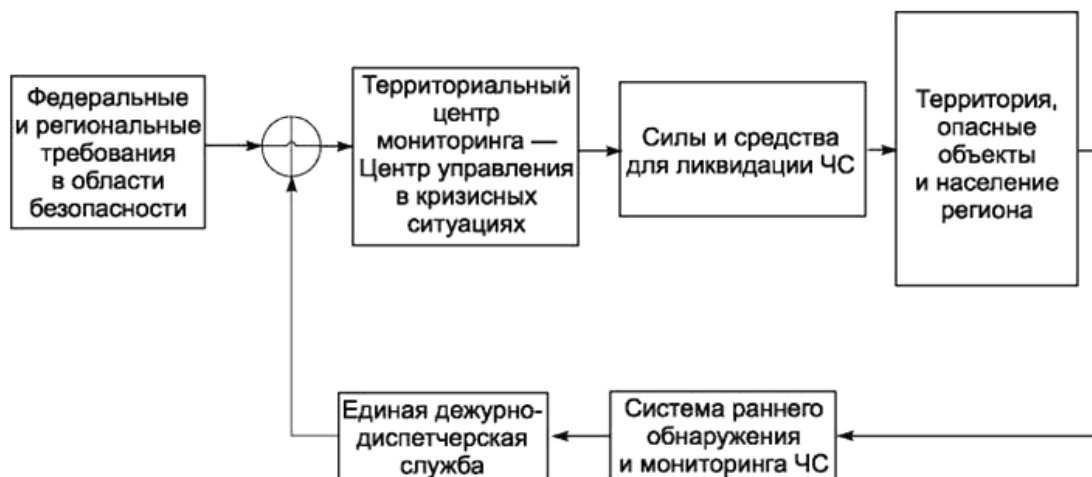


Рисунок 10.5 – Структура территориальной системы оперативного управления риском субъекта Российской Федерации

Рассмотрим методику расчета необходимого количества сил и средств быстрого реагирования. В качестве примера рассматривается сценарий аварии с прорывом напорного фронта плотины.

Описание ситуации: произошла катастрофа в формате прорыва плотины. Образовалось переполнение резервуара из-за максимального охвата

паводковых вод и продолжительных дождей в предыдущие дни. В результате через тело плотины пошел перелив и появился проран. Далее водный поток набрал скорость и проран продолжил развиваться, возникла волна прорыва.

Предусмотрены следующие меры по ликвидации последствий аварии:

- вывод людей из зоны стихийного бедствия;
- демонтаж завалов и обрушившихся зданий;
- восстановление водо-, электро- и теплоснабжения по временной схеме;
- единовременная выплата населению;
- другие расходы, связанные с обеспечением необходимых условий жизни населения, пострадавшего результате аварии на ГТС [183].

Основные этапы расчета:

Основные этапы расчета:

1. Определение количества звеньев для ведения воздушной разведки:

$$N_{зр}^{вр} = \frac{0,013 \times S_{зат} \times n}{T \times n_{лс}} \times k_{п}, \text{ количество звеньев.} \quad (10.2)$$

где $S_{зат}$ - площадь затопленной жилой зоны (город, деревня), км²; n - количество смен; T - продолжительность ведения разведки, ч.; $n_{лс}$ - численность личного состава звена речной разведки, чел; $k_{п}$ - коэффициент подводных условий; 0,013 - трудоемкость разведки экипажем вертолета 1 км² затопленной территории, чел. ч/км².

2. Определение сил охраны общественного порядка (на плавсредствах).

$$N_{ГООП} = 0,0033 \times N_{зат}, \text{ количество групп ООП} \quad (10.3)$$

где 0,0033 - количество ГООП необходимых для одного человека, попавшего в зону затопления, шт/чел; $N_{зат}$ - численность городского населения, попавшего в зону наводнения, чел.

3. Определение потребного количества плавсредств для вывоза населения из укрытий и незатапливаемых мест. В расчет берутся чаще всего надувные лодки, так как на прилегающей территории любого водохранилища, расположены базы для продажи лодок отдыхающим. Лодочные же базы на

курортах водохранилища, вследствие резкой его сработки повреждены, унесены течением и т.п. В качестве плавсредств выбраны лодки с максимальной пассажироместимостью из имеющихся в наличии.

$$k_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^m \frac{N_{\text{зат},i}^{\text{пс}} \times R_{\text{зат},i}^{\text{пс}}}{N_{\text{вм},i}^{\text{пс}} \times T} \times k_c \times k_{\text{п}} \times k_T, \text{ ед.} \quad (10.4)$$

где $k_{\text{пс}}$ - количество плавсредств необходимых для эвакуации; $N_{\text{зат},i}^{\text{пс}}$ - численность населения, эвакуируемого i -ым видом плавсредства, чел; m - количество видов плавсредств; $N_{\text{вм},i}^{\text{пс}}$ - вместимость i -го вида плавсредства, чел; $R_i^{\text{пс}}$ - продолжительность рейса i -го вида плавсредства; T - продолжительность эвакуации (спасательных работ), мин; k_T - коэффициент использования плавсредств; $k_T = 1,2$. $k_c = 1,5$ (суточный коэффициент).

Блок аварийно-восстановительных работ.

4. Определение сил ликвидации аварий на коммунально-энергетических сетях затопленной территории города.

На электросетях:

$$N_{\text{атк}}^{\text{эс}} = \frac{30 \times N_{\text{ав}}^{\text{эс}}}{T \times n_{\text{лс}}} \times k_c \times k_{\text{п}}, \text{ количество АТК,} \quad (10.5)$$

где $N_{\text{ав}}^{\text{эс}}$ - количество аварий на электросетях;

$$N_{\text{ав}}^{\text{эс}} = 1,75 \times S_{\text{зат}}. \quad (10.6)$$

где 1,75 - количество аварий на электросетях, приходящихся на 1 км² затопленной части города, ав/км²; $N_{\text{атк}}^{\text{эс}}$ - количество аварийно-технических команд для ликвидации аварии на электросетях ($n_{\text{лс}} = 24$ человека);

На водопроводных сетях:

$$N_{\text{атк}}^{\text{вод}} = \frac{30 \times N_{\text{ав}}^{\text{вод}} \times n}{T \times n_{\text{лс}}} \times k_c \times k_{\text{п}}, \text{ количество АТК,} \quad (10.7)$$

где $N_{\text{атк}}^{\text{вод}}$ - количество аварийно-технических команд для ликвидации аварии на водопроводных сетях ($n_{\text{лс}} = 25$ человек);

$N_{\text{ав}}^{\text{вод}}$ - количество аварий на водопроводных сетях.

$$N_{\text{ав}}^{\text{вод}} = 1,25 \times S_{\text{зат}}. \quad (10.8)$$

где 1,25 - количество аварий на водопроводных сетях, приходящихся на 1 км² затопленной части города, ав/км²;

На канализационных сетях:

$$N_{\text{атк}}^{\text{кан}} = \frac{30 \times N_{\text{ав}}^{\text{кан}} \times n}{T \times n_{\text{лс}}} \times k_c \times k_{\text{п}}, \text{ количество АТК,} \quad (10.9)$$

где $N_{\text{атк}}^{\text{кан}}$ - количество аварийно-технических команд для ликвидации аварий на канализационных сетях ($n_{\text{лс}} = 25$ человек); $N_{\text{ав}}^{\text{кан}}$ - количество аварий на канализационных сетях;

$$N_{\text{ав}}^{\text{кан}} = 1,25 \times S_{\text{зат}}. \quad (10.10)$$

где 1,25 - количество аварий на канализационных сетях, приходящихся на 1 км² затопленной части города, ав/км².

На теплосетях:

$$N_{\text{атк}}^{\text{тс}} = \frac{30 \times N_{\text{ав}}^{\text{тс}} \times n}{T \times n_{\text{лс}}} \times k_c \times k_{\text{п}}, \text{ количество АТК} \quad (10.11)$$

где $N_{\text{атк}}^{\text{тс}}$ - количество аварийно-технических команд для ликвидации аварий на теплосетях ($n_{\text{лс}} = 25$ человек); $N_{\text{ав}}^{\text{тс}}$ - количество аварий на теплосетях;

$$N_{\text{ав}}^{\text{тс}} = 0,75 \times S_{\text{зат}}, \quad (10.12)$$

где 0,75 - количество аварий на теплосетях, приходящихся на 1 км² затопленной части города, ав/км²;

В выражениях по коммунально-энергетическим сетям коэффициент 30 - трудоемкость ликвидации одной аварии в чел.ч.

5. Определение сил на восстановление разрушенных дорог:

$$N_{\text{двк}}^{\text{дор}} = \frac{300 \times L_{\text{раз}}^{\text{дор}}}{T \times n_{\text{лс}}} \times k_c \times k_{\text{р}}, \text{ количество ДВК,} \quad (10.13)$$

где $N_{\text{двк}}^{\text{дор}}$ - количество дорожно-восстановительных команд ($n_{\text{лс}} = 35$ человек); 300 - трудоемкость восстановления 1 п.км дороги, чел.ч.; $L_{\text{раз}}^{\text{дор}}$ - протяженность разрушенных дорог, км;

$$L_{\text{раз}}^{\text{дор}} = 5 \times N_{\text{зат}}^{\text{нп}}, \text{ км.} \quad (10.14)$$

6. Определение сил для ремонта и восстановления разрушенных мостов и строительства причалов. Если в ближайшей траектории движения волны

прорыва встречается один мост, то нормативное значение для одной группе по ремонту моста принимается 25 человек.

В зависимости от полученного распределения сил и средств между указанными мероприятиями будут существовать различные стратегии деятельности учреждений по обеспечению его безопасности. Главным элементом этой деятельности будет являться оптимальное распределение ограниченных ресурсов с целью достижения минимального уровня риска в данных условиях [183].

Основными исходными данными для разработки модели управления силами и средствами ликвидации последствий гидродинамической аварии являются:

- перечень источников опасности и сценариев их развития при террористических, природных и техногенных чрезвычайных ситуациях с указанием величины комплексного риска;

- перечень профилактических защитных мероприятий с указанием их эффективности при возникновении аварийной ситуации.

Комплексный показатель риска определяется по формуле:

$$ПР_i = \frac{R_i}{R}, \quad (10.15)$$

где $R_i = W_i \cdot Y_i$, $R = \sum_{i=1}^n R_i$, W_i – частота j -й ЧС, измеряемая средним количеством случаев возникновения данной ЧС, в течение года; Y^i – прогнозируемый денежный эквивалент ущерба, включая потери работоспособности, здоровья и гибель людей.

Величина комплексного показателя риска изменяется в пределах от 0 до 1 [14].

Рассмотрим еще один общий показатель защищенности объекта гидротехнического строительства от террористических действий – вероятность недопущения террористического акта. Недопущение теракта можно представить в виде совмещения двух случайных событий: своевременного обнаружения нарушителей и прибытия сил охраны к месту вторжения и успеха

сил охраны объекта в столкновении с нарушителями. В соответствии с этим вероятность недопущения террористического акта будет равна:

$$P_{нта} = P_o \cdot P_c, \quad (10.16)$$

где P_o – вероятность своевременного реагирования на попытку осуществления теракта; P_c – вероятность успеха сил охраны в пресечении теракта.

Для определения этих вероятностей важное значение имеет правильный выбор наиболее вероятного места и способа осуществления теракта, а также построение достаточно адекватной модели нарушителя, то есть параметров, характеризующих численность, вооруженность и подготовленность террористов. Наиболее простым и надежным методом определения количественных характеристик вероятного террористического нападения является метод парных сравнений, осуществляемых группой экспертов.

Согласно этому методу экспертам предлагаются возможные пары утверждений, относительно которых они должны определить, какое из двух предположений более вероятно. Результаты парных сравнений всех предложений по каждому эксперту сводятся в матрицу. Считая выборку экспертов однородной можно определить относительную частоту выполнения условий поставленной задачи перед экспертами. Полученные результаты рассматриваемых предположений ранжируются по величине их вероятностей.

Основным фактором, который принимается экспертами во внимание при определении вероятности своевременного реагирования на попытку осуществления теракта, является обеспеченность объекта инженерно-техническими средствами охраны (далее ИТСО). В зависимости от существующего уровня террористических угроз, временных и иных ограничений экспертно должна быть определена требуемая (рекомендуемая) обеспеченность объекта ИТСО.

При невозможности получения количественной оценки террористической уязвимости гидротехнического сооружения, группой экспертов методом парных сравнений выполняется ее количественно-качественный анализ.

Результаты моделирования антитеррористической защищенности объектов необходимо учитывать при планировании мероприятий по ее повышению.

Говоря об обеспеченности объекта средствами обеспечения безопасности, в процессе управления в условиях ЧС следует особое внимание уделить автоматизированным информационно-управляющим системам в условиях ЧС. Они могут как обеспечивать расчетно-информационную и справочную функции, так и обеспечивать функции поддержки принятия решений. Распределенная система сбора и анализа информации IMIS (Германия) представляет собой распределенную систему сбора и анализа информации, интегрированную с экспертной системой, геоинформационной системой и средствами обработки баз данных [51].

Всероссийский научно-исследовательский институт гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России совместно с Центром изучения чрезвычайных ситуаций и Военно-инженерным университетом создали систему географической информации (ГИС) специалист "Экстремум» более десяти лет их последствия, сценарии реагирования на землетрясения, наводнения, техногенные катастрофы.

Базы данных ГИС хранят как постоянную, так и периодически обновляемую информацию, которая сгруппирована в несколько информационных таблиц:

- комплект баз данных цифровых топографических карт масштабов 1:5 000 000, 1:1 000 000, 1:100 000, 1:10 000 и 1:2000;
- базы данных по населению и развитию строительства в мире (около двух миллионов учреждений);
- данные об инфраструктуре и системах жизнеобеспечения, включая железные дороги, автомобильные дороги, аэродромы, силы и средства, которые могут быть задействованы в чрезвычайной ситуации, и т.д.;
- параметры закономерностей разрушения зданий, нанесения ущерба людям, а также параметры моделей для определения перечня мероприятий по снижению рисков и оперативного реагирования.

Кроме того, ГИС «Экстремум» содержит информацию о техногенных факторах риска: о химических веществах, пожарах и взрывоопасных объектах, АЭС и ГЭС, плотинах, магистральных нефте- и газопроводах и т.д.

Объективная сложность аварийных ситуаций как объекта управления, как видим, вызывает необходимость использования в составе единой информационной системы поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях широкого спектра математических моделей, построенных с использованием разного математического аппарата и разных информационных баз [161, 183].

Таким образом, при решении задачи моделирования и управления в аварийных ситуациях необходимо исследовать сложный динамический объект, то есть саму аварийную ситуацию, ее характеристики и свойства как объекта управления и сам процесс организации управления в аварийных ситуациях.

Системный анализ чрезвычайной ситуации как объекта управления позволяет выделить следующие основные проблемы в области управления чрезвычайными ситуациями:

- необходимость обеспечения заданного качества управления в аварийных ситуациях с неоднородными и неструктурированными регулируемыми процессами;
- процессы управления аварийными ситуациями характеризуются значительной степенью информационной неопределенности;
- в условиях быстротечных чрезвычайных ситуаций принятие эффективных решений должно осуществляться в ограниченные сроки и пропорционально темпам роста угрозы и поражающих факторов;
- выбор наиболее информативных аварийных параметров из всех разрешенных наборов для измерения параметров состояния;
- необходимость анализа информативных параметров нештатной ситуации, плохо поддающихся аналитической обработке.

Для обеспечения соответствия моделей аварийных ситуаций описанным задачам необходимо, чтобы устройство моделирования аварийных ситуаций позволяло:

- отображать (фиксировать) полуструктурированные процессы развития аварийных ситуаций и управления их ликвидацией;
- учитывать и моделировать неопределенность в отношении информации, ресурсов и причинно-следственных связей между событиями;
- Синтезировать качественно и количественно эффективные сценарии и алгоритмы управления.

Модели процессов управления чрезвычайными ситуациями и принятия решений должны отвечать следующим требованиям:

1. Обеспечить возможность моделирования взаимосвязанных процессов разного рода, происходящих при ЧС.
2. Обеспечить выделение моментов принятия решений по ликвидации ЧС и описание состава решений. Управление аварийным реагированием включает в себя набор решений для реализации конкретных задач по переводу аварийной ситуации в нормальную.
3. Отразить временной аспект моделируемых процессов. Учет динамических особенностей процессов, происходящих при развитии и ликвидации чрезвычайных ситуаций, во многом определяет эффективность принимаемых решений.
4. Формализовать знания специалистов по ликвидации ЧС. (У специалистов различных областей накоплены знания о том, как наиболее эффективно ликвидировать ту или иную аварийную ситуацию, но эти знания, как правило, не формализованы и используются только самим экспертом - носителем знаний.)
5. Обеспечить адекватное отображение информационного аспекта за счет фиксации структуры информации, используемой при ликвидации ЧС.
6. Дать количественную оценку планам и принятым решениям.

7. Убедитесь, что учитывается пространственный аспект. Модели должны учитывать распределенный характер процессов, происходящих при ликвидации ЧС.

Чтобы удовлетворить перечисленные выше требования, необходимо создать соответствующие системные модели и методологию, которые связывают между собой разные типы моделей и обеспечивают моделирование различных аспектов изучаемой области.

Для управления чрезвычайными ситуациями как сложными динамическими объектами необходимо создание гибких структур управления. Особенностью системы управления чрезвычайными ситуациями является то, что под командованием руководителя функциональных подразделений мобильной оперативной группы могут формироваться различные структуры управления. Эффективность и возможности каждой из структур можно оценить заранее на основе компьютерного моделирования для различных возможных реальных ситуаций. В принципе, это позволяет повысить эффективность работы информационной системы поддержки принятия решений, в том числе и при ликвидации ЧС за счет быстрых расчетов на основе реальных параметров развития ЧС.

В настоящее время на многих потенциально опасных объектах используется Комплекс прогнозирования аварийных ситуаций, который предназначен для автоматизированного прогностического моделирования и оценки возможных последствий аварийных ситуаций. Комплекс прогнозирования чрезвычайных ситуаций (далее - Комплекс «Прогнозирование чрезвычайных ситуаций», Комплекс) осуществляет построение и анализ математических моделей чрезвычайных ситуаций (ЧС) по следующим сценариям:

- возникновение аварийных ситуаций на химически опасном объекте;
- возникновение аварийных ситуаций на установке, представляющей радиологический риск;
- возникновение аварийных ситуаций на биологически опасном объекте;

- возникновение аварийных ситуаций на объекте взрывчатых веществ;
- возникновение аварийных ситуаций на гидросооружении.

Комплекс прогнозирования чрезвычайных ситуаций входит в состав ГИС "Оператор" и ГИС "Панорама".

С помощью этого комплекса можно рассчитать параметры поражающих факторов и построить зону возможного поражения в результате ЧС. Территория поражения отмечена на карте расположения зоны чрезвычайной ситуации условными обозначениями, соответствующими требованиям МЧС. При расчете учитываются погодные условия, введенные оператором в момент расчета.

При моделировании возникновения аварийных ситуаций на гидротехническом сооружении при разливе жидкости учитывается форма местности, которая определяется матрицей высот. Можно сохранить результаты моделирования аварийной ситуации для последующего повторного использования. Также возможно использовать исходные данные из уже сохраненных моделей при построении новой модели аварийной ситуации. Это позволяет выполнить более детальную оценку развития возможной аварийной ситуации путем обучения целого набора моделей этой ситуации с изменением одного или нескольких переменных факторов: направления ветра или погоды с момента начала аварии.

Используя пространственные результаты, полученные при моделировании чрезвычайных ситуаций штатными средствами ГИС «Панорама» и ГИС «Оператор», можно выполнить ряд аналитических операций. Например, для определения упавших строений (персонал, население) в зоне поражения, расчета удаленности объектов от зоны крушения, расчета путей эвакуации или подъездов для спецтехники с использованием дорожного графа и т. д.