

УДК 614.8.084

**ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИНИКОМПЛЕКСА МК1**

д.т.н., проф. А.С. Беликов, инж. А.С. Чаплыгин,  
к.т.н., доц. В.А. Голендер\*, , к.т.н., доц. Г.Г. Капленко,  
соиск. Е.А. Широкова

*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,  
\*НППИТ, г. Харьков*

**Постановка проблемы.** В результате проведенных исследований при выполнении работ по герметизации емкостей (трубопроводов) с опасными жидкостями был разработан миникомплекс МК-1. При локализации и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС), одной из главных является задача обеспечения оперативности выполнения работ и безопасных действий спецподразделений с использованием миникомплекса МК-1 в составе аварийно-спасательного комплекса АСР-МФ. Поэтому, от принятия руководителем работ оптимальных решений зависит продолжительность и безопасное их выполнение.

**Целью работы** является нахождение оптимального решения задач принятия решений при герметизации объектов цилиндрической формы, содержащих опасные жидкости.

**Обзор последних научных исследований** показал, что решением данной проблемы занимаются Беликов А.С., Голендер В.А., Касьян А.И., Аветисян В.Г. и др.

**Основной материал.** Опуская малосущественные детали, построим обобщенную модель проведения аварийно-восстановительных работ (АВР) и ремонтно-строительных работ (РСР) на аварийном объекте транспортировки или хранения жидкости (рис. 1), а содержательную часть задачи сформулируем следующим образом.

В условиях определенности, методами статического силового анализа, в пределах допустимых значений  $[F_{on}]$ ,  $[N]$ ,  $[\sigma_b]$ ,  $[\sigma_{cm}]$  и  $[\sigma_n]$  следует найти так называемый в теории принятия решений “полный список” связей альтернатив (принятых решений) и исходов (результатов). После чего необходимо исключить из него все альтернативы, не приводящие к достижению поставленной цели:

$$\min f(k, A, B, C, D, H, L, S_0, E, K), \quad (1)$$

где  $(A, B, C, D, H, L, S_0)$  – неуправляемые параметры;

$E, K$  – управляемые параметры;  $f$  – функция качества вмешательств с помощью МК-1 в возникшую экстремальную ситуацию.

Здесь:

$$f = \begin{cases} -1, & \text{если ситуация после вмешательств ухудшилась} \\ +1, & \text{если оперативные действия улучшают ситуацию} \end{cases} \quad (2)$$

Неизменяемые механические константы, которые можно оценить при оперативной разведке и задать конкретными величинами, не указаны.

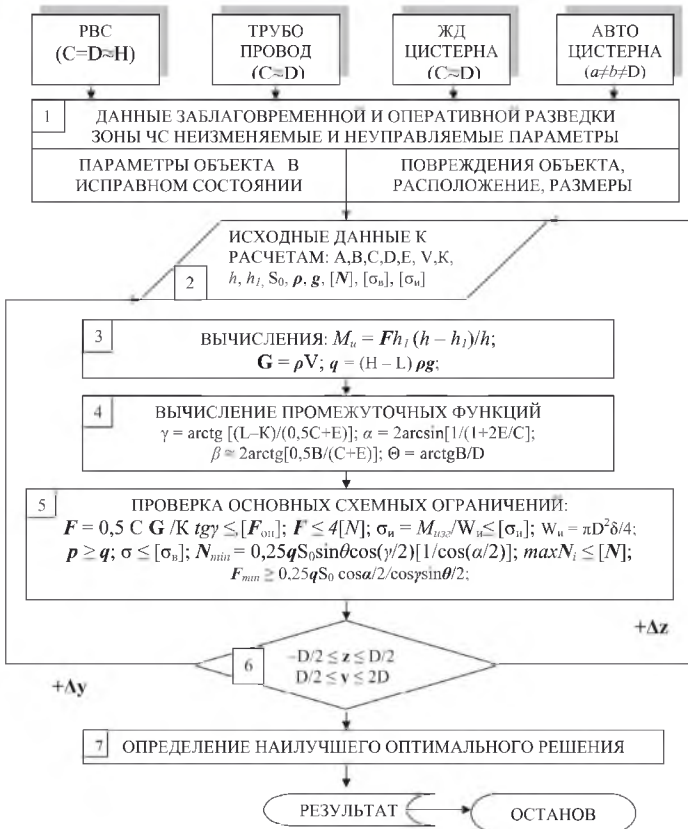


Рис. 1. Алгоритм к созданию тактического обеспечения МК1

Итак, в рассматриваемой обобщенной модели принятия решений в условиях определенности, как уже говорилось, к числу управляемых переменных (варьируемые параметры) относятся те, из множества которых, в связи с экстремальной ситуацией, может выбирать принимающий решения руководитель работ:

-  $y = E$  (по горизонтали) – расстояние от центра объема **O** до крюка тросовой лебедки, изменяющееся в пределах от  $D/2$  до  $2D$ ;

-  $z = K$  (по вертикали) – расстояние от центра объема **O** до крюка тросовой лебедки, изменяющееся в пределах от  $-D/2$  до  $D/2$ ; а также  $p$  - давление в пневморезервуаре ППл, на которое накладываются прочностные ограничения. Заметим, что все виды ограничений обычно ситуационно обусловлены. Вместе с этим в каждой из рассматриваемых задач дополнительно вводятся свои специфические ограничения, присущие характеру той или иной задаче.

Главные из прочностных ограничений к этим задачам принятия решений в условиях определенности имеют вид:

$$N_i \leq [N], i=1, \dots, 4; \sigma \leq [\sigma_b], \quad (3)$$

Где в (3) идет речь о недопустимых значениях нагрузок на трос лебедки и на оболочку ПШл, которые при работе МК1 не должны превышать своих допустимых значений (с учетом запаса прочности).

Таким образом формируется конкретный алгоритм решения задач с применением МК1 в составе АСК-МФ.

Если в задачах герметизации аварийных трубопроводов и транспортных емкостей хранения жидкостных средств учесть условие

$$z = (L-K)$$

где  $L$  – высота расположения аварийного дефекта;

$K$  – высота, на которой располагается крюк лебедки на автотранспортном средстве по оси  $Oz$  ( $z = K$ ), то выражение (1) функционально будет зависеть от одного варьируемого параметра  $E$  и принимает вид

$$\min f(k, A, B, C, D, H, L, S_0, E, K), \quad (4)$$

$E$

$$f = \begin{cases} -1, & \text{если ситуация после вмешательства ухудшилась} \\ +1, & \text{если оперативные действия улучшили ситуацию} \end{cases} \quad (5)$$

Пусть, для определенности, прочностные характеристики гибких такелажных строп обеспечивают прижатие ПШл с требуемым усилием  $F$  – первое условие из (2) удовлетворено. Тогда, в соответствии с разработанным (рис. 1) алгоритмом определения  $N_i \leq [N]$ , можно заблаговременно установить упомянутый полный список искомых решений

Блок-схема решения задачи. Согласно изложенному сформируем конкретный алгоритм решения задач рационального применения пневморезервуаров при герметизации аварийных объектов транспортировки и хранения жидкостей с помощью МК1 в составе АСК-МФ.

Алгоритм должен включать в себя как минимум четыре типа объектов герметизации (рис. 1): резервуары большой вместимости РВСы, трубопроводы, ЖД цистерны и современные автоцистерны с цилиндрическими емкостями для перевозимых ими жидкостями. (Устаревшие автоцистерны с эллиптическими емкостями нами не рассматривались.) Каждому из объектов соответствует объединение геометрических особенностей задачи статике, а также физических особенностей, устанавливаемых на основе паспортных данных охраняемых объектов и данных оперативной разведки. Кроме того имеются условия выхода из задачи. Чтобы не загромождать текст излишними пояснениями, малозначительные детали здесь не приводятся. Тем не менее, используя алгоритм по предложенной нами схеме (рис. 1), руководитель работ оперативно может принимать лучшие решения с точки зрения их эффективности и безопасности. Достоверность метода и получаемых результатов проиллюстрируем на практическом примере герметизации аварийного РВС.

Действительно, как следует из приведенной схемы, для рассматриваемого многообразия ситуаций выделено четыре различных, с точки зрения вводимых данных, случая. Каждый из них (при получении тревожного сообщения) одно-

значно определяет последовательность выполнения ремонтно-восстановительных работ и универсальным образом вписывается в алгоритм (рис. 1).

**Блок 1.** Пусть данный случай соответствует возникновению аварийной ситуации на РВС-2000. Тогда, по прибытию на место аварии звено оперативной разведки прежде всего устанавливает место и характер повреждения, например, боковой поверхности обшивки РВС, а именно: ориентировочную площадь пробоины  $S_0$  и высоту ее расположения  $L$ , а так же другие параметры, характеризующие сохраняемую в емкости жидкость.

**Блок 2.** Все данные по конкретному объекту, вместе с данными заблаговременной разведки, что заранее введены в РС, обрабатываются на уровне подготовки исходной информации к компьютерным расчетам.

**Блок 3.** На их основе практически мгновенно формируются промежуточные функции, зависящие от варьируемых переменных  $z$  и  $y$  в соответствующей ситуации в пределах:  $-D/2 \leq z \leq D/2$ ;  $D/2 \leq y \leq 2D$ .

**Блок 4.** Затем, методом табличного представления зависимостей для внешних силовых факторов вычисляются искомые функции с заданным шагом дискретизации.

**Блок 5.** Наконец, производится проверка основных схемных ограничений и формируется полный список позитивных решений, из которых будет выбираться наилучшее согласно (4). На выходе блока формируется необходимая информация для последующего поиска оптимального решения о наилучшем месте расположения крюка лебедки.

**Блок 6 и 7.** Перебор всех решений полного списка и выбор оптимального.

Итак, имеем реализацию конкретной ситуации в следующей последовательности:

1) Введенные в РС заблаговременно данные о РВС-2000:

Категория III-в. Стальной корпус емкостью  $2000\text{ м}^3$  ЛВЖ (бензин). Диаметр  $D = 15,2$  м; высота  $H = 12$  м; (полное наполнение); расстояние с соседним РВС не более 30 м. Минимальное расстояние от стенок РВС до обвалования 3 м с высотой обвалования 1-4 м.

2) Блок 2 пополняется данными оперативной разведки, в частности: ориентировочная площадь аварийного дефекта –  $S_0$ ; место его расположения на обшивке корпуса РВС –  $L$ . Например,  $S_0 = 0,1 \text{ м}^2$ ,  $L = 6,0$  м.

Очевидно, в этом случае в качестве IIIл может быть применен пневморезервуар АСП-10 с площадью эффективного примыкания к поверхности  $S_1 = A_1 \times A_1 = 0,25 \text{ м}^2$ . Причем, давление жидкости внутри РВС на высоте  $L$  определяется автоматически согласно выражению для гидростатического давления бензина на уровне  $(H - L)$  при  $\rho = 0,7 \text{ кг/дм}^3$ ,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ . Приведа все исходные данные к системе СИ, получим из (2) сравнительно небольшую величину давления жидкости, вытекающей из аварийного РВС:

$$q = (H - L) \rho g = 4,4 \times 10^{-2} \text{ МПа} \quad (6)$$

То есть пневморезервуар низкого давления АСП-10, имеющий предельно допустимое рабочее давление  $p_m = 45,0 \times 10^{-2} \text{ МПа}$  вполне безопасно может быть использован в этом случае, как пневмопластырь.

3) Вычисление в табличной форме промежуточных функций, зависящих от варьируемых переменных  $z$  и  $y$ , осуществляется в пределах:  $-H/2 \leq z \leq H/2$ ;

$D/2 \leq y \leq 2D$  согласно выбранному шагу  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  для осесимметричной задачи. Причём, в программном блоке 5 шаг вычислений задается и используются для проверки основных схемных ограничений в области решений, обеспечивающих безопасное использование миникомплекса МК1, как показано на рис. 2.

Итак, имеем выражение для вычислений величины силы, необходимой для обеспечения условий герметизации дефектного РВС-2000 с помощью нами разработанного мини комплекса МК1:

$$F^- = qS_0 \cos \alpha/2 \cos \beta/2 \cos \Delta\gamma / \sin 0/2, \quad (8)$$

где  $\alpha = 2\arcsin[1/(1+2E/C)]$ ;

$\beta \approx \arcsin((B/2)/\sqrt{(0,5H - K)^2 + (C + E)^2})$ ;

$\Delta\gamma = \arctg [(L-K)/(0,5C+E)]$ ;

$\Theta = \arctg B/D$

Выражение (8) и исходные данные к рассматриваемому примеру в пространстве компьютерного математического обеспечения Excel нетрудно интерпретировать как решение задачи принятия решений в пространстве координат:  $F^-$ ,  $E$ ,  $K$  (рис. 3).

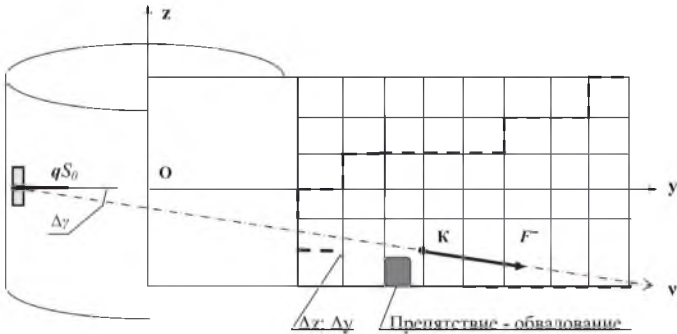


Рис. 2. Определение границ области рациональных решений безопасного использования миникомплекса МК1 на аварийном РВС: диаметр  $D = 15,2$  м; высота  $H = 12$  м; (полное наполнение);  $S_0 = 0,1$  м<sup>2</sup>,  $L = 6,0$  м

Вполне понятно что, чем меньше по величине требуемая для герметизации объекта сила  $F^-$  на крюке МК1, тем условия работы всего мини комплекса будут более безопасны, т.к. при этом легче обеспечить выполнение всех ограничений из (2) – самая нижняя точка  $K_0$  поверхности с координатами, что не противоречит ранее сделанному выводу о преимуществах использования варианта б) при герметизации с помощью ПШЛ.

Но реальная обстановка на аварийном объекте может накладывать свои ограничения на задачи оптимизации – присутствие в рабочем пространстве применения МК1 различного рода препятствий (технологического оборудования, обвалования, самой машины и т.п.) Так, что фактически здесь может идти речь о поиске рационального места размещения крюка лебедки МК1 в составе АСК-МФ.

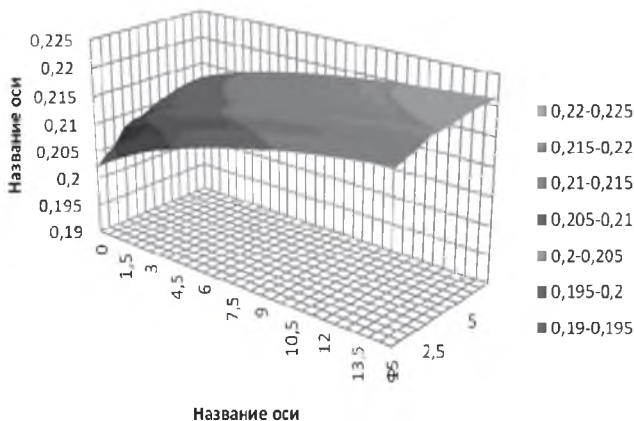


Рис. 3. Интерпретация поиска рационального места расположения крюка МК1 в задаче принятия решения при герметизации РВС

Естественно, как видно из рис. 3, прямо пропорционального соответствия между величинами действующих сил  $F^+$  и границами нарушения целостности несущего корпуса РВС фактически не существует. Тем не менее, при соответственно постоянной объемной плотности хранящейся жидкости и условно неизменном ее объеме (отсутствие значительных одномоментных потерь жидкого сырья), вполне возможно оперативно загерметизировать аварийный РВС, применяя предложенное устройство и способы его задействования. Предварительно, доведя задачу до «условий определенности», как об этом говорилось ранее.

**Вывод.** Используя алгоритм к созданию тактического обеспечения МК1 по предложенной нами схеме, руководитель работ оперативно может принимать лучшие решения с точки зрения их эффективности и безопасности.

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Голендер В.А. Уточняемая модель принятия решений по пожарной тактике / Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. Вып. 5. – Харьков: ХИПБ МВД Украины, 1999. – С. 68-72.
2. Аветисян В.Г., Голендер В.А., Палюх В.Г. Подъемное комбинированное устройство для проведения аварийно-спасательных работ / Проблемы пожарной безопасности. Сб. праць під ред. Антонова А.В. – К.: УкрНДППБ МВС України, 1995. – С. 152-153.
3. Голендер В.А. Создание пожаротушащих установок и тактического обеспечения к ним / Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. Вып. 4. – Харьков: ХИПБ МВД Украины, 1998. – С. 48-53.
4. Касьян О.І. Підвищення безпеки аварійно-відновлювальних робіт із ліквідації наслідків обвалення будівельних конструкцій: автореф. дис. на здобуття наукового ступеню канд. техн. наук: спец. 05.26.01 «Охорона праці» / О.І. Касьян – Дн. – ськ, 2010. – 24 с.