

УДК 681.518

Н.Ю. Хлебников

МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ХРАНЕНИЯ И УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

Рассматриваются характеристики информационно-управляющей системы технической безопасности хранения и уничтожения химического оружия и предлагается критерий для комплексной оценки качества системы

На территории Российской Федерации накоплены огромные запасы химического оружия, которое является одним из видов оружия массового поражения и представляет серьезную опасность всему живому на Земле.

В 1993 году Российской Федерацией подписана международная "Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении" [1]. В целях выполнения международных обязательств в 1996 году разработана федеральная целевая программа "Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации" [2].

Одним из главных направлений работ по реализации программы является обеспечение безопасности хранения и уничтожения химического оружия. В этих условиях необходимым является создание информационно-управляющей системы технической безопасности хранения и уничтожения химического оружия (ИУС ТБХУХО), что предусмотрено в мероприятиях по реализации программы.

ИУС ТБХУХО представляет собой многоуровневую, территориально распределенную систему управления, обеспечивающую выполнение следующих функций:

- организация интегрированной информационной среды для всех предприятий, организаций и ведомств, участвующих в уничтожении химического оружия;

- сбор, доставка на все уровни управления объективной информации о состоянии безопасности процессов хранения и уничтожения химического оружия;

- обработка собранной информации и представление ее должностным лицам;

- поддержка принятия управленческих решений, своевременное доведение принятых решений до исполнителей и контроль за их исполнением.

Степень реализации цели функционирования ИУС ТБХУХО с учетом факторов, воздействующих на информацию, определяется уровнями целостности системы и ее составных частей и должна оцениваться при проектировании, контролироваться при изготовлении и эксплуатации системы.

В соответствии с требованиями нормативных документов при анализе вариантов построения, контроле качества проектирования системы, установлении, оценке и контроле уровня целостности в общем случае [3, 4] должны быть использованы следующие технические характеристики:

- надежность представления запрашиваемой или выдаваемой принудительно информации;

- своевременность представления запрашиваемой или выдаваемой принудительно информации;

- полнота используемой информации;

- актуальность используемой информации;

- безошибочность информации после контроля;

- корректность обработки информации;

- конфиденциальность информации;

- защищенность от опасных программно-технических воздействий;

- защищенность от НСД.

При формировании требований технического задания (ТЗ) по назначению и функциям ИУС ТБХУХО, а также требований ТЗ на составные части системы были установлены следующие показатели характеристик:

- а) надежности представления запрашиваемой или выдаваемой принудительно информации:

- средняя наработка объекта на отказ или сбой $T_{нар}$;

- среднее время восстановления после отказа или сбоя $T_{вос}$;

- коэффициент готовности K_r ;

- вероятность надежного представления и/или доведения запрашиваемой (выдаваемой принудительно) выходной информации $P_{над}$ в течение заданного периода функционирования $T_{зад}$;

б) своевременности представления запрашиваемой или выдаваемой принудительно информации:

среднее время реакции системы при обработке запроса и/или доведение информации $T_{полн}$;

в) полноты используемой информации:

вероятность обеспечения полноты оперативного отражения новых реально существующих объектов учета предметной области $P_{полн}$;

г) актуальности используемой информации:

вероятность сохранения актуальности информации на момент ее использования $P_{акт}$;

д) безошибочности информации после контроля:

- вероятность $P_{бум}$ отсутствия ошибок во входной информации на бумажном носителе при допустимом времени на процедуру контроля $T_{зад}$;

- вероятность $P_{маш}$ отсутствия ошибок во входной информации на машинном носителе при допустимом времени на процедуру контроля $T_{зад}$;

е) корректности обработки информации:

вероятность $P_{корр}$ получения корректных результатов обработки информации за заданное время $T_{зад}$;

ж) сохранения конфиденциальности информации:

вероятность сохранения конфиденциальности информации $P_{конф}$ в течение периода ее активной конфиденциальности $T_{конф}$;

з) защищенности от опасных программно-технических воздействий:

вероятность отсутствия опасного воздействия $P_{возд}$ в течение периода функционирования программы $T_{зад}$;

и) защищенности от НСД:

вероятность сохранения защищенности программы от НСД.

ИУС ТБХУХО представляет собой сложную систему, в создании которой принимает участие большое число предприятий и организаций. Важное значение имеют экономические аспекты создания системы. Степень реализации цели

функционирования системы должна оцениваться при проектировании, контролироваться при изготовлении и эксплуатации с учетом экономических характеристик.

В дополнение к показателям технических характеристик, регламентированных нормативными документами, предлагаются показатели экономических характеристик ИУС ТБХУХО, ее компонентов (оцениваемые при проектировании для обоснования выбранных вариантов технических решений):

- стоимость создания S_c ;

- стоимость эксплуатации S_e .

Стоимость эксплуатации должна контролироваться не только на проектных стадиях, но и при эксплуатации системы.

Большое число технико-экономических показателей, регламентированных нормативными документами для использования в процессах установления, оценки и контроля уровня целостности системы, требует формализации комплексной их оценки. Необходим критерий комплексной оценки качества ИУС ТБХУХО (компонентов системы).

Постановка задачи синтеза критерия для комплексной оценки качества системы (ее компонентов)

Существуют:

1) минимизируемые показатели (P_{mni}), линейно (на всем диапазоне допустимых значений P_{mni}) представляющие качество системы или ее компонента (качество представляется некоторым частным критерием k_i) $k_i = -P_{mni}$;

2) максимизируемые показатели (P_{mxj}), линейно (на всем диапазоне допустимых значений P_{mxj}) представляющие качество системы (качество представляется некоторым частным критерием k_j) $k_j = P_{mxj}$;

3) весовые коэффициенты k_{pi} и k_{pj} , с помощью которых совокупность частных критериев k_i и k_j приводится к системе равнозначных критериев K_i и K_j , позволяющих проводить сравнительную оценку вариантов системы (при которых, например, изменение на любом отрезке диапазона допустимых значений максимизируемого показателя P_{mxj} на величину ΔP_{mxj} эквивалентно с точки зрения качества системы, изменению на любом отрезке диапазона допустимых значений минимизируемого показателя P_{mni} на

величину ΔP_{mni} при условии $k_{pj} \Delta P_{mxj} = -k_{pi} \Delta P_{mni}$):

$$K_i = -k_{pi} P_{mni},$$

$$K_j = k_{pj} P_{mxj}.$$

Для оценки вариантов структуры, для обоснования требований к характеристикам, установления, оценки и контроля уровня целостности ИУС ТБХУХО в процессе ее эксплуатации **необходимо определить** обобщенный критерий (К). Чувствительность критерия к изменениям отдельных показателей должна быть такой, чтобы, например, относительное изменение минимизируемого показателя $\frac{\Delta P_{mni}}{P_{mni}}$ и относитель-

ное изменение максимизируемого показателя $\frac{\Delta P_{mxj}}{P_{mxj}}$ приводили к относительному изменению критерия в соответствии с весовыми коэффициентами k_{pi} и k_{pj} соответственно:

$$\frac{\Delta K}{K} = -\sum_i k_{pi} \frac{\Delta P_{mni}}{P_{mni}} + \sum_j k_{pj} \frac{\Delta P_{mxj}}{P_{mxj}}. \quad (1)$$

Критерий комплексной оценки показателей характеристик системы (ее компонентов)

Для определения конкретного вида критерия преобразуем формулу (1) и проинтегрируем полученное выражение:

$$\begin{aligned} \frac{\partial K}{K} &= -\sum_i k_{pi} \frac{\partial P_{mni}}{P_{mni}} + \sum_j k_{pj} \frac{\partial P_{mxj}}{P_{mxj}}, \\ \int \frac{\partial K}{K} &= \int (-\sum_i k_{pi} \frac{\partial P_{mni}}{P_{mni}}) + \int k_{pj} \frac{\partial P_{mxj}}{P_{mxj}}, \\ K &= C_{\Sigma} \prod_i P_{mni}^{-k_{pi}} \prod_j P_{mxj}^{k_{pj}}. \end{aligned} \quad (2)$$

Постоянная C_{Σ} в выражении (2) может быть использована для масштабирования значений критерия для удобства табличного и графического представления результатов при оценке вариантов технических решений компонентов, установлении, оценке и контроле уровня целостности ИУС ТБХУХО в целом и компонентов при эксплуатации системы.

В отличие от известных критериев синтеза оптимальных модульных систем обработки данных [6], основанных на минимизации различных характеристик (время обслуживания заданного множества запросов пользователей системы, суммарное время загрузки системы и обслуживания запросов и т.д.), в предложенном критерии (2) учитываются и максимизируемые характеристики. Для систематической интеграль-

ной оценки качества ИУС ТБХУХО (ее компонентов) необходим учет всей совокупности характеристик, чем и была обусловлена разработка нового подхода к комплексной оценке качества системы.

Необходимо также отметить еще несколько аспектов предлагаемого подхода к комплексной оценке качества системы.

1. Положительным моментом известных подходов [6] является то, что в критериях учитываются ограничения на отдельные требования к системе.

Линейная чувствительность критерия по формуле (2) в общем случае должна быть справедлива только в определенных диапазонах изменений P_{mni}, P_{mxj} . Для учета ограничений на требования к системе и к компонентам системы необходимо было бы вводить более сложные нелинейные зависимости для чувствительности критерия. Невыполнение требований ТЗ, неоправданные увеличения P_{mni} или уменьшения P_{mxj} должны приводить к соответствующим отрицательным и положительным повышениям чувствительности критерия к значениям параметров. Однако, предполагая, что рассматриваемые диапазоны изменений значений показателей не будут выходить за пределы значимых для практики значений, можно, для снижения сложности задачи расчета критерия комплексной оценки, ограничиться постановкой задачи в рамках формулы (1) и видом критерия по формуле (2). Такое упрощение тем более справедливо, что рассмотренные ниже программные средства инструментальной поддержки расчета критерия комплексной оценки позволяют легко выявлять случаи выхода значений параметров ИУС ТБХУХО за пределы, оговоренные в ТЗ.

2. Показатели, выражаемые в виде вероятности (P), имеют диапазон допустимых значений от 0 до 1. При этом одни и те же относительные изменения таких показателей ($\Delta P/P$) в начале диапазона и в конце диапазона соответствуют совершенно различным изменениям качества с точки зрения потребителей. Например, если за время $t = 10$ ч вероятность P изменяется с 0,5 до 0,55 ($\Delta P/P = 0,1$), то это соответствует изменению наработки T с 14,4 ч до 16,7 ч. В то же время такое же относительное изменение ($\Delta P/P = 0,1$), но в конце диапазона значений P – с 0,9 до 0,99 соответствует изменению наработки T с 99 час до 995 ч. Таким образом, известные вероятностные показатели не удовлетворяют изложенным в постановке задачи допущениям по линейной зависимости качества

системы от значений показателей. В связи с этим в критерии комплексной оценки показателей системы параметры, измеряемые вероятностью, предлагается включать в преобразованном виде $\{T = -\ln(P)/t\}$ или $\{T = -\ln(P)\}$, в качестве альтернативных показателей. Большинство общепринятых показателей характеристик информационных систем являются вероятностными и нелинейно отражают качество системы. Альтернативные показатели, учитываемые по предлагаемой концепции в критерии комплексной оценки, приведены в таблице.

Показатель (P_{mxj})	Альтернативный показатель (P_{mni})
K_r	$-\ln(K_r)$
$P_{\text{полн}}$	$-\ln(P_{\text{полн}})$
$P_{\text{акт}}$	$-\ln(P_{\text{акт}})$
$P_{\text{бум}}$	$-\ln(P_{\text{бум}})/T_{\text{зад}}$
$P_{\text{маш}}$	$-\ln(P_{\text{маш}})/T_{\text{зад}}$
$P_{\text{корр}}$	$-\ln(P_{\text{корр}})/T_{\text{зад}}$
$P_{\text{конф}}$	$-\ln(P_{\text{конф}})/T_{\text{конф}}$
$P_{\text{возд}}$	$-\ln(P_{\text{возд}})/T_{\text{зад}}$
$P_{\text{НСД}}$	$-\ln(P_{\text{НСД}})$

Альтернативные показатели однозначно связаны с соответствующими общепринятыми показателями характеристик системы (компонентов системы) и являются некоторым их преобразованием, предназначенным для превращения в линейную зависимость частных критериев (k_i, k_j) качества системы от показателей.

3. При учете S_3 необходимо учитывать, что S_3 определяется как удельный показатель (как затраты на эксплуатацию в течение определенного временного отрезка; за год или месяц); в критерий оценки вариантов вместо двух отдельных показателей S_c и S_3 вводится один интегральный показатель $S = S_c + S_3 T_{\text{ср.сл}}$, где $T_{\text{ср.сл}}$ - срок эксплуатации системы.

Модели и методики оценки показателей характеристик системы (ее компонентов)

Показатели (P_{mni}) системы (ее компонентов), которые должны быть минимизированы: $S_c, S_3, T_{\text{вос}}, T_{\text{полн}}$.

Показатели (P_{mxj}) системы (ее компонентов), которые должны быть максимизированы: $T_{\text{нар}}, K_r, P_{\text{полн}}, P_{\text{акт}}, P_{\text{бум}}$ (при $T_{\text{зад}}$), $P_{\text{маш}}$ (при

$T_{\text{зад}}$), $P_{\text{корр}}$ (за время $T_{\text{зад}}$), $P_{\text{конф}}$ (в течение $T_{\text{конф}}$), $P_{\text{возд}}$ (в течение $T_{\text{зад}}$), $P_{\text{НСД}}$.

Для оценки указанных показателей технических характеристик программ ИУС ТБХУХО принимаются математические модели, рекомендованные в нормативных документах [3, 4].

В частности, модель для оценки надежности представления информации - при экспоненциальной аппроксимации распределений исходных характеристик и их независимости вероятность надежного представления информации $P_{\text{над}}$ в течение заданного периода $T_{\text{зад}}$ вычисляются по формуле

$$P_{\text{над}} = \frac{T_{\text{нар}}^2}{(T_{\text{вос}} + T_{\text{нар}})(T_{\text{зад}} + T_{\text{нар}})}, \quad (3)$$

где $T_{\text{нар}}$ - среднее время наработки на отказ программно-технических комплексов (ПТК) ИУС ТБХУХО;

$T_{\text{вос}}$ - среднее время восстановления ПТК после отказа;

$T_{\text{зад}}$ - средний задаваемый период надежного функционирования системы (компонента).

Для сравнительной оценки стоимости создания компонентов ИУС ТБХУХО (S_c) принимается методика, изложенная в [5].

Инструментальная поддержка контроля качества системы

при ее проектировании и эксплуатации

Из-за большого числа компонентов системы и распространения процедур контроля качества на процесс эксплуатации размерность задачи определения критерия высокая. На практике в последнее время для оценки показателей качества функционирования систем используются инструментальные средства (инструментально-моделирующий комплекс КОК+ [3, 4], автоматизирующий расчет показателей на основе регламентированных нормативными документами моделей их оценки). Для решения задач выбора вариантов реализации компонентов ИУС ТБХУХО и контроля в процессе эксплуатации качества функционирования компонентов и системы в целом необходимы дополнительные средства инструментальной поддержки, обеспечивающие автоматизацию расчета критерия комплексной оценки (K) и оценок стоимости создания компонентов системы (S_c), а также предоставление пользователям определенного сервиса при анализе многомерных данных.

В последнее время анализ многомерных данных интенсивно развивается в технологии хранилищ и витрин данных.

Технология организации коллекции данных и проведения их анализа в современных системах поддержки принятия решений и, в частности, в многомерных базах данных [7] хорошо согласуется с потребностями организации компьютерного хранения и многомерного анализа данных, формируемых в соответствии с предлагаемой концепцией оценки качества ИУС ТБХУХО.

Для реализации предложенного подхода к оценке технико-экономических показателей ИУС ТБХУХО разработаны:

программа, автоматизирующая оценочные расчеты трудоемкости проектирования компонентов системы ("Программа автоматизированной оценки трудоемкости разработки компонентов системы");

программа, автоматизирующая расчет критерия комплексной оценки характеристик компонентов и системы в целом и реализующая хранилище данных для накопления значений показателей, изменяющихся в различные моменты времени жизненного цикла системы ("Программа расчета критерия комплексной оценки характеристик системы").

Программа автоматизированной оценки трудоемкости разработки компонентов системы и распределения трудоемкости по стадиям создания включает базу данных, содержащую нормативную базу, заимствованную в [5], а также данные по системе и ее компонентам, для которых определяются трудоемкости разработки.

Программа расчета критерия комплексной оценки характеристик системы включает базу данных, содержащую данные по критерию (включенные в критерий показатели, весовые коэффициенты и т.д.), а также данные по компонентам и значениям показателей их характеристик. Данные по компонентам системы, для которых рассчитывается критерий, заимствуются из базы данных программы автоматизированной

оценки трудоемкости разработки компонентов системы.

Постоянно пополняемая по ходу выполнения проекта коллекция данных обеспечивает оценку вариантов технических решений компонентов системы и используется при управлении качеством работ и контроле соответствия создаваемой системы требованиям ТЗ на ИУС ТБХУХО, а также при контроле целостности системы (компонентов) в процессе эксплуатации.

Библиографический список

1. Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении. Ратифицирована в соответствии с Федеральным законом "О ратификации Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении" от 05.11.1997 №138-ФЗ.
2. Федеральная целевая программа "Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации", утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 21.03.1996 №305.
3. Резников Г.Я., Костогрызов А.И. Моделирование процессов в свете требований международных стандартов ISO/IEC 15288 // Информационные технологии в проектировании и производстве. -2004. -№ 1.
4. Бабин С.А., Костогрызов А.И., Резников Г.Я., Родионов В.Н. Количественная оценка защищенности автоматизированных систем от несанкционированного доступа // Информационные технологии в проектировании и производстве. -2004. -№ 1.
5. Укрупненные нормы времени на разработку программных средств вычислительной техники, -М.: Экономика, 1988.
6. Мамиконов А.Г., Кульба В.В. Синтез оптимальных модульных систем обработки данных. -М.: Наука, 1986.
7. Лисянский К. Архитектурные решения и моделирование хранилищ и витрин данных // Директор информационной службы. - 2002. -№ 3.