

УДК 621.3

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ ИХ УПРАВЛЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ

© 2004 В. И. Сумин, Е. А. Рогозин, И. И. Застрожных

Воронежский институт МВД РФ

Рассматривается способ организационно-технологического управления перспективными программными системами защиты информации (ППСЗИ) на основе комплексной оценки качества их функционирования в автоматизированных системах (АС). Приводятся результаты анализа исследования критерия временной агрессивности функционирования ППСЗИ при управлении качеством их функционирования в АС.

Организация защиты информации (ЗИ) в автоматизированных системах (АС) на основе перспективных программных систем защиты информации (ППСЗИ), в соответствии с функциональными требованиями ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-2002, предполагает осуществление непрерывного управления процессами ЗИ. В соответствии с существующей тенденцией в теории управления сложными системами, наиболее перспективным направлением организации управления качеством функционирования ППСЗИ является применение организационно-технологического управления процессами ЗИ в АС на основе оценки качества функционирования ППСЗИ. Качество функционирования ППСЗИ оценивается с помощью системы критериев качества содержащей интегральный критерий ($E_{\text{и}}$) и шесть элементарных критериев: функциональность ($E_{\text{ф}}$), адекватность функционирования ($E_{\text{аф}}$), временная агрессивность функционирования ($E_{\text{ва}}$), ресурсная агрессивность функционирования ($E_{\text{ра}}$), функциональная агрессивность функционирования ($E_{\text{фа}}$) и удобство использования ($E_{\text{уи}}$) [1].

Оценка критериев ($E_{\text{ф}}$), ($E_{\text{ра}}$), ($E_{\text{фа}}$) и ($E_{\text{уи}}$) осуществляется на основе анализа программной документации на ППСЗИ при помощи качественной шкалы, предполагающей лингвистическую оценку в виде одного из значений «допустимо», «недопустимо», что дает возможность введения булевой переменной.

Критерий временной агрессивности функционирования ($E_{\text{ва}}$) вычисляется на основе

моделирования динамики функционирования ППСЗИ [2]. Временную агрессивность функционирования ППСЗИ можно количественно выражать вероятностью своевременной реализации защитных функций [3]

$$E_{\text{ва}} = P(\tau_{di} \leq \tau_m),$$

где τ_{di} — время реализации ППСЗИ защитных функций, τ_m — максимально допустимое время реализации защитных функций. Определение данного критерия осуществляется в соответствии с методикой оценки вероятности своевременной реализации функций ЗИ приведенной в [4].

Оценка критерия адекватности функционирования ППСЗИ ($E_{\text{аф}}$) осуществляется на основе анализа параметров функционирования управляемых программных средств защиты информации (ПСрЗИ), применяемых в ППСЗИ, характеризующих эффективность выполнения данными средствами возложенных на них защитных функций. Оценка критерия $E_{\text{аф}}$ представляется в виде вектора частных критериев управляемых ПСрЗИ ($E_{\text{аф}i}$). Измерение частных критериев осуществляется при помощи шкалы качественных переменных, предполагающей оценку в виде натурального числа. Значения переменных данных критериев определяются экспертным путем.

Комплексная оценка качества функционирования ППСЗИ осуществляется с помощью интегрального критерия качества функционирования ППСЗИ ($E_{\text{и}}$) объединяющего элементарные критерии рассмотренные

выше. Критерии E_{ϕ} , E_{pa} , $E_{\phi a}$ и E_{yn} в силу их булевозначности не могут рассматриваться в качестве интегрального критерия, а могут быть только в ограничениях. Критерий временной агрессивности функционирования ППСЗИ также целесообразно использовать в ограничениях, так как требование к оперативности АС накладывает соответствующее ограничение на функционирование ППСЗИ. Напротив, критерий адекватности функционирования ППСЗИ, характеризующий эффективность выполнения данной системой возложенных на нее защитных функций, целесообразно рассматривать как интегральный критерий качества функционирования ППСЗИ при выполнении приведенных выше ограничений.

Исходя из этого выражение для оценки интегрального критерия качества функционирования ППСЗИ, можно записать в следующем виде:

$$E_{\text{и}} = \begin{cases} E_{\text{аф}}, & \text{если } (E_{\text{ва}} \geq E_{\text{минва}}) \wedge E_{\phi} \wedge E_{\text{ра}} \wedge E_{\phi a} \wedge E_{\text{yn}} = 1, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

где $E_{\text{минва}}$ — минимальное значение временной агрессивности функционирования ППСЗИ, заданное документацией на АС [3].

На основе приведенной выше комплексной оценке качества функционирования ППСЗИ осуществляется управление качеством функционирования ППСЗИ. Организационно-технологическое управление качеством функционирования ППСЗИ реализуется с помощью управляемых параметров, позволяющих регулировать качество ППСЗИ за счет изменения своих значений под воздействием управляющих сигналов. В качестве управляемых параметров ППСЗИ взяты регулируемые параметры функций ЗИ оказывающие влияние на временные характеристики функционирования ППСЗИ. К управляемым параметрам функционирования ППСЗИ, выявленным на основе анализа ее динамики функционирования [2], можно отнести: $l_{\text{аут}}$ — длина (количество символов) части пароля, вводимого вручную при аутентификации пользователя; $l_{\text{доп аут}}$ — длина (количество символов) части пароля, вводимого вручную при дополнительной аутентификации пользователя при его обращении к особо важному ресурсу; $p_{\text{кц}}$ — вероятность

запуска главной тестовой программы; $p_{\text{сп}}$ — вероятность планирования использования специальных преобразований отдельных файлов.

Оптимальное управление, применяемое в АС, в случае когда нерегулируемые параметры в системе на том или ином отрезке времени не меняются, сводится к поддержанию таких значений управляемых параметров, которые обеспечивают максимизацию (или минимизацию) соответствующего критерия оптимального управления [5]. В данном случае, в результате управленческого решения необходимо выбрать такой набор значений управляемых параметров функционирования ППСЗИ, который обеспечивает максимальное значение интегрального критерия качества функционирования ППСЗИ ($E_{\text{и}}$). При этом, задачу принятия решения при организационно-технологическом управлении качеством ППСЗИ можно формализовать как задачу математического программирования [6] следующим образом. Требуется выбрать такую альтернативу $a \in A$ из множества альтернатив A , чтобы было выполнено:

$$\begin{aligned} E_{\text{аф}} &\rightarrow \max, \\ E_{\text{ва}} &\geq E_{\text{минва}}, \\ E_{\phi} \wedge E_{\text{ра}} \wedge E_{\phi a} \wedge E_{\text{yn}} &= 1. \end{aligned} \quad (1)$$

Второе и третье выражения в данной системе дают ограничения по критериям, отражающим требования к ППСЗИ в АС. Выполнение приведенных ограничений предусматривает достаточную полноту реализуемого набора защитных функций ППСЗИ, ресурсную и функциональную неконфликтность функционирования ППСЗИ в АС и допустимые усилиями персонала для реализации эффективного функционирования ППСЗИ.

Анализ особенностей функционирования управляемых ПСрЗИ показывает, что увеличение времени отводимого на реализацию их функций обеспечивает увеличение эффективности данных ПСрЗИ, т.е. увеличение значений частных критериев адекватности функционирования управляемых ПСрЗИ, определяющих критерий адекватности функционирования ППСЗИ. Исходя из этого, задача оптимального управления качеством ППСЗИ сводится к задаче выбора

оптимальных значений управляемых параметров обеспечивающих выполнение ограничений (1) и выражений:

$$E_{\text{ва}} - E_{\text{min ва}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$E_{\text{ва}} \geq E_{\text{min ва}}. \quad (3)$$

При этом, учитывая критичность АС к обеспечению информационной безопасности (ИБ), в качестве критерия оптимальности при выборе значений управляемых параметров предлагается использовать критерий максимизации минимального значения частных критериев адекватности функционирования управляемых ПСрЗИ.

Управление качеством функционирования ППСЗИ, при условии $E_{\text{ва}} < E_{\text{min ва}}$ целесообразно осуществлять наиболее чувствительным управляемым параметром, из приведенного выше набора, обеспечивающим выполнение ограничения (3) при минимальном снижении эффективности ПСрЗИ в данной ситуации. В этом случае в управлении качеством функционирования ППСЗИ не участвуют управляемые параметры:

- значения которых соответствуют минимальным значениям, заданным эксплуатационной документацией на АС;

- ПСрЗИ которых имеют минимальное значение критерия адекватности функционирования за исключением случая, когда значения всех управляемых параметров соответствуют одинаковым значениям частных критериев.

В случае если в процессе управления всеми управляемыми параметрами достигнуты минимальные значения, заданные эксплуатационной документацией на АС, а выполнить ограничение (3) не удалось, то данное ППСЗИ заменяется на более эффективное.

При условии $E_{\text{ва}} > E_{\text{min ва}} + \delta$, где δ — малая величина, управление качеством функционирования ППСЗИ целесообразно осуществлять управляемым параметром ПСрЗИ имеющего минимальное значение оценки частного критерия адекватности функционирования. При наличии нескольких регулируемых ПСрЗИ, имеющих минимальное значение частного критерия, управление осуществляется наименее чувствительным управляемым параметром, обеспечивающим выполнение неравенств (2) и (3) при максимальном повышении эффективности ППСЗИ.

В соответствии с выбранным набором оптимальных значений управляемых параметров осуществляется формирование управляющего воздействия на ППСЗИ обеспечивающего улучшение качества функционирования ППСЗИ (выполнение выражений (2), (3)).

Построение и исследование графических зависимостей критериев качества функционирования ППСЗИ от управляемых параметров при различных значениях внешних параметров представляет значительный интерес в плане теоретического изучения различных закономерностей, имеющих место при организационно-технологическом управлении качеством функционирования ППСЗИ в процессе эксплуатации. Оценка качественных критериев не требует проведения вычислительного эксперимента и исследования зависимостей этих критериев от варьируемых параметров не представляют интереса.

Значительный интерес представляют зависимости критерия временной агрессивности функционирования ППСЗИ от варьируемых параметров. Построение графических зависимостей данного критерия осуществлялось для случая использования ППСЗИ, разработанной на основе широко применяемой типовой ПСЗИ «Спектр-Z» [2]. В качестве внешних варьируемых параметров использовались: $p_{\text{сд}}$ — вероятность планирования использования системной дискеты; $p_{\text{да}}$ — вероятность планирования использования дополнительной аутентификации пользователя при его обращении к особо важному ресурсу; $p_{\text{б}}$ — вероятность блокировки клавиатуры и монитора в результате действий пользователя; $p_{\text{рв}}$ — вероятность выдачи данных пользователю о повреждениях вычислительной среды для ручного восстановления по результатам проверок; $p_{\text{пи}}$ — вероятность планирования использования преобразования информации; $\tau_{\text{м ва}}$ — среднее значение максимально допустимого времени реализации ППСЗИ защитных функций.

Для наиболее полного анализа зависимостей $E_{\text{ва}}(a_i)$ от управляемых параметров a_i , исследования графических зависимостей проводились при значениях внешних параметров близких к предельным. На рис. приведены зависимости $E_{\text{ва}}(a_i)$ для значений внешних параметров: $p_{\text{сд}} = 0,05$; $p_{\text{б}} = 0,03$; $p_{\text{да}} = 0,1$; $p_{\text{рв}} = 0,01$; $p_{\text{пи}} = 0,8$; и фиксированных значе-

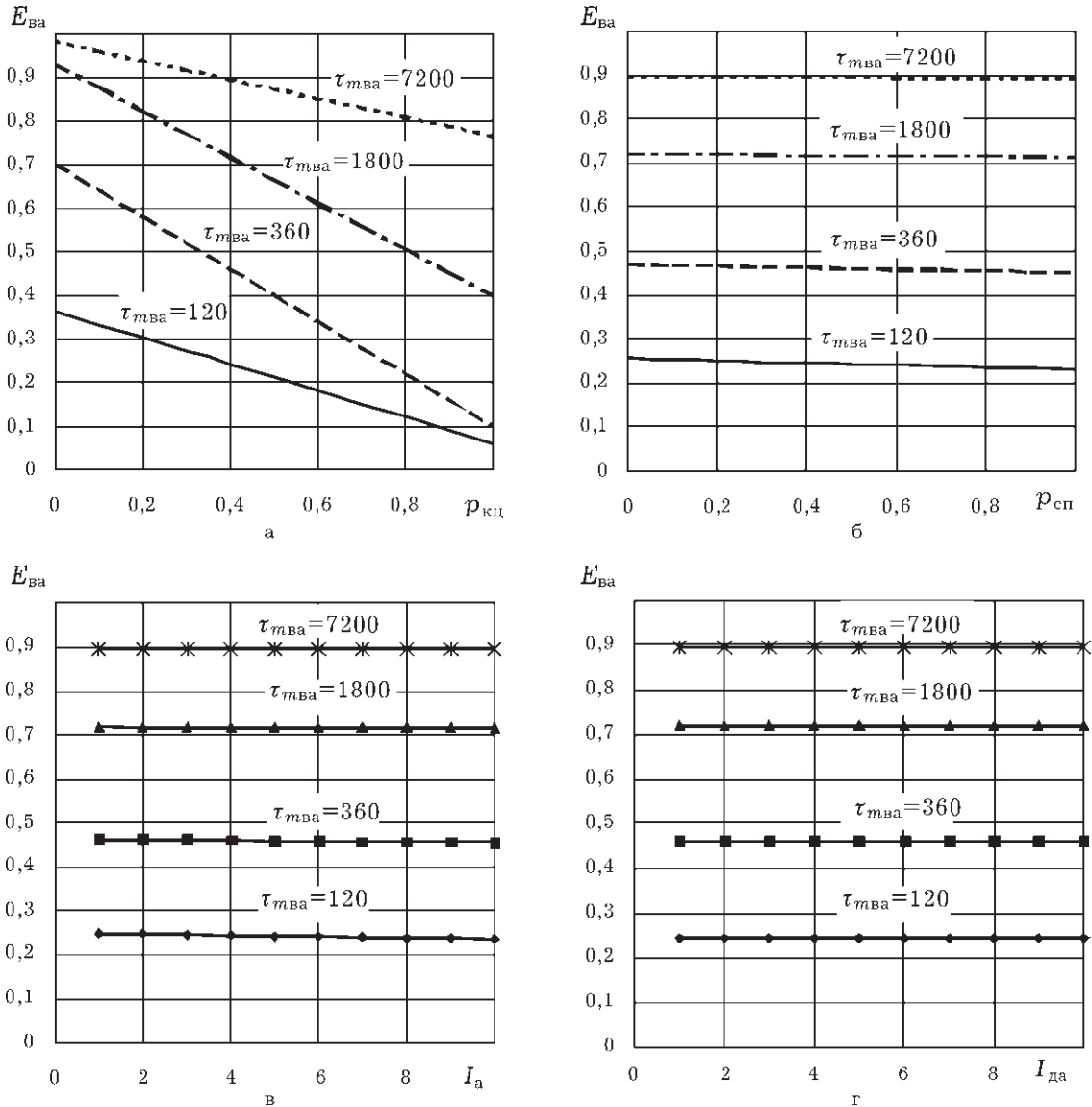


Рис. Зависимость критерия временной агрессивности функционирования ППСЗИ от управляемых параметров: а — от вероятности запуска главной тестовой программы; б — от вероятности планирования использования специальных преобразований; в — от длины пароля, вводимого вручную при аутентификации пользователя; г — от длины пароля, вводимого вручную при дополнительной аутентификации пользователя при его обращении к особо важному ресурсу

ний управляемых параметров: $p_{кц} = 0,4$; $p_{сп} = 0,5$; $l_{аут} = 5$; $l_{доп аут} = 5$, принятых в качестве типовых. Возрастание любой из этих зависимостей интерпретируется как улучшение (по данному показателю) качества функционирования ППСЗИ с ростом управляемого параметра, а убывание — как ухудшение.

Анализ результатов расчетов по исследованию критерия временной агрессивности функционирования ППСЗИ [2], разработанной на основе ПСЗИ «Спектр-Z», позволяет сделать следующие выводы.

1. Характер кривых $E_{ва}(a_i)$ сохраняется при варьировании внешних параметров. Кри-

вая $E_{ва}(p_{кц})$ представляет собой линейную зависимость, монотонно убывающую от максимального значения при $p_{кц} = 0$ до минимального значения при $p_{кц} = 1$. Кривые $E_{ва}(p_{сп})$, $E_{ва}(l_{аут})$, $E_{ва}(l_{доп аут})$ представляют собой линейную зависимость, монотонно не возрастающую при увеличении соответствующего управляемого параметра.

2. Значения критерия временной агрессивности функционирования ППСЗИ, разработанной на основе ПСЗИ «Спектр-Z», существенно зависит от изменения значения $p_{кц}$ и слабо или почти не зависит от изменения значений остальных управляемых

параметров. Диапазон изменения $E_{\text{ва}}(p_{\text{сп}})$, $E_{\text{ва}}(l_{\text{аут}})$, $E_{\text{ва}}(l_{\text{доп аут}})$ составляет единицы %. Это объясняется тем, что процедуры использования специальных преобразований отдельных файлов и ввода вручную пароля при основной и дополнительной аутентификации пользователя характеризуются временными затратами незначительными для данного ППСЗИ.

3. Закономерность изменения кривых $E_{\text{ва}}(a_i)$ с изменением $\tau_{m \text{ ва}}$ сохраняется при варьировании параметров динамики функционирования ППСЗИ. Значение критерия $E_{\text{ва}}$ возрастает при увеличении $\tau_{m \text{ ва}}$. Для зависимости $E_{\text{ва}}(p_{\text{кц}})$ характер возрастания минимального и максимального значения при увеличении $\tau_{m \text{ ва}}$ различен. При малых значениях $\tau_{m \text{ ва}}$ (единицы минут) возрастает главным образом максимальное значение, увеличивая угол наклона линейной зависимости $E_{\text{ва}}(p_{\text{кц}})$, но с дальнейшим ростом $\tau_{m \text{ ва}}$, наоборот, возрастает главным образом минимальное значение, уменьшая угол наклона $E_{\text{ва}}(p_{\text{кц}})$. Для зависимостей $E_{\text{ва}}(p_{\text{сп}})$, $E_{\text{ва}}(l_{\text{аут}})$, $E_{\text{ва}}(l_{\text{доп аут}})$ при увеличении $\tau_{m \text{ ва}}$ закономерность возрастания значений одинакова и характеризуется уменьшением угла наклона этих зависимостей до горизонтального положения (независимости значений критерия от управляемого параметра). Это отражает свойство улучшения качества функционирования ППСЗИ при ослаблении предъявляемых к ней требований.

4. При увеличении $p_{\text{да}}$ до 1, кривые зависимостей $E_{\text{ва}}(p_{\text{кц}})$, $E_{\text{ва}}(p_{\text{сп}})$, $E_{\text{ва}}(l_{\text{аут}})$ изменились слабо относительно типовых ($p_{\text{да}} = 0,1$), не более чем на 1,5 %. Диапазон изменения зависимости $E_{\text{ва}}(l_{\text{доп аут}})$ при значении $p_{\text{да}} = 1$ стал максимальным, однако для данного типа ППСЗИ абсолютный диапазон изменения этой зависимости не превысил 1,5 %. В типовых же условиях функционирования ($p_{\text{да}} = 0,1$) данный диапазон составляет не более 0,1 %. Все это свидетельствует о слабом влиянии управляемого параметра $l_{\text{доп аут}}$ на критерий временной агрессивности функционирования данного типа ППСЗИ. Поэтому, для последующего исследования $E_{\text{ва}}$ данная зависимость не рассматривается.

5. Частота использования системной дискеты оказывает лишь незначительное влияние на критерий временной агрессивности функционирования ППСЗИ. При увеличении $p_{\text{сд}}$

до 1, значения зависимостей $E_{\text{ва}}(p_{\text{кц}})$, $E_{\text{ва}}(p_{\text{сп}})$, $E_{\text{ва}}(l_{\text{аут}})$ уменьшились слабо относительно типовых ($p_{\text{сд}} = 0,05$), не более чем на 3 %. Это объясняется тем, что использование системной дискеты в процессе функционирования данного ППСЗИ связано с незначительными дополнительными временными затратами.

6. С ростом $p_{\text{б}}$, вызванной увеличением случаев некорректного действия пользователей, часто приводящих к блокировке клавиатуры и монитора, критерий $E_{\text{ва}}$ не только не убывает, а даже в той или иной степени возрастает. Так, при $p_{\text{б}} = 0,5$, значения зависимостей $E_{\text{ва}}(p_{\text{кц}})$, $E_{\text{ва}}(p_{\text{сп}})$, $E_{\text{ва}}(l_{\text{аут}})$ значительно увеличились относительно типовых ($p_{\text{б}} = 0,03$), достигая абсолютного прироста до 45 % (для $E_{\text{ва}}(p_{\text{кц}})$, при $p_{\text{кц}} = 1$ и $\tau_{m \text{ ва}} = 120$). При этом критерий $E_{\text{ва}}$ очень слабо зависит от управляемых параметров. Однако рост критерия $E_{\text{ва}}$ за счет увеличения $p_{\text{б}}$ не приводит к увеличению эффективности функционирования АРМ по прямому назначению. Напротив, она только уменьшается, за счет снижения эффективности обработки информации самой АС. Вместо решения функциональных задач АС, соответствующих ее прямому назначению, приходится решать дополнительные задачи по расследованию произошедших инцидентов с желательным устранением вызвавших их причин.

7. При увеличении $p_{\text{рв}}$ до 1, кривые зависимостей $E_{\text{ва}}(p_{\text{сп}})$, $E_{\text{ва}}(l_{\text{аут}})$ для больших значений $\tau_{m \text{ ва}}$ (порядка нескольких десятков минут) на графиках смещаются вниз к кривым для малых значений $\tau_{m \text{ ва}}$ (порядка нескольких минут). Кривые зависимостей $E_{\text{ва}}(p_{\text{кц}})$ для больших значений $\tau_{m \text{ ва}}$ становятся более крутыми. Это объясняется следующим: чем чаще проводится ручное восстановление ППСЗИ, отличающееся весьма большими временными затратами (от 30 мин до 8 ч), тем больше суммарные временные затраты на реализацию ППСЗИ защитных функций, что особенно характерно для больших значений $p_{\text{кц}}$. При малых $\tau_{m \text{ ва}}$ указанные зависимости практически остаются неизменными относительно типовых, так как величина критерия $E_{\text{ва}}$, характеризующая своевременность реализации ППСЗИ защитных функций, мала и поэтому она слабо зависит от $p_{\text{рв}}$. Таким образом, при значительных угрозах ИБ, часто при-

водящих к грубому нарушению целостности рабочей среды АРМ, требующему ручного восстановления, необходимо поддерживать относительно низкий уровень $p_{кц}$, во избежание негативного влияния ППСЗИ на эффективность функционирования АРМ по прямому назначению. Повышать ИБ при этом необходимо за счет увеличения значений остальных управляемых параметров, обеспечивая тем самым низкий уровень параметра $p_{рв}$.

8. Частота использования преобразования информации оказывает более существенное влияние на управление качеством функционирования ППСЗИ, чем частота использования системной дискеты. Эта зависимость также носит характер убывания. В отличие от предыдущего случая, к изменению параметра $p_{пи}$ более чувствительны зависимости с малыми значениями $\tau_{m\text{ ва}}$ (порядка нескольких минут). Так, с уменьшением $p_{пи}$ до 0,01, кривые зависимостей $E_{ва}(p_{сп})$, $E_{ва}(l_{аут})$ на графиках смещаются вверх, причем смещение этих зависимостей для малых значений $\tau_{m\text{ ва}}$ более существенно (достигает абсолютного прироста до 15 %), чем для больших значений $\tau_{m\text{ ва}}$ (абсолютный прирост не более 3 %). Кривые зависимостей $E_{ва}(p_{кц})$ становятся более крутыми, причем возрастает главным образом максимальное значение. При этом, смещение этих зависимостей для малых значений $\tau_{m\text{ ва}}$ также более существенно (достигает абсолютного прироста до 23 %, при $p_{кц} = 0$). Все это объясняется тем, что использование преобразования информации связано с более существенными временными затратами, чем использование системной дискеты, и при уменьшении значений управляемых параметров (особенно $p_{кц}$) ее роль в определении временных затрат на реализацию ППСЗИ защитных функций возрастает.

Проведенное исследование критерия временной агрессивности функционирования ППСЗИ позволило выявить ряд закономерностей, имеющих место при организацион-

но-технологическом управлении их качеством функционирования. Осуществленная тем самым апробация предлагаемого способа комплексной оценки качества функционирования ППСЗИ как объекта управления не противоречит известным данным и показывает его широкие возможности при организации управления качеством функционирования ППСЗИ.

Таким образом, предложенный способ организации управления позволяет осуществлять эффективное управление качеством функционирования ППСЗИ с целью повышения безопасности информации в АС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубровин А.С., Застрожных И.И., Rogozin Е.А. и др. Показатели качества функционирования программной системы защиты информации в АСУ критических применений // Проблемы обеспечения надежности и качества приборов, устройств и систем: Межвуз. сб. науч. тр. Воронеж: ВГТУ, 2002. С. 220—235.
2. Львович Я.Е., Сумин В.И., Застрожных И.И., Rogozin Е.А., Дубровин А.С. Формализация функционирования перспективной программной системы защиты информации автоматизированных систем // Телекоммуникации. 2004. № 1. С. 38—43.
3. Сумин В.И., Rogozin Е.А., Застрожных И.И., Дубровин А.С. Комплексная оценка критериев качества функционирования перспективных программных систем защиты информации // Охрана и безопасность — 2003: Сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. Воронеж: ВИ МВД России, 2003.
4. Дубровин А.С., Застрожных И.И., Макаров О.Ю., Rogozin Е.А. Математическая модель оценки качества функционирования перспективной программной системы защиты информации // Проблемы обеспечения надежности и качества приборов, устройств и систем: Межвуз. сб. науч. тр. Воронеж: ВГТУ, 2003. С. 138—148.
5. Глушков В.М. Кибернетика. Вопросы теории и практики. М.: Наука, 1986. 488 с.
6. Оптимальное управление и математическое программирование: Пер. с англ. / Д. Табак, Б. Куо. М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1975. 280 с.