

### Литература

1. ARINC 651. Руководство по проектированию интегральной модульной авиационной электроники: Пер. англ. США. – Мериленд, 1991. – 278 с.
2. Информационные технологии в наукоемком машиностроении // Под общ. ред. А. Г. Братухина. – К.: Техніка, 2001. – 728 с.
3. Современные концепции управления проектом компьютерно-интегрированной логистической поддержки виртуального авиапредприятия на жизненном цикле /В. М. Воробьев, А. Д. Киселев, П. Р. Левковец и др. //Проблеми інформатизації та управління: Зб. наук. пр. – К.: НАУ, 2004. – Вип. 11.– С. 96 – 101.
4. Математическая модель и алгоритм синтеза оптимального комплексирования авионики перспективных воздушных судов на стадии замысла /В. М. Воробьев, А. Д. Киселев, В. А. Захарченко и др. //Автошляховик України. – К.: НТУ, 2005. – №1. – С.56 – 63.
5. Воробьев В. М., Вуйцик В. Идентификация динамических характеристик систем автоматического управления полетом в условиях серийного авиазавода //Комплексная автоматизация промышленности: Сб. науч. тр. МНТК. – Вроцлав: ВПИ, 1989. – С.309 – 313.
6. Воробьев В. М., Вуйцик В. Критерии качества систем автоматического управления полетом воздушных судов //Вопросы оптимального обслуживания и ремонта АиРЭО ВС ГА: Сб. науч. тр. – К.: КИИГА, 1985. – С.83 – 87.
7. Прямий метод оцінки якості в задачах оцінки технічного стану систем автоматичного керування авіадвигунами. / Єнчев С.В. // Проблеми інформатизації та управління: Зб. наук. пр. – Вип.2(20). – К.: НАУ, 2007. – С.67–72.
8. Формирование обобщенного показателя качества функционирования логико-динамических систем авионики в задачах идентификации интегрированных автоматизированных систем управления авиапредприятий / Воробьев В.М., Захарченко В.А., Єнчев С.В., Кондратенко С.В. // Електроніка та системи управління. – 2005. – Вип. 1.– С. 106 – 117.

УДК 62-52

## СИСТЕМЫ ГАРАНТИРУЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ: НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ

Хобин В.А., д.т.н., профессор

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*Для класса САУ, реализующих функцию гарантированного соблюдения установленных регламентами ограничений на режимные переменные объекта, рассмотрены их научные основы, включающие диалектику возникновения, взаимодействие с САУ, реализующими функции регулирования и оптимизации, концепцию теоретическую базу построения. Приведены результаты исследований. Такой класс систем позиционируется как новый и назван системами гарантирующего управления.*

*For ACS' class realising function of the guaranteed observance established by regulations on object's regime variables restrictions, their scientific bases including dialectic of the occurrence, interaction with the ACS realising functions of regulation and optimisation, the concept and construction theoretical base are considered. There are results of the researches. Such systems' class is positioned as new and named by guaranteeing management systems.*

Ключевые слова: система автоматического управления, объект управления, ограничение, гарантирование, оптимизация, экстремальное регулирование.

### Введение

Нарушения режимов работы объектов управления, связанные с выходами режимных переменных за установленные регламентами ограничения, приводят к их аварийным остановам, потерям сырья, браку готовой продукции, перерасходу энергоресурсов, быстрому износу оборудования, необходимости иметь большой штат технологического персонала и ремонтных служб. Проблема усугубляется, если наиболее эффективные режимы близки к предельно допустимым, а объекты управления (ОУ), являются существенно нестационарными и подвержены интенсивным неконтролируемым возмущениям, имеют запаздывание в каналах управления.

Одним из эффективных путей решения этой производственной проблемы является совершенствование систем автоматического управления (САУ). Однако, совершенствование традиционных функций САУ (прежде

всього – функций регулирования и оптимизации) принципиально не может решить проблемы. В некоторых случаях она может быть «смягчена», например, при повышении качества регулирования. В некоторых – наоборот. Например, реализация функции оптимизации эту проблему обостряет. Поэтому, совершенствование САУ должно идти по пути расширения состава реализуемых функций.

Одной из таких функций, актуальность которой была обоснована выше, является функция гарантирования, т.е. гарантированного, с наперед заданной вероятностью соблюдения ограничений, установленных регламентами. Цель данной статьи – системно рассмотреть научные основы САУ, реализующих эту функцию, названных системами гарантирующего управления (СГУ).

1. Диалектика возникновения и развития СГУ, их место среди традиционных САУ и взаимодействие с ними

САУ являются антропогенными системами, целевая функция которых призвана удовлетворять возрастающие потребности практики. Несоответствие объективных потребностей реальным возможностям и является движущей силой развития САУ. Функционально-структурный подход в системном анализе показывает, что возможности таких систем обусловлены их функционально-структурной организацией, а их развитие связано с расширением состава реализуемых ими функций, (подробнее в [1]). При этом максимального эффекта можно ожидать от расширения состава системообразующих функций, но оно является наиболее трудоемким, в частности – наукоемким, т.к. затрагивает в целом как функциональную, так и структурную организацию системы, см. рис. 1. Последняя включает в себя три иерархических уровня: алгоритмическую структуру, техническую структуру и программно-техническую базу. Важно, что, обладая максимальной относительной самостоятельностью развития, программно-техническая база интеллектуального ядра САУ, используя современные компьютерные технологии, спяла практически все ограничения на сложность реализуемых алгоритмов, т.е. на реализацию систем любой функциональной организации.

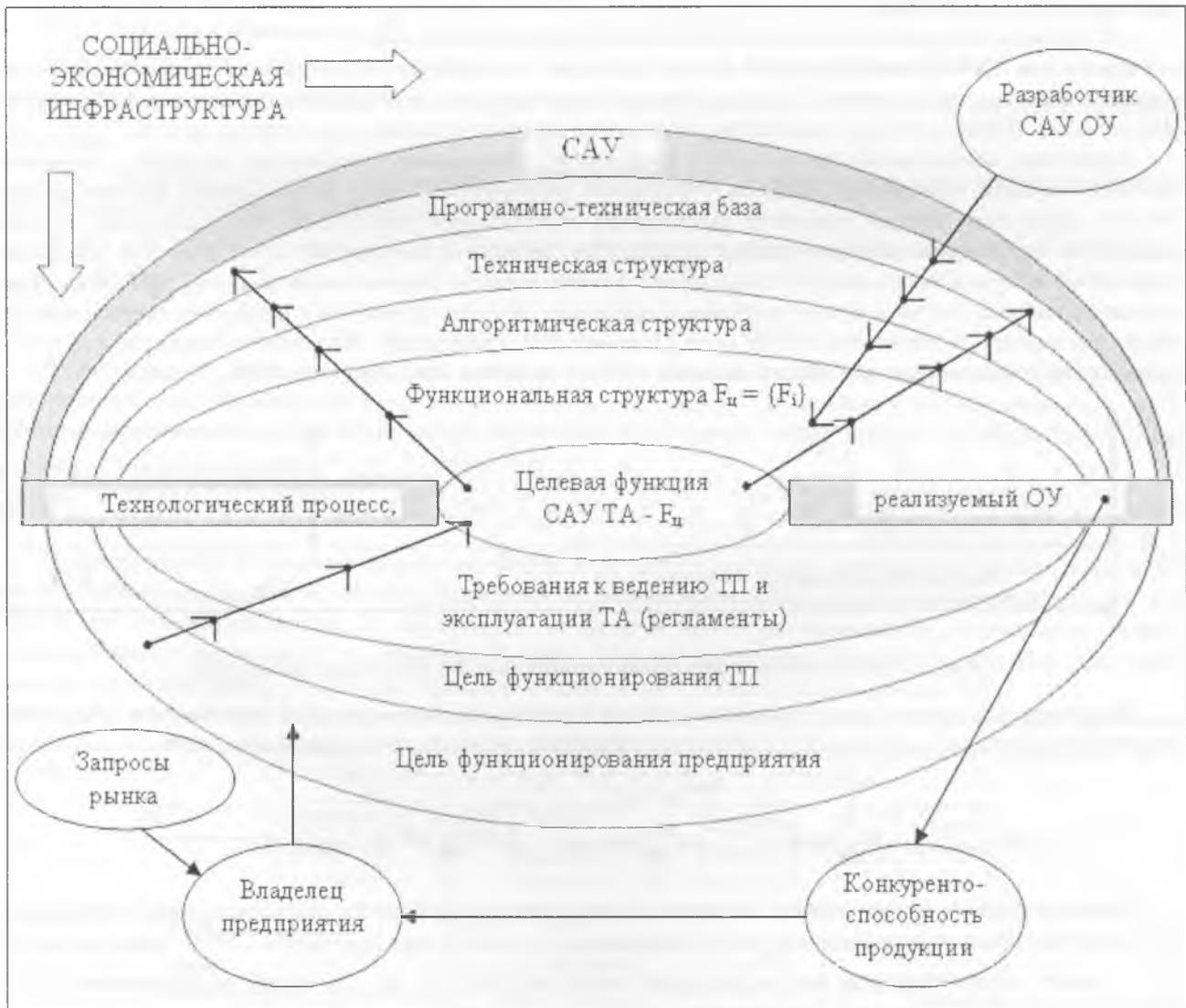


Рис. 1 – Схема формирования целевой функции САУ и ее функционально-структурной организации

Новая функция – функция гарантирования, как и традиционные для САУ функции регулирования, оптимизации, логического управления является системообразующей. Так, целью функции регулирования является обеспечение соответствия текущего состояния объекта заданному –  $\bar{y}(t) = \bar{y}^{ca}(t)$ , функции оптимизации – достижение максимальной текущей эффективности работы объекта –  $\bar{y}(t) = \bar{y}^*(t) = \text{argmax} \{Y(\bar{y}, t)\}$ , функции гарантирования – достижение заданной вероятности соблюдения ограничений регламента  $\bar{y}(t) = \bar{y}^a(t) = \text{arg} \{P(\bar{y} < \bar{y}^{\bar{a}\delta}, t) \geq P^{ca}\}$ .

В [2] рассмотрена функциональная структура САУ с функцией гарантирования, где, в соответствии с ее статусом, она представлена на высшем иерархическом уровне декомпозиции целевой функции. Декомпозиция функции гарантирования конкретизирует задачи, которые целесообразно решать с ее использованием:

- коррекция текущих значений задающих переменных для соблюдения ограничений с гарантированной вероятностью
- определение допустимости оптимальных заданных значений регламентированных переменных по условию обеспечения гарантированной вероятности соблюдения ограничений, и при необходимости – перевод ТА в режим ее стабилизации
- расчет (оптимизация) настроек алгоритмов регулирования по критерию минимума вероятности нарушения ограничений
- прогнозирование момента включения аварийной защиты и запуск упреждающего технологического останова ТА

Появление в функциональной организации САУ новой системообразующей функции дает основания рассматривать системы, реализующие эту функцию, как *новый класс САУ*, в данном случае – класс систем гарантирующего управления.

## 2. Концепция и теоретическая база систем гарантирующего управления

Реализация САУ с новой функцией требует развития ее структурной организации и, прежде всего, ее верхнего иерархического уровня – алгоритмической структуры, т.е. конкретных структур и алгоритмов, ее реализующих. Поскольку эта функция новая, то для этого потребуются новая теоретическая основа.

Концепция, составляющая основу СГУ, предполагает непрерывное оценивание системой в реальном времени текущего значения вероятности соблюдения регламента и такой корректировке режима работы объекта управления, которая обеспечит необходимое значение этой вероятности. Это оценивание требует разработки специальной модели, которая позволит по оценкам характеристик доступных для измерения переменных получить необходимую. Такая модель названа моделью нарушения регламента (МНР). В качестве ее основы выбрана теория выбросов случайных процессов. В соответствии с ней нарушение переменной  $x(t)$  своего регламента  $D_x$ , включающего (в общем случае) два ограничения, «верхнее» и «нижнее» ( $x^{sp+}$  и  $x^{sp-}$ ) рассматривается как выброс случайного процесса (СП)  $x(t)$  за любое ограничение (событие  $S$ ), рис. 2:

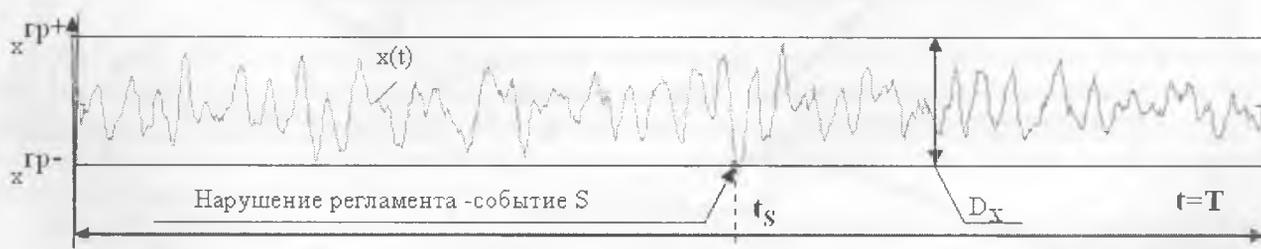


Рис. 2 – Иллюстрация нарушения процессом  $x(t)$  своего регламента  $D_x$

Выражение (1), связывающее среднее количество нарушений регламента  $N_S$  с многомерной плотностью вероятности случайного процесса  $p(\dots)$ , можно рассматривать как математическую основу МНР:

$$N_S(x^{\bar{a}\delta-}, x^{\bar{a}\delta+}, t_0, T) = N_S^-(x^{\bar{a}\delta-}, t_0, T) + N_S^+(x^{\bar{a}\delta+}, t_0, T) = \int_{t_0}^{T-t_0} dt \int_0^\infty \dot{\eta}(t) [p(x^{\bar{a}\delta+}(t), \dot{x}^{\bar{a}\delta+}(t) + \dot{\eta}(t)) + p(x^{\bar{a}\delta-}(t), \dot{x}^{\bar{a}\delta-}(t) - \dot{\eta}(t))] d\dot{\eta}. \quad (1)$$

Непосредственное применение (1) для расчета управляющих воздействий в реальном времени невозможно. Его может позволить конкретизация условий применения (1), характерных для работы САУ. Главные из них: а)  $x(t)$  – может рассматриваться, как нормальный, квазистационарный по случайной составляющей  $\bar{x}^0(t)$ , дифференцируемый, по крайней мере, один раз, СП; б) характеристики СП необходимо заменить их оценками, рассчитываемыми на скользящих интервалах времени  $T_{кст} \ll T$ ; в) события  $S$  могут рассматриваться как поток

редких событий, распределенных по закону Пуассона;  $\gamma$ ) количество событий  $S$  на интервале  $T - N_s(x^{\text{ад}^\pm}, t_0, T)$  и их интенсивность  $- \dot{n}_s(x^{\text{ад}^\pm}, t)$  необходимо сделать монотонными функциями по аргументу  $(x^{\text{ГР}^\pm} - x)$ .

С их учетом выражение (1) принимает вид (2) и может рассматриваться как МНР (подробнее в [3]) достаточно общего вида :

$$\begin{aligned} \dot{N}_s^\pm(x^{\text{ад}^\pm}, t_0, T_{\text{ен}0}) &= \int_{t_0}^{t_0+T_{\text{ен}0}} \dot{n}_s^\pm(x^{\text{ад}^\pm}, t) dt = \int_{t_0}^{t_0+T_{\text{ен}0}} \frac{\hat{\sigma}_x(t)}{2\pi\hat{\sigma}_x(t)} (1 - \hat{r}^2(t))^{1/2} \times \\ &\times \exp\left\{-\frac{1}{2} \text{sign}\Delta x \pm \left(\frac{x^{\text{ад}^\pm}(t) - \hat{m}_x(t)}{\hat{\sigma}_x(t)}\right)^2\right\} \exp\left\{-\frac{1}{2} B^2(t) \pm \sqrt{2\pi} B(t) \Phi(\pm B(t))\right\} dt, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\dot{P}_s(x^{\text{ад}^\pm}, t_0, T) = \exp\{-\dot{N}_s(x^{\text{ад}^\pm}, t_0, T)\} = \exp\left\{-\dot{n}_s(x^{\text{ад}^\pm}, t_0, T_{\text{ен}0}) \frac{\dot{O}}{\dot{O}_{\text{ен}0}}\right\},$$

$$\text{где } B(t) = (1 - \hat{r}^2(t))^{-1/2} \left( \frac{\hat{m}_x(t)}{\hat{\sigma}_x(t)} + \text{sign}\Delta x \pm \frac{x^{\text{ад}^\pm}(t) - \hat{m}_x(t)}{\hat{\sigma}_x(t)} \hat{r}(t) \right);$$

$$\Delta x^\pm = \begin{cases} x^{\text{ад}^\pm} - m_x, N_s^+; \\ m_x - x^{\text{ад}^\pm}, N_s^-; \end{cases}$$

$\dot{P}_s(x^{\text{ад}^\pm}, t_0, T)$  – оценка вероятности события  $\bar{S}$  (отсутствия  $S$  на  $T$ );

$\text{sign}(\dots)$  – знаковая функция;

$\Phi(\dots)$  – интеграл вероятности;

$\hat{m}_x(t), \dot{\hat{m}}_x(t), \hat{\sigma}_x(t), \dot{\hat{\sigma}}_x(t), \hat{r}(t)$  – оценки на  $T_{\text{КСТ}}$  характеристик СП  $x(t)$ , соответственно: математических ожиданий и среднеквадратических отклонений  $x(t)$  и ее первой производной  $\dot{x}(t)$ , коэффициента корреляции  $x(t)$  и  $\dot{x}(t)$ ;

$T_{\text{КСТ}}$  – интервал времени, по возможности более короткий, для которого может быть принята гипотеза о квазистационарности перечисленных оценок.

Задать допустимые значения  $N_s^{\text{ад}^\pm}$  и  $n_s^{\text{ад}^\pm}$  можно, введя понятие гарантированной вероятности события  $\bar{S}$  на  $T - P_s^{\text{ад}^\pm}(x^{\text{ад}^\pm}, T)$ :

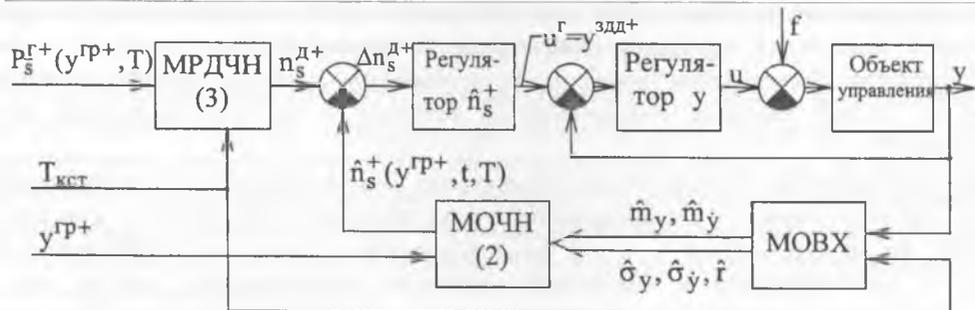
$$n_s^{\text{ад}^\pm}(x^{\text{ГР}^\pm}) = N_s^{\text{ад}^\pm}(x^{\text{ГР}^\pm}, T) / T = -\ln P_s^{\text{ад}^\pm}(x^{\text{ад}^\pm}, T) / T = -\ln P_s^{\text{ад}^\pm}(x^{\text{ад}^\pm}, T_{\text{ен}0}) / T_{\text{ен}0}. \quad (3)$$

В частном, но очень важном для практики случае регламентированная переменная  $x(t)$  является одновременно регулируемой,  $x(t) \equiv y(t)$ , с ограничением, например,  $y^{\text{ГР}^\pm}(t)$ , а работа САР обеспечивает  $m_y \approx y^{\text{ад}^\pm}$ . Это дает возможность, решив обратную по отношению к (2) задачу, найти текущее предельно допустимое значение  $y^{\text{ад}^\pm}$ , при котором  $\dot{P}_s(y^{\text{ад}^\pm}, T_{\text{ен}0}) = P_s^{\text{ад}^\pm}(y^{\text{ад}^\pm}, T_{\text{ен}0})$ :

$$y^{\text{с}^{\text{ад}^\pm}}(t) = \arg\left\{\dot{n}_s^\pm(y^{\text{ад}^\pm}, \hat{\sigma}_y, \dot{\hat{\sigma}}_y, y^{\text{с}^{\text{ад}^\pm}}, \hat{m}_y, \dot{\hat{m}}_y, \hat{r}, T_{\text{ен}0}, t) = n_s^{\text{ад}^\pm}(y^{\text{ад}^\pm})\right\}. \quad (4)$$

Многообразие СГУ отражает ее классификация. В ее основу положены особенности: а) регламентов; б) последствий их нарушений; в) объекта управления, и, прежде всего, характер изменения эффективности его работы при изменениях режима; г) переменных, на которые наложены ограничения; д) вариантов расчета гарантирующего управления; е) конкретного вида модели нарушения регламента, которая при этом используется (подробнее в [4, 5]). Классификация создала основу для конкретизации вида СГУ.

На рис. 3 приведены примеры структурных схем замкнутых СГУ для случая, когда регламентированная переменная является регулируемой  $x(t) \equiv y(t)$ , а регламентом для  $y(t)$  установлено ограничение «сверху»  $y^{\text{ГР}^\pm}(t)$ :



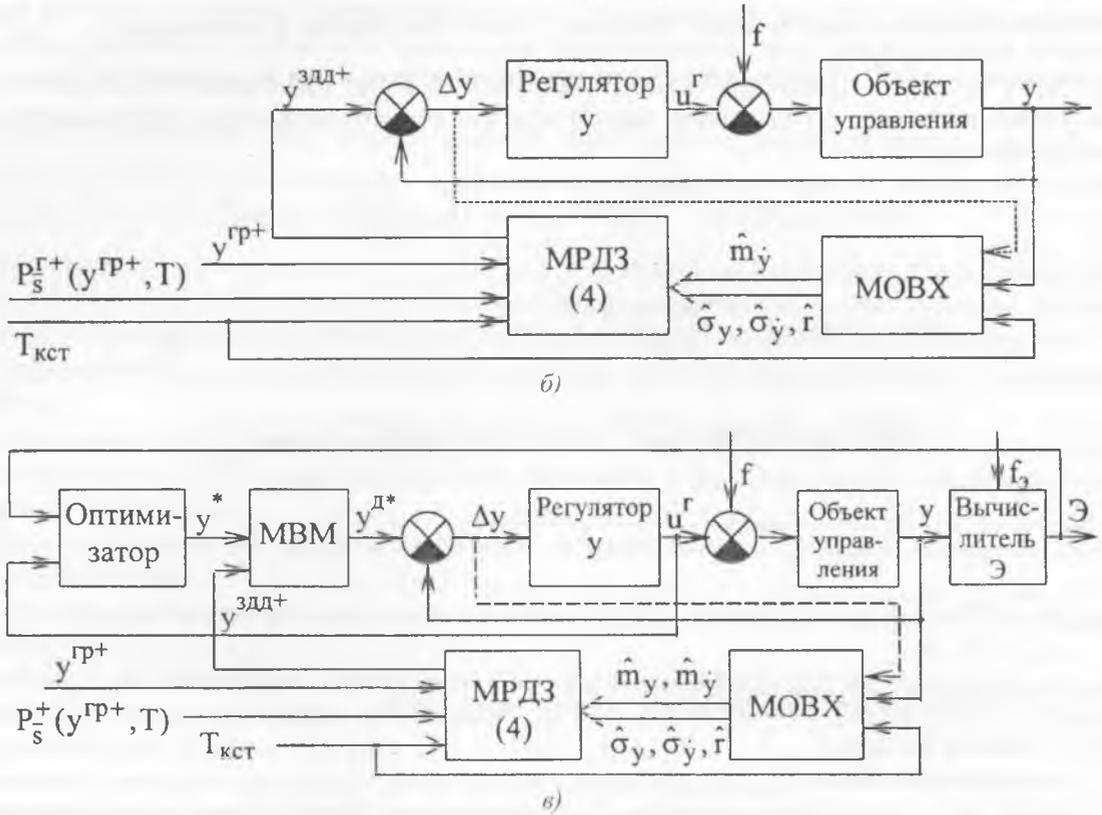


Рис. 3 – Примеры структурных схем замкнутых СГУ

Алгоритмы гарантирующего управления (АГУ) реализуются модулями оценки частоты нарушений (МОЧН) регламента либо расчета допустимого заданного значения (МРДЗ). Их основу составляет МНР, реализуемая в форме прямой или обратной задачи. Альтернативные варианты АГУ строятся на частных случаях МНР (2), когда конкретизируются варианты модели изменения  $m_y(t)$  регламентированной переменной  $y(t) = m_y(t) + \bar{y}^0(t)$ , как случайного процесса (в т.ч. квазистационарной и квазипостоянной на  $T_{кст}$ , с гармонической составляющей, нестационарной на  $T_{кст}$ ), и применения в АГУ процедур прогнозирования  $m_y(t)$ . Приведем здесь один пример АГУ (подробнее в [6-10]) для нестационарной модели  $m_y(t)$  без ее прогнозирования:

$$\begin{aligned} \hat{n}_s^{\pm}(y^{\dot{a}z}, t) &= \frac{\hat{\sigma}_y(t)}{2\pi\hat{\sigma}_y(t)} \exp\left\{-\frac{1}{2} \text{sign}\Delta y \left(\frac{y^{\dot{a}z} - \hat{m}_y(t)}{\hat{\sigma}_y(t)}\right)^2\right\} \times \\ &\times \left\{ \exp\left(-\frac{\hat{m}_y^2(t)}{2\hat{\sigma}_y^2(t)}\right) \mp \sqrt{2\pi} \frac{\hat{m}_y(t)}{\hat{\sigma}_y(t)} \hat{O}\left(\mp \frac{\hat{m}_y(t)}{2\hat{\sigma}_y(t)}\right) \right\}, \quad (5) \\ y^{\dot{a}z}(t) &= y^{\dot{a}z} \mp \hat{\sigma}_y(t) \sqrt{2 \ln \left| \frac{T\hat{\sigma}_y(t)}{2\pi\hat{\sigma}_y(t) \ln P_s^{\dot{a}z}(y^{\dot{a}z}, T)} \exp\left(-\frac{\hat{m}_y^2(t)}{2\hat{\sigma}_y^2(t)}\right) \mp \frac{\sqrt{2\pi}\hat{m}_y(t)}{\hat{\sigma}_y(t)} \hat{O}\left(\frac{\hat{m}_y(t)}{\hat{\sigma}_y(t)}\right) \right|}. \end{aligned}$$

### 3. Обеспечение устойчивости и сравнительный анализ СГУ с альтернативными вариантами алгоритмов

Полученные непосредственно по МНР АГУ требуют доработки, т.к. не учитывают одно принципиально важное обстоятельство. Они создают в СГУ дополнительную обратную связь («контур гарантирования»), вместе с которой появляются проблемы обеспечения устойчивости этого контура и повышения его динамической точности. Исследования показали, что необходимые свойства контура гарантирования могут быть обеспечены за счет введения ограничений на величину и скорость нарастания гарантирующего управления  $u^g(t) \approx y^{\dot{a}z}$ .

Для выбора перспективных к применению сравнительных были исследованы 14 альтернативных вариантов СГУ для двух структур: первая – с формированием гарантирующего управления в контуре стабилизации оценки частоты нарушений; вторая – с его непосредственным расчетом. Корректность сравнения их эффективности в установившихся и переходных процессах обеспечивалась учетом всех характерных особенностей объектов и предварительной оптимизацией настроечных параметров. При этом параметры

объекта брались: а) фиксированными; б) с «расчетными» диапазонами изменений, при которых и проводилась параметрическая оптимизация; в) «экстремальными», при которых «внутренняя» САУ теряла устойчивость. Сравнение проводилось (подробнее в [7]) по двум основным показателям – вероятности безаварийной работы  $\bar{P}_x(T_{iia})$  и среднему удалению регулируемой переменной от своего ограничения  $M[y^{gr+}-y(t)]$ . Их взаимопротиворечивость позволила выделить область компромиссов по Парето (ОКП). В ОКП вошли алгоритмы, в которых гарантирующее управление рассчитывается в контуре стабилизации оценки текущей интенсивности нарушений (рис. 3а). Вместе с тем, алгоритмы с его непосредственным расчетом (рис. 3б) обладают существенным, но неформализуемым преимуществом – они значительно проще в применении, т.к. практически не требуют настройки.

Иллюстрацию работы СГУ дает рис. 4. В его верхней части приведены условия работы САУ (изменения координатных и параметрических возмущений), а, ниже, работа в этих условиях трех вариантов САУ: 1) – обычная стабилизирующая САУ с параметрически оптимальным ПИД-регулятором; 2) – система по п. 1, но с контуром гарантирования, т.е. СГУ со структурой по рис. 3б; 3) – система по п. 2, но со специальным регулятором переменной структуры с прогнозированием в контуре регулирования. На интервалах времени от 150 до 200 и от 380 до 500 сочетание параметров объекта таково, что «внутренняя» САУ с ПИД-регулятором становится неустойчивой в малом (экстремальные условия), но применение СГУ позволяет предотвратить  $S$ , те выбросы  $y(t)$  за  $y^{gr+}(t) = 100$ .

#### 4. СГУ с оптимизацией режимов работы объектов управления

Задача оптимизации режимов работы объектов управления, функция эффективности которых дрейфует неконтролируемым образом, связана с нахождением и отслеживанием экстремума этой функции (см. рис. 5).

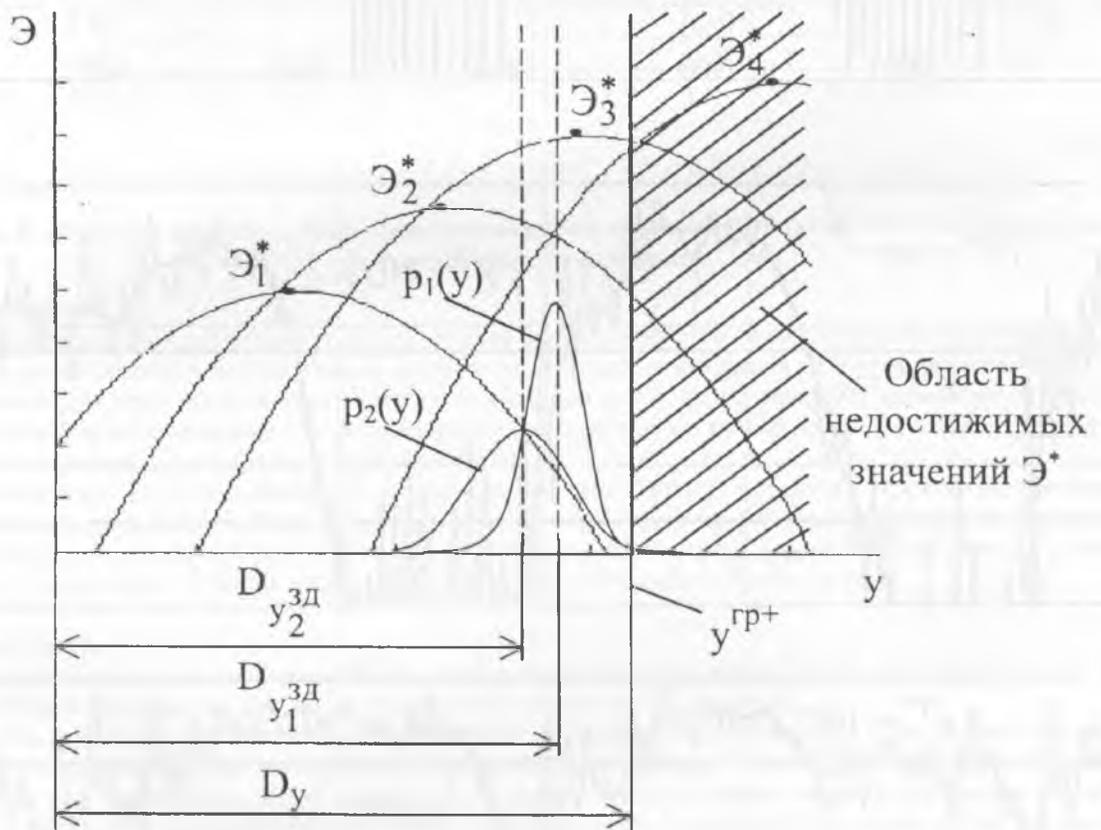
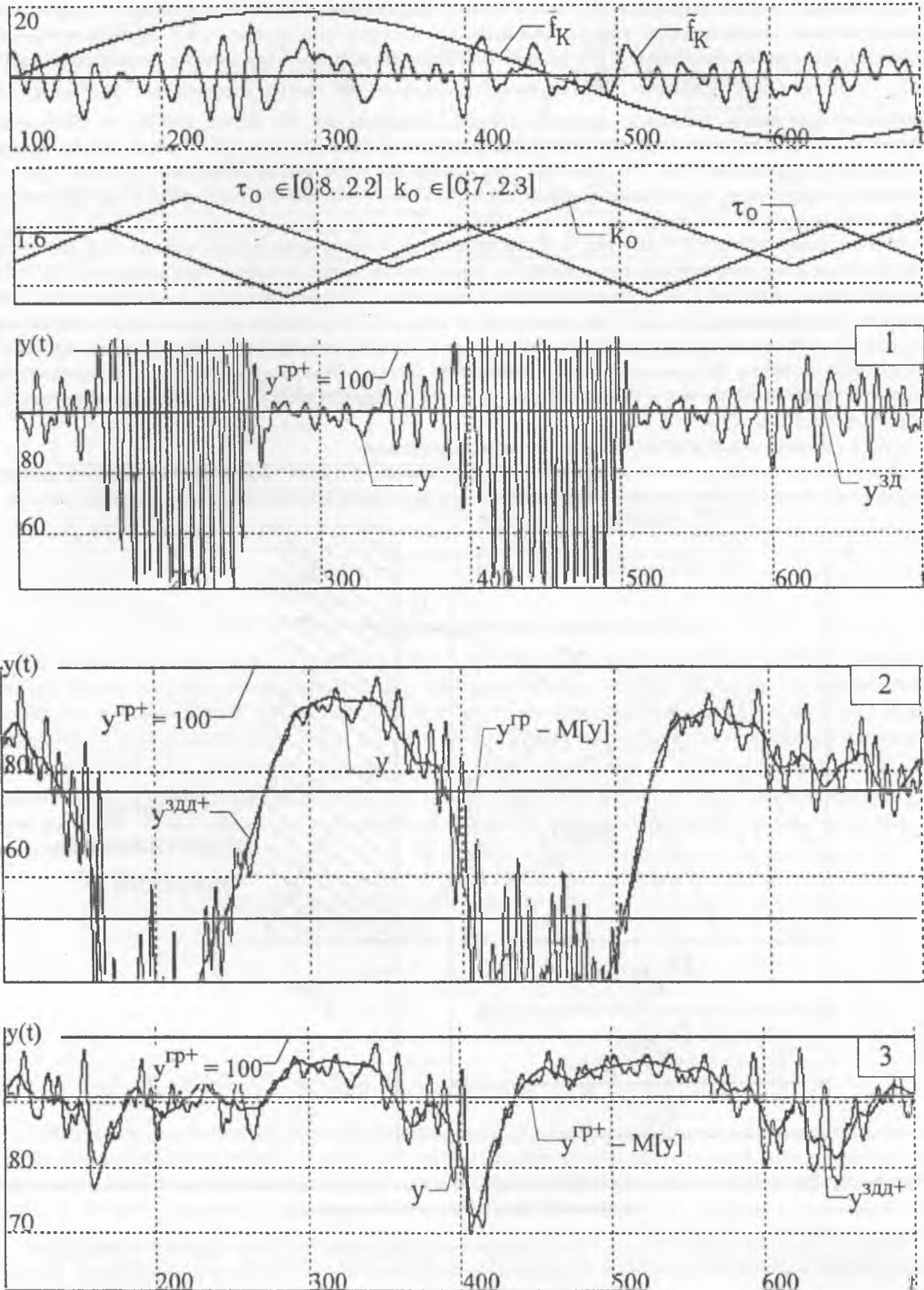


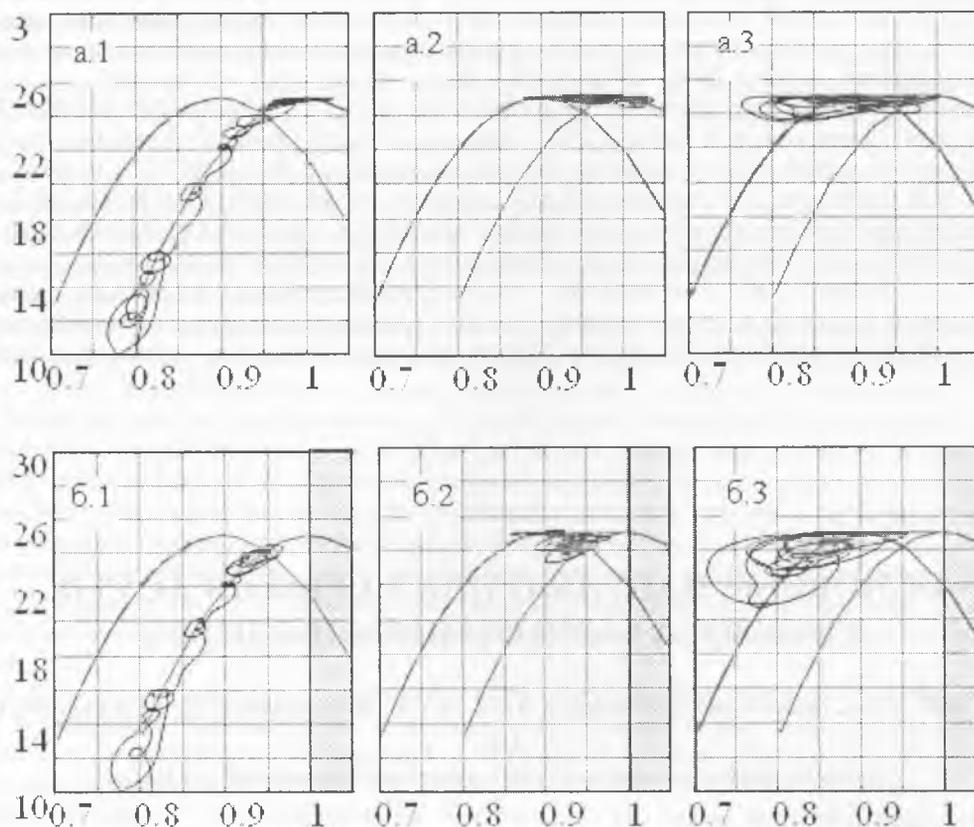
Рис. 5 – Дрейф экстремума функции эффективности и изменения допустимых областей его поиска при изменении точности стабилизации  $y(t)$

В том случае, когда на переменные объекта наложены ограничения, то помимо функции оптимизации, одновременно, необходимо реализовать и функцию гарантированного соблюдения этих ограничений. Для этого алгоритмы гарантирования должны быть увязаны с алгоритмами поиска экстремума, см. рис. 3в. Традиционные системы экстремального регулирования (СЭР) часто используют алгоритмы с непрерывным поисковым сигналом и с запоминанием экстремума. Исследования взаимодействия алгоритмов гарантирования с такими алгоритмами оптимизации показали работоспособность и эффективность СЭР с гарантированием (СЭГР). Рис. 6 иллюстрирует сказанное (подробнее в [11]).



- 1) стабилизирующая САУ с ПИД-регулятором;
- 2) СГУ со структурой, соответствующей рис. 3б, и ПИД-регулятором в контуре регулирования;
- 3) СГУ по п. 2, но с регулятором переменной структуры и прогнозированием

Рис. 4 – Иллюстрация работы вариантов САУ в экстремальных условиях



а.1, б.1 –  $y^* = y^{P+}$ ,  $\sigma_f^2 = 0,2$ ; а.2, б.2 –  $y^* = 0,9y^{P+}$ ,  $\sigma_f^2 = 0,2$ ; а.3, б.3 –  $y^* = 0,9y^{P+}$ ,  $\sigma_f^2 = 1$

Рис. 6 – Фазовые портреты, иллюстрирующие работу обычной СЭР (а) и СЭГР (б) с непрерывным поисковым воздействием

#### Заключение

Рассмотренное выше составляет только основы построения систем гарантирующего управления. Как и для других классов систем, одной из главных научных задач совершенствования СГУ является повышение качества управления. Для этого могут использоваться как традиционные подходы, например параметрическая адаптация алгоритмов и прогнозирование, так и специфические, характерные только для СГУ, – например координация работы алгоритмов гарантирования и регулирования.

Применение СГУ возможно и целесообразно для любых объектов управления, подверженных возмущениям, регламент которых включает в себя ограничения на режимы эксплуатации. Эффективность применения таких систем будет тем выше, чем тяжелее последствия нарушений регламента, и чем ближе наиболее эффективные режимы эксплуатации объекта приближаются к ограничениям.

#### Литература

1. Хобін В.А. Закономірності розвитку та принципи розробки ефективних систем автоматизації // В кн.: Наук. пр. / Одес. держ. акад. харч. техн. – Одеса, 1995. – Вип. 15. – С. 190-196.
2. Хобін В.А. Функция гарантирования в системах автоматического управления // Всеукр. наук.-техн. журнал «Автоматизація виробничих процесів». – Київ, 2002. – № 1(14). – С. 145-150.
3. Хобін В.А. Імовірнісні моделі порушень регламенту технологічного процесу для систем гарантуючого управління // Удосконалення існуючих та розробка нових технологій для харчової та зернопереробної промисловості: – Зб. наук. пр. / Одес. держ. акад. харч. техн. / М-во освіти України. – Вип. 1. – Одеса, 1999. – Вип. 19. – С. 234-237.
4. Хобін В.А. Системы гарантирующего управления: назначение, классификация, структура // Системний аналіз, управління і інформаційні технології: Зб. наук. пр. / Харків. держ. політех. ун-т. – Харків: ХДПУ, 1999. – Вип. 71. – С. 14-21.
5. Хобін В.А. Системы гарантирующего управления: структуры с расчетом уставок контурам регулирования // Пр. Міжнар. конф. з автомат. управління (Львів. – 11 – 15 вересня 2000). – Т. 1 – Математичні проблеми управління, оптимізації та теорії ігор. – Львів, ДНДІ інформаційної інфраструктури, 2000. – С. 269-273.
6. Хобін В.А., Левинский В.М. Адаптивное управление технологическими процессами при ограничениях типа «аварийная ситуация» // В кн.: «Адаптивные системы автоматического управления» / Киев: Техника. – 1986. – Вип. 14. – С. 84-90.

7. Хобин В.А., Степанов М.Т. Системы гарантирующего управления: анализ замкнутых альтернативных структур // Тр. Одес. политех. ун-та: научный и производственно-практический сборник по техническим и естественным наукам. – Одесса, 2001. – Вып. 3(15). – 305 с. – Яз. рус., укр. – С. 163-166.
8. Адаптивная система управления потенциально опасным объектом: А.с. 1291926 СССР, МКИ G05 В 11/01 / В.А. Хобин, В.М. Левинский, А.И. Трач (СССР). – Заявлено 27.02.85; Опубл. 23.02.87, Бюл. № 7. – 10 с.
9. Адаптивная система управления потенциально опасным объектом: А.с. № 1423977 СССР, МКИ G05В 11/01 / В.А. Хобин, В.М. Левинский, Г.М. Редунов (СССР). – Заявлено 19.01.87; Опубл. 15.09.88, Бюл. № 34. – 14 с.
10. Адаптивная система управления потенциально опасным объектом: А.с. 1513416 СССР, МКИ G05В, 11/01 / В.А. Хобин, С.А. Воинова, В.М. Левинский (СССР). – Заявлено 05.11.87; Опубл. 07.10.89, Бюл. № 37. – 12 с.
11. Хобин В.А., Бабинов А.Ю. Исследование систем гарантирующего управления экстремальными нестационарными объектами с ограничениями // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузево машинобудування, автоматизація: Зб. наук. пр. / Кіровоград. держ. техн. ун-т. – Кіровоград, 2002. – Вип. 11. – С. 54-57.

УДК: 664.1: 65.011.56

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АСУТП СВЕКЛОСАХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Жуковский Э.И., д.т.н., профессор; Скаковский Ю.М., к.т.н.; Витвицкий В.Д.; Шайкова О.П.; Бабков А.В.

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*Рассматриваются вопросы развития системы автоматизации для сахарного завода на основе опыта создания ряда систем на заводах Украины.*

*On the basis of experience of creation of some systems at Ukraine factories the questions of development the automation systems for sugar plant, are considered.*

Ключевые слова: системы автоматизации, оперативный учет, основные показатели, алгоритм, технологический участок, свеклосахарное производство.

### Введение

На крупных предприятиях пищевой промышленности (ПП), в настоящее время, создаются современные системы автоматизации класса АСУТП [1], строящиеся на основе информационных сетевых решений. В частности, на сахарных заводах подобные системы создаются в виде автоматизированных рабочих мест (АРМ) операторов технологических участков, с последующим объединением их в единую локальную информационно-вычислительную сеть с АРМами сменного технолога (диспетчера), руководителей: главного технолога, главного инженера, технического директора и т.п. Данные системы являются многоуровневыми, с точки зрения структуры и иерархии задач контроля и управления. Комплекс задач, решаемых в составе таких многоуровневых систем, включает как традиционные задачи контроля, поддержания режимных параметров в пределах регламентных зон, программно-логического управления процессами и аппаратами периодического действия, задачи оптимизации режимов, так и задачи оперативного учета, оценивания качества регулирования, а также координации работы технологических участков [2, 3].

Отличительной особенностью сахарной промышленности является сезонность, разветвленность и сложная структура сети технологических участков, существенное влияние нестационарности процессов, случайного характера возмущений на качество управления.

При автоматизации сложных объектов управления, таких как сахарный завод, возникает необходимость применения методов системного анализа для построения сложных систем управления, обеспечивающих высокие технико-экономические показатели функционирования системы. Системный подход позволяет найти оптимальные решения при выборе критериев управления отдельными подсистемами, обеспечить координацию работы элементов (технологических участков) технологических комплексов (ТК), управляемых посредством сложных многоуровневых систем управления, и только в этом случае удастся обеспечить наилучшие технико-экономические показатели функционирования автоматизированных ТК [4].

Традиционные критерии управления заводом, принятые в производстве сахара, при их наглядной интерпретации могут быть полезными не только при анализе успешности функционирования предприятия за сутки, декаду, месяц, но и при текущем анализе внутрисменной работы.