

---

---

## Раздел 4

# Энергетика. Автоматизация и вычислительная техника

УДК 531.36

### ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПО ОТНОШЕНИЮ К ЧАСТИ ПЕРЕМЕННЫХ ПРИ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩИХ ВОЗМУЩЕНИЯХ

Ж.Б. ЖУМАДИЛОВА, С.В. КАН

(г. Астана, Казахский гуманитарно-юридический университет,  
г. Темиртау, Карагандинский государственный индустриальный университет)

Устойчивость движения нелинейных дифференциальных уравнений была предметом исследования многих авторов. Рассмотрению устойчивости систем в предположении, что постоянно действующие возмущающие силы являются малыми в каждый момент времени, посвящены работы И.Г. Малкина, С.И.Горшина, Н.Н.Красовского. Доказано, что если невозмущенное движение асимптотически устойчиво равномерно по  $t_0$  и  $x(t_0)$ , то оно устойчиво при постоянно действующих возмущениях (п.д.в.), малых в среднем. Устойчивость при п.д.в., малых интегрально, рассмотрена в работе И. Вроча. Эти понятия и результаты обобщены

на задачу устойчивости относительно части переменных в работах А.С. Озинера.

В данной статье рассмотрен вопрос об устойчивости по отношению к части переменных при п.д.в., малых в среднем и исчезающем на бесконечности.

1. Рассмотрим уравнение возмущенного движения

$$\frac{dx}{dt} = X(t, x), \quad X(t, 0) \equiv 0, \quad (1)$$

в котором  $x = (y_1, y_2, \dots, y_m, z_1, z_2, \dots, z_p)$ ,

$$m > 0, \quad p \geq 0, \quad n = m + p$$

Предположим, что: а) правые части системы (1) в области  $\Omega = \{t \geq 0, \|y\| \leq H > 0, \|z\| < +\infty\}$

непрерывные и удовлетворяют условиям единственности решения; б) решение системы (1)  $z$  – продолжено.

Наряду с системой (1), рассмотрим возмущенное уравнение

$$\frac{d\tilde{x}}{dt} = X(t, \tilde{x}) + R(t, \tilde{x}), R(t, 0) \neq 0 \quad (2)$$

Относительно которого предполагается выполнение условия а) и б) и, кроме того, возмущения  $R = (R_1, R_2, \dots, R_n)^*$  в области  $\Omega$  удовлетворяют условиям

$$\int_{t_0}^t |R_s(\tau, \tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n)| d\tau < \rho, \quad \forall t \geq t_0, \quad (3)$$

$$s = \overline{1, n}$$

где  $\rho > 0$  – достаточно малое число.

**Определение.** Невозмущенное движение  $\tilde{\delta} = 0$  системы (1) называется равномерно  $Y$ -устойчивым при п.д.в., малых в среднем и исчезающим на бесконечности, если для  $\forall \varepsilon > 0$  и  $t_0 \geq 0$  существуют числа  $\delta(\varepsilon)$  и

$\rho(\varepsilon)$  такие, что всякое решение  $\tilde{\delta}(t, t_0, \tilde{x}_0)$  с  $\|\tilde{x}(t_0)\| < \delta$ , любой системы (2), для которой имеет место соотношение (3), удовлетворяет неравенству

$$\|\tilde{y}(t, t_0, \tilde{x}_0)\| < \varepsilon, \quad \forall t \geq t_0. \quad (4)$$

Справедлива следующая теорема.

**Теорема 1.** Предположим, что существует непрерывно дифференцируемая в области  $\Omega$  функция  $v(t, x)$ , удовлетворяющая в области  $\Omega$  условиям: 1)  $v(t, x) = a(\|y\|)$ , где  $a(r)$  – переменная строго возрастающая функция, причем  $a(0) = 0$ ;

$$2) V'(t, x) \equiv \frac{\partial V}{\partial t} + \sum_{s=1}^n \frac{\partial V}{\partial x_s} x_s \leq 0;$$

$$3) \left| \frac{\partial V}{\partial x_s} \right| < N < +\infty, \quad s = \overline{1, n}.$$

Тогда невозмущенное движение  $x = 0$  системы (1) равномерно  $y$ -устойчиво при п.д.в., малых в среднем и исчезающих на бесконечности.

**Доказательство.** Так как частные производные  $\frac{\partial V}{\partial x_s}$ ,  $s = \overline{1, n}$  ограничены в области

$\Omega$ , то функция  $V(t, x)$  допускает бесконечно малый высший предел и для  $0 < \varepsilon < H$  имеем

$$V(t, x) \geq \alpha = a(\varepsilon), \quad a(\varepsilon) = \inf a(\|y\|), \quad (5)$$

при  $t \geq t_0$ ,  $\|y\| \geq \varepsilon$ .

Пусть  $0 < 1 < \alpha$ . Выберем начальное значение согласно условию  $\|\tilde{x}\| \leq \delta(\varepsilon)$ , где  $\delta(\varepsilon) > 0$  настолько мало, что выполняется неравенство  $V(t_0, \tilde{\delta}_0) < 1$  при  $\|\tilde{x}_0\| \leq \delta < \varepsilon$ .

Покажем, что  $(\forall t \geq t_0)$  имеет место неравенство (4), если только в неравенствах (3) число  $\rho$  выбрано из соотношения

$$\rho < \frac{\alpha - 1}{nN} \quad (6)$$

Имеем

$$\int_{t_0}^t \frac{dV}{Dt} dt = \int_{t_0}^t V' dt + \int_{t_0}^t \sum_{s=1}^n \frac{\partial V}{\partial x_s} R_s dt < nN\rho,$$

$$V(t; \tilde{x}(t, t_0, \tilde{x}_0)) - V(t; x_0) = \int_{t_0}^t \frac{dV}{dt} dt,$$

$$V(t; \tilde{x}(t, t_0, \tilde{x}_0)) < 1 + nN\rho.$$

Из последнего неравенства получим  $V(t; \tilde{x}(t, t_0, \tilde{x}_0)) < \alpha$  откуда на основании (5) следует, что

$$\alpha \left( \|\tilde{y}(t, t_0, \tilde{x}_0)\| \right) \leq V(t; \tilde{x}(t, t_0, \tilde{x}_0)) < \alpha a(\varepsilon),$$

И выполняется неравенство (4). Теорема доказана.

**Теорема 2.** Пусть существует непрерывно дифференцируемая в области  $\Omega$  функция  $V(t, x)$ , удовлетворяющая в области  $\Omega$  условиям:

$$1) V(t, x) \geq c_1^2 \|y\|^2, \quad c_1 = \text{const} > 0,$$

$$2) V'(t, x) = 0;$$

$$3) \|\text{grad}_y V\| < c_2^2 \|y\| \text{ и}$$

$$\|\text{grad}_z V\| < c_3 [V(t, x)]^{\frac{1}{2}},$$

$$c_2 = \text{const} > 0, \quad c_3 = \text{const} > 0.$$

Тогда невозмущенное движение  $\delta = 0$  системы (1) равномерно  $y$ -устойчиво при п.д.в., малых в среднем и исчезающих на бесконечности.

Доказательство. Введем в рассмотрение функцию  $v(t, x) = [V(t, x)]^{\frac{1}{2}}$ , для которой  $\frac{dV(t, x)}{dt} = \frac{1}{2} [V(t, x)]^{-1} \frac{dV(t, x)}{dt}$ . Из условия теоремы следует, что  $v(t, x) \geq c_1 \|y\|$ ,  $v'(t, x) \leq 0$ . Имеем также,

$$\text{grad}_y v(t, x) = \frac{1}{2} [v(t, x)]^{-1} \text{grad}_y V(t, x),$$

$$\text{grad}_z v(t, x) = \frac{1}{2} [v(t, x)]^{-1} \text{grad}_z V(t, x),$$

И, следовательно, с учетом условия (3) теоремы

$$\text{grad}_y v(t, x) < \frac{c_1^2 \|y\|}{2c_1 \|y\|} = \frac{1}{2} \frac{c_2^2}{c_1} = c_2^{\approx},$$

$$\text{grad}_z v(t, x) < \frac{1}{2} \frac{\|\text{grad}_z V(t, x)\|}{V(t, x)} < \frac{c_3}{2} = c_3^{\approx}.$$

Тогда справедливо неравенство

$$\left| \frac{\partial v(t, x)}{\partial x_s} \right| < c_2 < \infty, \quad s = \overline{1, n} \quad (7)$$

Дальнейшее доказательство совпадает с доказательством теоремы 1 относительно функции  $v(t, x)$  и получим оценку  $\rho < \frac{\alpha - 1}{nc_2}$

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дистанционно управляемые роботы-манипуляторы. /Под редакцией Е.П.Попова и М.Б. Игнатъева.-М., Мир, 1976, 462 с.
2. Андреев С.Н., Ворошилов М.С., Петров Б.А. Проектирование приводов манипуляторов.-Л., Машиностроение, 1975, 312 с.
3. Охоцимский Д.Е., Голубев Ю.Ф. Механика и управление движением автоматического шагающего аппарата.-М., Наука, 1984, 400 с.
4. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника.-М., Мир, 1989, 624 с. Пособие по применению промышленных роботов. – М., Мир, 1975, 451 с.
5. Мелентьев Ю.М., Телегин А.И. Динамика манипуляторных систем роботов. – Иркутск, 1985, 105 с.
6. Ковалев Ф.И., Чесных П.П., Кондратьев М.В., Егоров О.Д. Проектирование механизмов промышленных роботов. – М.: Машиностроение, 1984, 129 с.
7. Кротов В.Ф., Гурман В.И. Методы и задачи оптимального управления.-М., Наука, 1973, 446 с.

УДК 004:614

**ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И  
ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

**В.В. ЯВОРСКИЙ, А.О. СЕРГЕЕВА**

(г. Темиртау, Карагандинский государственный индустриальный университет)

Обеспечение безопасности населения при возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС) – важная задача, в которой в настоящее время уделяется большое внимание.

Развитие производственной и социальной сфер деятельности человечества сопровождается усложнением промышленных технологий и расширением их влияния на окружающую среду. Наблюдается тенденция роста числа и масштабов техногенных и природных чрезвычайных ситуаций.

Вне зависимости от вида ЧС, для успешной ее ликвидации и сокращения негативных последствий первостепенную роль играет своевременный сбор данных в зоне возникновения.

В настоящее время система мониторинга и ликвидации чрезвычайных ситуаций является первоочередной в борьбе с техногенными катастрофами. Результаты прогнозирования и мониторинга ЧС являются одним из определяющих критериев при принятии оперативных решений по чрезвычайным ситуациям.

Проблема построения автоматизированных систем поддержки предупреждения и ликвидации ЧС актуальна не только в силу объективной необходимости решения прикладных задач, но и в силу того, что в настоящее время необходимо создание методов их решения, использующих новые методические и технологические концепции.

Методологические требования вытекают из особенностей постановки задач поддержки принятия решений в условиях экстремальных ситуаций. Управление в условиях ЧС отличается от штатных условий гибкостью, необходимостью работы с недостоверной и неполной информацией, высоким темпом изменения ситуации, необходимостью формирования в кратчайшие сроки как

можно более эффективных решений, высокой результативностью, требованиями минимизации времени и минимума потерь при ликвидации ЧС. Эти особенности требуют развития новой методологии поддержки управленческих решений, основанной на использовании сценарного подхода и методологии ситуационного управления в сочетании с новыми методами информационного моделирования.

Очевидно, что базой исходной информации должна являться информационная система, которая позволит хранить все виды исходных данных для составления прогноза. Все данные, поступающие в такую систему – космические снимки, результаты аэрофотосъемки, видеонаблюдения, показатели датчиков – могут быть использованы для составления прогнозов различной продолжительности.

С целью предупреждения чрезвычайных ситуаций следует организовать постоянно действующую систему наблюдения за потенциально опасными зонами. При этом система должна обеспечивать сбор разнородной информации для разностороннего анализа и прогнозирования.

Для получения «долгосрочной» информации следует использовать системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Дистанционное зондирование можно представить как процесс, посредством которого собирается информация об объекте, территории или явлении без непосредственного контакта с ним. Суть ДЗЗ состоит в том, чтобы заменить измерения объектов на местности измерениями на расстоянии. В случае возникновения ЧС такие данные можно использовать для прогнозирования возможного распространения ЧС и ее масштабов.

зоны ЧС дает возможность получить аэрофотосъемка. Комплекс аэрофотосъемочных работ состоит из нескольких этапов [1]:

1. Разработка задания на съемку. Вне зависимости от того, будет ли осуществляться съемка с участием человека или без него, необходимо определить границы участка съемки, высоту и масштаб фотографирования, тип аэрофото пленки, сроки съемки и т.д. Необходимо продумать, каким образом будет осуществляться привязка снимков к координатам территории на карте.

2. Подготовка оборудования. Это технический этап, который предполагает проверку готовности и работоспособность все технических средств.

3. Аэрофотосъемка.

4. Обработка снимков. Данный этап предполагает обработку полученной информации с графической точки зрения, использование методов повышения информативности снимков, очистку от шумов и т.д.

5. Передача снимков заказчику. После того, как снимки прошли обработку, их можно передавать в ситуационный центр для дальнейшего анализа в контексте прогнозирования ЧС.

Описанные выше технологии получения данных позволяют получать информацию о территории зоны ЧС. При этом такая информация едва ли может быть использована для оперативного управления, поскольку предполагает некоторое время для ее обработки (обработки снимков графическими методами).

В случае, если необходимо обеспечить наблюдение за потенциально опасной зоной или зоной, где уже происходит ЧС, то следует использовать системы видеонаблюдения и оповещения.

Система видеонаблюдения позволяет организовать постоянный мониторинг в режиме реального времени с целью обеспечения оперативного принятия решений. Желательно, чтобы система видеонаблюдения была оснащена средствами записи и хранения информации в случае, если в конкретный период информация не может быть передана в ситуационный центр. Конечно, это касается

Более детальную информацию о состоянии

В случае, если ЧС уже происходит в реальном времени и необходимо ее ликвидировать в максимально короткие сроки, система видеонаблюдения должна быть постоянно включена и иметь возможность передачи данных по разным каналам, чтобы обеспечить оперативность. Опять же, как и предыдущие способы, система видеонаблюдения позволяет передавать изображение зоны ЧС. Однако, для успешной ликвидации ЧС необходимо получать данные о таких параметрах территории, как давление, температура и т.д.

Для этого нужны датчики и система оповещения, которая будет считывать и передавать их показания в центр для анализа и принятия решений. Датчики и контроллеры также должны иметь возможность передачи данных по различным каналам связи, чтобы иметь альтернативу в случае отказа одного из них. Контроллеры должны быть оснащены записывающими устройствами для обеспечения возможности накопления данных в случае невозможности их передачи. Следует установить периодичность отправки показаний датчиков, которая, в случае ЧС, должна быть максимально сокращена. Использование всех предложенных технологий и их интеграция на базе цифровой карты местности с привязкой по координатам позволит обеспечить полное информирование служб предупреждения и ликвидации ЧС для обеспечения быстрого принятия решений.

Мониторинг окружающей среды можно условно разделить на два режима: «холодный», в обычном состоянии, и «горячий» – в режиме чрезвычайной ситуации. На верхнем уровне мониторинга – космическом – предлагается использовать действующие системы дистанционного зондирования Земли.

Эти системы позволяют снимки исследуемой территории с искусственных спутников Земли. Качество и частота получения снимков зависит от спутника.

На втором уровне системы мониторинга осуществляется аэрофотосъемка с помощью беспилотных летательных аппаратов. Они позволяют не только получить более детальные снимки местности, но и осуществлять

## Раздел 4. «Энергетика. Автоматизация и вычислительная техника»

тех случаев, когда ЧС не происходит.

тов с привязкой к карте, а также проводить направленный мониторинг отдельных объектов.

На следующем уровне мониторинга осу-

позиционирования фотографируемых объек-

ществляется крупномасштабное видеонаблюдение, которое позволяет получить видеoinформацию об исследуемой территории с помощью камер видеонаблюдения.

Уровни мониторинга окружающей среды



Рисунок 1.

На самом нижнем уровне должна работать система оповещения, которая и переводит мониторинг из «холодного» в «горячий» режим. Система должна максимально быстро оповестить все заинтересованные лица о возникновении ЧС. Для этого желательно интегрировать несколько каналов связи для передачи, чтобы в случае недоступности одного, можно было воспользоваться другим.

Подсистема оповещения представляет собой крупный программно-аппаратный комплекс, который позволяет осуществлять сбор данных о потенциально опасной зоне и сообщать о внештатной ситуации всем заинтересованным лицам.

Общая принципиальная схема распределения потоков данных предлагаемой телекоммуникационной системы представлена на рисунке 2.

Согласно рисунку 2, описанные выше уровни мониторинга, распределяются между службами, занятыми в обеспечении безопасности жизнедеятельности.

На верхнем уровне, уровне ДЗЗ, функционируют общереспубликанские службы,

ного космического агентства РК. При этом ведется база данных снимков, чтобы можно было выполнить анализ изменений за некоторый период времени.

Уровень аэрофотосъемки связан с территориальными подразделениями и позволяет выполнять мониторинг и анализ уже конкретной части территории. Данные аэрофотосъемки должны поступать в областные департаменты по ЧС.

Уровень систем видеонаблюдения и оповещения должен быть также связан с территориальными подразделениями. В каждом подразделении должна вестись локальная база данных информации о территории, включая и аэрофотоснимки. Кроме того, необходимо предусмотреть возможность получения данных с места ЧС, в случае ее возникновения, службами оперативного реагирования с целью обеспечения оперативности принятия решений и минимизации последствий.

В связи с таким распределением информации, можно выделить два уровня в архитектуре телекоммуникационной системы:

## Раздел 4. «Энергетика. Автоматизация и вычислительная техника»

которые получают данные ДЗЗ от Националь-

республиканский и местный. При этом на

Республиканском уровне телекоммуникационная система должна обеспечивать [2]:

- общий мониторинг состояния территории Республики Казахстан на основе космических снимков;
- моделирование процессов и ситуационный анализ, визуализацию управленческих ситуаций для раскрытия причинно-следственных связей анализируемых событий;

- сбор данных от областных департаментов по ЧС не реже одного раза в сутки;
- организацию информационного взаимодействия служб и подразделений Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан для снижения объема бумажного документооборота, повышения уровня информированности сотрудников и оперативности при подготовке выходных форм.

Схема информационных потоков телекоммуникационной системы предупреждения и ликвидации ЧС

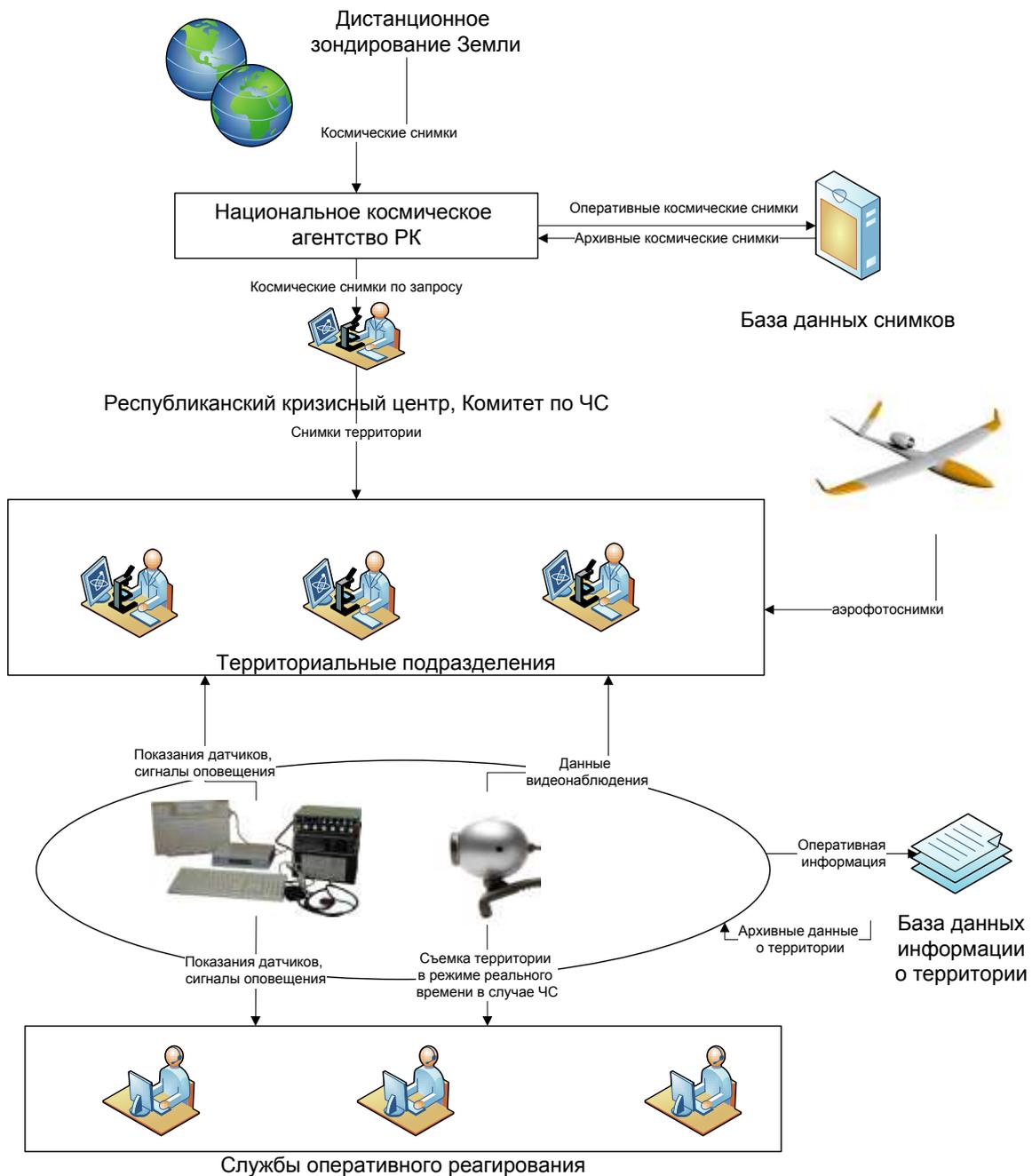


Рисунок 2.

На местном (городском, областном) уровнях телекоммуникационная система проведения оперативных мероприятий должна реализовывать следующие функции [2]:

- мониторинг и анализ территории конкретной области или города с целью предупреждения ЧС;

- оповещение населения в случае угрозы ЧС;

- упрощение формирования отчетов о ЧС.

Интеграцию предложенных данных предлагается осуществлять на базе интерактивной геоинформационной системы, в основе которой должна лежать цифровая модель

местности. Привязка всех получаемых данных должна осуществляться по координатам на карте. При этом, телекоммуникационная система должна обладать распределенной архитектурой, поскольку необходимо осуществлять мониторинг потенциально опасных зон с привязкой к конкретной местности, что можно сделать на базе территориальных ситуационных центров (СЦ). Следует обеспечить централизованное управление всеми территориальными СЦ, которые организуются на базе департаментов по ЧС, и передачу данных в центральный СЦ на базе Республиканского кризисного центра.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Студеникин А.В., Михалин В.А., Иванов Р.В., Магаршак С.И. Практика применения перспективных беспилотных летательных аппаратов для мониторинга и аэрофотосъемки. //Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – М. – 2012. – Т.9. - №3. – С.102-106.

2. Официальный интернет-ресурс Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД РК [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://emer.gov.kz/>, свободный. — Загл. с экрана.

УДК 004:331.45

### **УПРАВЛЕНИЕ СИТУАЦИОННЫМ ЦЕНТРОМ НА БАЗЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

**В.В. ЯВОРСКИЙ, А.О. СЕРГЕЕВА, С.В. КАН**

(г. Темиртау, Карагандинский государственный индустриальный университет)

В настоящее время становится все более актуально использовать организационный потенциал совместно с информационно-аналитическими ресурсами по оперативному управлению, контролю, мониторингу объектов и чрезвычайных ситуаций (ЧС). Поддержка принятия необходимых решений на основе визуализации и углубленной обработки оперативной информации, является главным назначением ситуационного центра (СЦ). Задачи выполняемые СЦ [1]:

- оперативный сбор, анализ и обработка исходной информации по природным, техногенным и социальным опасностям, а так же ее периодическое обновление;

- надежное и своевременное представ-

- прогноз источников ЧС, возможных рисков ЧС и происшествий;

- всесторонняя информационная поддержка в ходе формирования и принятия управленческих решений по предупреждению и ликвидации последствий ЧС;

- оперативное доведение (с использованием различных телекоммуникационных сетей) необходимой информации и команд (сигналов) оповещения в интересах управления силами и средствами.

- регулярная подготовка долгосрочных, среднесрочных и краткосрочных прогнозов ЧС;

СЦ осуществляет сбор необходимой информации о ЧС на основе данных дистанци-

ление информации о ЧС;

визуализации событий с использованием камер наблюдения (web-камер), использования геоинформационных систем, просмотра фото и видео материалов полученных от служб предупреждения ликвидации последствий ЧС и происшествий.

При формировании СЦ учитывается предназначение по масштабу деятельности.

СЦ мониторинга, прогнозирования и ликвидации ЧС должен состоять из:

- телекоммуникационного центра;
- отделения мониторинга, прогнозирования и ликвидации ЧС природного характера;
- отделения мониторинга, прогнозирования и ликвидации ЧС техногенного характера;
- отделения сбора, обработки и хранения информации.

Ситуационный центр должен работать в трех основных режимах:

- нормальный режим работы (режим повседневной деятельности);
- режим планирования (обеспечивающий развитие ситуации с прогнозированием возможных путей ее решения);
- кризисный режим (действия в чрезвычайной ситуации (ЧС), ликвидация долгосрочных последствий ЧС).

В режиме чрезвычайной ситуации, СЦ осуществляет: сбор, обработку и анализ мониторинговой и прогностической информации в реальном масштабе времени (в том числе на основе ДЗЗ); оперативное прогнозирование развития и ликвидации ЧС. Ситуационный центр состоит аппаратного, программного и информационно-аналитического комплексов. В зависимости от складывающейся обстановки, масштаба прогнозируемой или возникшей ЧС, СЦ должен функционировать: в режиме повседневной деятельности; в режиме повышенной готовности; в режиме чрезвычайной ситуации. В режиме повседневной деятельности (нормальная радиационная, химическая, сейсмическая и гидрометеорологическая обстановка) СЦ осуществляет прогнозирование и оценку возможности возникновения ЧС, совершенствование научно-методической, технологической и материально-технической базы системы мониторинга, прогнозирования

онного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса,

В режиме повышенной готовности (ухудшение радиационной, химической, сейсмической и гидрометеорологической обстановки) СЦ осуществляет: выполнение функций, определяемых режимом повседневной деятельности; организацию наблюдений за параметрами потенциальных источников ЧС с повышенной периодичностью; оперативное прогнозирование и ликвидацию ЧС.

Работа ситуационного центра в нормальном режиме работы осуществляется за счет взаимодействия всех модулей подсистемы и оценки ситуации (on-line), предоставления информации лицом принимающим решение и рабочей группой на экране коллективного пользования, в зависимости от того насколько ситуация представляет собой серьезность и скорость развития, а также определения оценки и характера ЧС с помощью соответствующих дополнительно вводимых показателей и индикаторов.

При формировании организационной структуры ситуационного центра ликвидации ЧС следует учитывать, что основной его задачей является оперативное решение задач, связанных с ликвидацией и минимизацией последствий ЧС. Для этого необходимо вовремя определить динамику изменения ситуации и обеспечить взаимодействие с необходимыми службами, чтобы увеличить свои возможности в плане решаемой задачи.

С технической точки зрения, ситуационный центр представляет собой распределенный программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий сбор данных и их представление.

С программной точки зрения, СЦ представляет собой информационную систему поддержки принятия решений и аналитического анализа [1].

С точки зрения формирования и анализа ситуации, их можно разделить на внешние и внутренние. Внешние обеспечивают сбор данных для оценки ситуации. Внутренние СЦ выполняют анализ этих данных, решают задачи моделирования развития ситуации и представления информации для конечных пользователей. Рассматривая СЦ как автома-

ния и ликвидации ЧС.

сказать, что она также включает в себя различные виды обеспечения (программное, техническое, математическое, лингвистическое и т.д.). Кроме того, в СЦ можно выделить 4 основных уровня: научно-математический, инженерный, программный и технический.

Инженерный уровень представляет собой конкретные решения в выборе и разработке аппаратного и программного обеспечения. Он включает в себя расчеты разного вида, модели, алгоритмы работы программ и т.д.

Научно-математический уровень представляет собой совокупность научных теорий, методов, алгоритмов, исследований и разработок, необходимых для реализации других уровней. Он позволяет обосновать целесообразность создания СЦ, определить эффективность его функционирования, интегрировать разнородные компоненты, осуществлять правильное и своевременное исправление ошибок.

Программный и технический уровни содержат соответствующее обеспечение, необходимое для реализации поставленных на верхних уровнях задач и функций. Уровни включают в себя следующие обязательные компоненты:

- измерительная (сенсорная среда);
- информационная (ситуационная или имитационная) модель среды;
- среда информационной поддержки;
- среда аппаратной поддержки;
- среда визуализации;
- оперативный состав.

Основные задачи СЦ:

1. Мониторинг состояния задач, находящихся в компетенции республиканского и регионального уровня, государственных корпорация и крупных предприятий;

2. Обеспечение информационной поддержки руководителей, осуществление непосредственного доступа руководителей к удаленным информационным ресурсам;

3. Анализ, моделирование и прогнозирование состояния объекта управления;

4. Разработка и контроль командных решений задач стратегического планирования и оперативно-диспетчерского управления

тизированную систему управления, можно

5. Эффективное управление командой экспертов в процессе разработки и реализации управленческих решений;

6. Моделирование, прогнозирование и оптимизация последствий управленческих решений на базе использования информационно-аналитических технологий;

7. Анализ и контроль финансового состояния объекта управления.

Задачи СЦ в области анализа и прогнозирования сводятся к следующим [1]:

1. Прогнозирование. В этом случае строятся кратко-, средне-, и долгосрочные прогнозы для основных макроэкономических показателей, характеризующих уровень социально-экономического развития либо реализацию проектов, по заданным значениям экзогенных, в том числе, управляемых переменных.

2. Сценарный анализ. В этом случае готовятся управленческие решения с помощью многовариантных расчетов, позволяющих проследить последствия от планируемых изменений в экономической, бюджетной, налоговой, социальной, тарифной и т.д. политиках с точки зрения их влияния на ключевые индикаторы социально-экономического развития региона.

3. Целевое прогнозирование. Здесь определяются области тех допустимых значений, управляемых или частично управляемых, переменных (инструментов экономической политики), которые обеспечивают выход ключевых индикаторов развития на заданные уровни за определенное время.

4. Межбюджетные отношения. Исследование управляющих воздействий в области инвестиционной политики на основные индикаторы управляемых процессов.

5. Комплексный межтерриториальный анализ. Взаимоувязка и стыковка автономно полученных прогнозных и сценарных прогнозов, как между собой, так и с соответствующими результатами на разных уровнях мониторинга.

6. Секторальный анализ. Сценарный и прогнозный анализ внутри отдельных секторов экономики и совокупностей секторов.

Вне зависимости от вида ЧС, для успеш-

## Раздел 4. «Энергетика. Автоматизация и вычислительная техника»

сложными ситуациями;

последствий первостепенную роль играет своевременный сбор данных в зоне возникновения. Осуществлять мониторинг состояния производственных объектов в наиболее опасных зонах необходимо на базе соответствующего структурного подразделения предприятия – ситуационного центра (СЦ). СЦ должен быть постоянно действующим. Нарастание риска возникновения техногенных ЧС обусловлено тем, что в последние годы в наиболее ответственных отраслях потенциально опасные объекты имеют выработку проектного ресурса на уровне 50–70%, иногда достигая предаварийного уровня [3]. На базе СЦ возможно организовать постоянный мониторинг состояния и параметров производственных объектов. Общая методология работы СЦ выглядит следующим образом. На территории предприятия организуются мобильные оперативные группы (МОГ), которые осуществляют сбор данных непосредственно в пределах потенциально опасных производственных объектов. Функциональная структура ситуационного центра (СЦ) по предупреждению ЧС и действиям в чрезвычайных ситуациях должна охватывать

ной ее ликвидации и сокращения негативных

весь круг проблем, касающихся чрезвычайных ситуаций, включая этапы их прогнозирования, предупреждения и подготовки к функционированию в условиях ЧС, а также ликвидации ее последствий.

На рисунке 1 представлена общая структура программного обеспечения телекоммуникационной системы ситуационного центра. В соответствии со схемой распределения потоков данных, целесообразно выделить модули системы в соответствии с организационными структурами, для обеспечения работы которых и организуется система. Предлагается выделить три основных модуля: модуль верхнего (республиканского) уровня, модуль уровня территориальных подразделений, модуль оповещения. Все эти модули должны быть интегрированы и взаимодействовать на базе единой интерактивной геоинформационной системы. В каждом модуле должны быть подсистемы мониторинга, получения, обработки и хранения данных и их анализа с целью прогнозирования развития ситуации. Кроме того, необходима подсистема поддержки принятия решений.

Структура и функции модулей программного обеспечения телекоммуникационной системы



Рисунок 1.

Распределение данных идет от общего к частному: от территории всей Республики в модуле верхнего уровня до конкретных ее участков на уровне системы оповещения.

Для хранения информации в нашем случае лучше всего использовать реляционную базу данных на основе плоских таблиц. Описанная ниже структура справедлива для модуля местного уровня и модуля оповещения. Данные, хранимые в ней, имеют жесткую привязку к территории, поэтому такая база данных должна храниться на серверах территориальных подразделений, а на модуль верхнего уровня передаваться в виде отчетов.

В качестве СУБД рекомендуется использовать Oracle или SQL Server.

Мониторинг и прогноз потенциально опасных зон окружающей среды и промышленных объектов является залогом предупреждения чрезвычайных ситуаций. Для обеспечения централизованного мониторинга сферы ЧС в Казахстане создан Кризисный центр МЧС, который осуществляет сбор и обработку данных от источников ЧС. Следует отметить, что для организации наиболее эффективного мониторинга зон расположения крупных промышленных предприятий и предупреждения ЧС необходимо обеспечить разноуровневый мониторинг зон ЧС и, что является основной задачей, интегрировать получаемые данные. Поскольку вся получаемая информация – от сигналов датчиков до космических снимков – привязана, прежде всего, к наблюдаемой территории, то наиболее подходящим способом их интеграции является использование геоинформационной системы. Наиболее подходящим для решения данных задач является пакет ArcGIS Server. ArcGIS Server имеет возможность рас-

ширения своей функциональности с помощью популярных языков программирования. С точки зрения экономической эффективности, система выгодна для крупных организаций с числом сотрудников более 10. Использование веб-приложений для работы с данными в многопользовательском режиме позволяет сократить затраты на лицензирование клиентских приложений.

Исходными данными для телекоммуникационной системы обеспечения проведения оперативных мероприятий по чрезвычайным ситуациям являются:

1. Космические снимки, которые можно использовать для обзорного мониторинга местности и долгосрочного прогнозирования и анализа изменений.

2. Аэрофотоснимки, которые позволяют проводить более детальный анализ объектов.

3. Данные видеонаблюдения с аналоговых и цифровых камер. Здесь следует отметить, что для отображения этих данных рекомендуется использовать сенсорный интерфейс, который обладает высокой степенью чувствительности и позволяет работать с изображением без дополнительных инструментов.

4. Сигналы оповещения от программно-аппаратных комплексов на базе контроллеров ВИП и комплекса оповещения П-166, которые дают возможность оперативно передавать данные от наблюдаемых объектов, а также передавать информацию объектам, находящимся в зоне ЧС.

Использование предлагаемой системы позволит повысить эффективность мониторинга окружающей среды и промышленных объектов путем интеграции разнородных и разноуровневых данных с привязкой к наблюдаемой местности.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Филиппович А. Ситуационные центры: определения, структура и классификация. //PC Week/PE («Компьютерная неделя»). - № 26 (392). - 2003.

УДК 681.536.58:681.532.8:681.532.63

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЯМИ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ**

**Е.В. СПИЧАК, Н.Е. ПОПОВА**

(г. Темиртау, Карагандинский государственный индустриальный университет)

Автоматизированные системы управления металлургическими процессами являются высшим этапом комплексной автоматизации и призваны обеспечить существенное увеличение производительности труда, улучшение качества выпускаемой продукции и других технико-экономических показателей металлургического производства, а также защиту окружающей среды [1].

Любой технологический процесс характеризуется определенными физическими величинами. Для обеспечения требуемого режима работы эти величины необходимо поддерживать постоянными или изменять по тому или иному закону.

Современный этап развития промышленного производства характеризуется переходом к использованию передовой технологии, стремлением добиться предельно высоких эксплуатационных характеристик как действующего, так проектируемого оборудования, необходимостью свести к минимуму любые производственные потери. Все это возможно только при условии существенно повышения качества управления промышленными объектами, в том числе путем широкого применения АСУ ТП.

Цель доменного производства состоит в получении чугуна из железных руд путем их переработки в доменных печах. Сырыми материалами доменной плавки являются топливо, железные и марганцевые руды и флюс.

Топливом для доменной плавки служит кокс, получаемый из каменного угля. Его роль состоит в обеспечении процесса теплом и восстановительной энергией. Кроме того, кокс разрыхляет столб шихтовых материалов и облегчает прохождение газового потока в шихте доменной печи.

Железные руды вносят в доменную печь химически связанное с другими элементами железо. Восстанавливаясь и науглероживаясь

в печи, железо переходит в чугун, С марганцевой рудой в доменную печь вносится марганец для получения чугуна требуемого состава.

В нижнюю часть доменной печи – горн через фурмы подают воздух, сжатый воздуходувной машиной. Для уменьшения расхода кокса и повышения производительности доменной печи воздух нагревают до 1000-1200°C, обогащают кислородом, а в горн вдувают природный газ, мазут или пылеугольное топливо. В результате протекания в доменной печи сложных физико-химических процессов между исходными шихтовыми материалами и дутьем образуются чугун, шлак и газ. В доменных печах выплавляют передельный и литейный чугун, доменный ферросилиций, ферромарганец и зеркальный чугун.

Для подачи в доменную печь дутья и его сжатия применяют воздуходувные машины. В настоящее время в качестве дутья широко применяют воздух, обогащенный кислородом, который получают на кислородных станциях с блоками разделения воздуха.

Дутьё, подаваемое воздуходувной машиной, нагревают до 1050-1300°C в воздухонагревателях, называемых иногда кауперами в честь Каупера, который в 1857 г. получил патент на регенеративный воздухонагреватель с кирпичной насадкой.

Современный воздухонагреватель имеет наружный диаметр 9 м, высота до верха купола составляет 36 м. Верхнюю часть насадки и купол выкладывают из высокоглинозёмистого кирпича или динаса, а нижнюю часть – из шамотного кирпича. Толщина насадочного кирпича составляет 40 мм. Из этого кирпича выложены ячейки размером 45×45 мм по всей высоте насадки.

Следует различать газовый и воздушный периоды работы воздухонагревателя. В газо-

вый период осуществляется нагрев насадки продуктами сжигания газа, а в воздушный период нагревается дутьё за счёт охлаждения насадки. В газовый период закрыты клапаны холодного и горячего дутья и открыты горелка и дымовые клапаны.

По мере охлаждения насадки воздухонагревателя температура горячего воздуха, выходящего из него, падает. Это недопустимо для нормальной работы доменной печи, поэтому воздух нагревают до более высокой температуры, чем это необходимо, и к нему подмешивают, используя автоматическое дозирование, требуемое количество холодного воздуха, чтобы поддержать температуру дутья постоянной. Это осуществляется при помощи смесительного воздухопровода и автоматического смесительного клапана.

Воздухонагреватели предназначены для нагрева дутья до температур выше 1300°C. Чтобы обеспечить непрерывный нагрев дутья, доменную печь оснащают тремя или четырьмя воздухонагревателями, представляющие собой регенеративные устройства периодического действия и работающие поочередно в режимах аккумуляции тепла насадками регенераторов (режим нагрева) или нагрева дутья (дутьевой режим). Перевод воздухонагревателей из одного режима в другой осуществляется автоматически по программе (1 ч. в режиме дутья, 2 ч. в режиме нагрева) или по показателю, характеризующему остывание нагревателя.

Задачами автоматического управления тепловым режимом воздухонагревателей являются полное и экономичное сжигание топлива, нагрев насадки до заданной температуры с ограничением предельной температуры купола для предотвращения разрушения огнеупоров, автоматическое переключение с режима нагрева на режим дутья и наоборот.

Основной проблемой кауперов является обрушение футеровки вследствие детонации газа при пуске и резких скачках температуры, прогрев брони в районе врезки шибера горячего дутья. Это происходит из-за сгорания и отказа термопары.

Для решения этой проблемы предлагается использование системы блокировки по

максимальной температуре, установка дублирующей системы термопар, используя более высокотемпературные модели, что уменьшит вероятность теплового повреждения датчика, а также использование более высокопроизводительных контроллеров, которые позволят добиться большего быстродействия системы в целом.

Основной задачей модернизации является повышение надёжности установки, качества мониторинга и удалённого управления, повышение быстродействия работы системы в целом. В свою очередь это позволит увеличить КПД кауперов и улучшить качество даваемой продукции – чугуна, так как резко сократит число простоев воздухонагревателей из-за аварий и будет соблюдаться более точный технологический процесс подачи газа.

Для оптимизации работы системы нужно заменить имеющиеся средства контроля и автоматизации на более современное оборудование.

В качестве датчика давления предлагается использовать преобразователь давления МЕТРАН-45-ДИ. Выходной сигнал датчика от 0 до 20 мА (двухпроводная линия). Диапазон измерения давления от 0 до 16 кг/см<sup>2</sup>.

В качестве датчика расхода – преобразователь перепада давления МЕТРАН-43Ф-ДД-3494-Т1-0.5-100-6-42-БВН02-С-2 специализированный. Выходной сигнал датчика от 0 до 20 мА (двухпроводная линия). Диапазон измерения расхода от 0 до 800 м<sup>3</sup>/час [2].

В качестве датчиков температуры:

– термосопротивление с унифицированным сигналом ТСМУ-205-4/150-0...150-0.25%-ТУ4227-003-13282997, выходной сигнал датчика от 0 до 20 мА (двухпроводная линия), диапазон измерения температуры и от 0 до 150°C;

– датчик температуры ТТ 242 предназначен для измерения температуры газовых потоков в условиях механических и температурных воздействий, диапазон измерений от 0 до 2000°C; сопротивление 2,6±0,2 Ом;

– термоэлектрический датчик ТХК 1087 предназначен для измерения температуры азотородной смеси и газов после сгорания природного газа (Н<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, СО, О<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub>О, СН<sub>4</sub>), газообразного и жидкого аммиака, при-

родного газа, конвертированного газа, моноэтанолоаминеового раствора с примесями сероводорода ( $H_2S$ ) и сернистого ангидрида ( $SO_2$ ) в допустимых пределах по ГОСТ 12.1.005-76, диапазон измерения от 0 до  $600^{\circ}C$ .

В качестве регулирующего органа выбираем центробежный вентилятор среднего давления Ц4–70 №12. Вентиляторы этого типа предназначены для перемещения неагрессивных газов с температурой меньше  $180^{\circ}C$ , содержащих пыль и другие твёрдые примеси [3].

В качестве контроллера выбираем SIMATIC S7-400 – модульный программируемый Siemens контроллер, работающий с естественным охлаждением, предназначен для построения систем автоматизации средней и высокой степени сложности, имеет модульную конструкцию [4].

В качестве пускателя выбираем устройства серии УПР1, которые служат для управления безударным пуском, торможением и реверсом асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, для кратковременного регулирования их скорости и регулирования напряжения на активно-индуктивных нагрузках, питание от трёхфазной сети 380 В. Применение пускорегулирующих устройств позволяет значительно увеличить ресурс электротехнического и механического оборудования и снизить эксплуатационные затраты в системах управления насосами, вентиляторами, воздуходувками и центрифугами.

Выбор исполнительного механизма определяется типом регулятора; величиной усилия, необходимого для перемещения регулирующего органа; требуемым быстродействием; условиями эксплуатации; условиями размещения и сочленения с регулируемым органом, условиями монтажа; номенклатурой выпускаемых механизмов.

Выберем запорный однооборотный электропривод. Привод имеет общепромышленное и взрывозащитные исполнения (Iexd11BT5). Приводы обеспечивают управление однооборотной запорной аппаратурой в магистралях природного газа, мазута, химических компонентов и других сред в соот-

ветствии с командами устройств автоматического или дистанционного управления.

В качестве датчика угла поворота выбираем измерительный преобразователь TGM 5 (-Ex), который работает по ёмкостному принципу и предназначен для бесконтактного и практически не подверженного износу однонаправленного измерения угла поворота.

В качестве регулирующего органа расхода газа выберем поворотную заслонку. Её по заданным размерам и техническим условиям выточит ремонтно-механический цех.

В качестве элемента фотосигнализатор пламени ТУ 311.00225549.084-92, ФСП 1.1. Входной сигнал - низкочастотная пульсация света с длиной волны от 1 до 3 мкм в диапазоне 6-12 Гц. Выходной сигнал – замыкание контактов реле контроля пламени.

Компактный монитор пламени D-LX 100 с самоконтролем и отказоустойчивостью для контроля пламени при сжигании газа, жидкого топлива и угля со встроенным датчиком пламени по излучению в УФ, видимой или ИК области спектра, в основном, в печах одной горелкой.

Газоанализатор СОМТЕС состоит из измерительного зонда, регистрирующего концентрации непосредственно в трубе дымовых газов, электрического соединительного кабеля, пневматического соединительного кабеля, и электронного блока. Система СОМТЕС 600Е предназначена для измерения кислорода и  $CO_2$  в дымовых и технологических газах с извлечением пробы [5].

Для выполнения поставленной задачи внедряемая система автоматического управления должна обеспечить эффективную работу воздухонагревателя и защиту купола, верха насадок и нижних строений воздухонагревателей от перегрева и последующего разрушения путём увеличения расхода воздуха.

Внедряемая система позволит:

- 1) повысить качество продукции;
- 2) поддерживать заданный темп производства;
- 3) осуществить сетевой обмен данными между контроллером и промышленным компьютером, посредством которого осуществляется визуализация процесса и ввод оператором необходимых данных.

Предложенная система способна нести гораздо большую информационную и функциональную нагрузку, поэтому может быть использована при внедрении новых систем контроля и регулирования в будущем.

Особенность черной металлургии заключается в том, что для непосредственного обслуживания основных технологических агрегатов требуется сравнительно неболь-

шой персонал. Поэтому автоматизация доменных печей не приводит к сокращению рабочей силы, а наоборот, вызывает необходимость в дополнительном привлечении высококвалифицированного персонала для обслуживания систем контроля и регулирования, но оптимизация технологических процессов полностью компенсирует дополнительные затраты.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Глинков Г.М., Маковский В.А. АСУ ТП в агломерационных и сталеплавильных цехах. Учебник для вузов.– М.: Металлургия, 1981. – 360 с.
2. Зимин Е.Н., Преображенский В.И., Чувашов И.И. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. Учебник для вузов.– М.: Энергоатомиздат, 1981. – 552 с.
3. Ключев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х. Проектирование систем автоматизации технологических процессов.– М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464с.
4. Каталогфирмы Siemens «Simatic S7-400».
5. Гурин Н.А., Якунович Г.И. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.– Минск: Высшая школа, 1990. – 238 с.