

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КИРПИЧНОДЕЛАТЕЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ СМК-350

Сурниченко К.А., Калашникова А.М., Жданов А.В.

*ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, Россия (600000, г. Владимир, ул. Горького, 87), e-mail: [tms@vlsu.ru](mailto:tms@vlsu.ru)*

Рассмотрены основополагающие параметры, необходимые для построения математических моделей на основе наблюдений, организованных на КДК СМК-350. Основной задачей эксплуатации промышленных предприятий является поддержание их технического состояния и надежности на уровне, что позволяет выдерживать приемлемые экономические показатели. Исследование и повышение надежности автоматизированной системы производства кирпича на этапе эксплуатации. Предложена взаимосвязь бухгалтерской финансовой и бухгалтерской управленческой информационных систем. Также данная взаимосвязь предполагает устранить искусственное разделение автоматизированных систем предприятий на АСУ, САПР и АСУТП. Были обработаны экспериментальные данные по отказам и ремонтам КДК СМК-350 за 2000-2012 годы. Полученные данные можно использовать для построения ряда математических моделей, необходимых для исследования системы эксплуатации с целью получения их максимальной эффективности использования: модель динамики изменения надежности системы в процессе эксплуатации; модель оптимального обслуживания; модель оценки количества запасных элементов; модель оценки эффективности затрат на восстановление и ремонт.

Ключевые слова: объект исследования, модель объекта, составная модель данных, элементарная модель данных, информационная основа.

## MODELLING OF THE INTEGRATED INFORMATION SYSTEM FOR MANAGEMENT BRICKMADED COMPLEX THE SMK-350

Surnichenko K.A., Kalashnikova A.M., Zhdanov A.V.

*Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir  
Vladimir, Russia (600000, Vladimir, Gorky street, 87), e-mail: [tms@vlsu.ru](mailto:tms@vlsu.ru)*

Considered fundamental parameters needed to construct mathematical models, based on observations, organized by the brickmaded complex the SMK-350. The main objective of the operation of industrial enterprises is to maintain their technical condition and reliability at a level acceptable to withstand economic indicators. Research and improve the reliability of the automated production of bricks in the operational phase. Proposed interconnection financial accounting and financial management information systems. Also, this relationship suggests that artificial division of the automated systems for process control companies, computer-aided design, automated process control system. Experimental data were processed on failures and repairs the brickmaded complex the SMK-350 for the years 2000-2012. The data can be used to construct a series of mathematical models needed to study the system of operation in order to obtain their maximum efficiency: a model of dynamics of change of system reliability during operation; optimal service model, the model estimates the number of spare elements, the model estimates the cost effectiveness of rehabilitation and repair.

Key words: object of research, object model, compound model of data, elementary model of data, information basis.

В литературе, посвященной проблемам управления, существует множество разнообразных концепций и подходов к определению управления. В предлагаемых концепциях управления промышленным предприятием вопрос информационной области остается открытым, поскольку научная разработанность теоретических и методологических положений определения информационной концепции для целей управления предприятием является недостаточной. Многие исследователи проблем информационного обеспечения системы управления промышленным предприятием обращаются к вопросам организации системы бухгалтерского управленческого учета, игнорируя другие учетные системы. С

практической точки зрения, функциональные компоненты информационной области управления промышленным предприятием (бухгалтерская финансовая информационная система, бухгалтерская управленческая информационная система, бухгалтерская налоговая информационная система) не способны в полном объеме удовлетворять информационные потребности системы управления. То есть ни аппаратно, ни организационно не взаимодействует с информационными системами управления технологическими процессами.

Создание информационной системы управления технологическим процессом возможно только при условии наличия автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУТП). Любая информационная система ориентирована на работу в конкретной предметной области. При построении интегрированной информационной системы необходимо учитывать и различать следующие понятия: объект исследования, модель объекта, составная модель данных, элементарная модель данных, информационная основа. Объектом исследования будет являться любой из объектов предметной области – всё то, что может храниться в базе данных ИИС. При исследовании объектов окружающей действительности осуществляется сбор данных, часто разрозненных и неоднородных из которых необходимо формировать модели объектов. Первичные данные – исходные данные, получаемые в ходе непосредственного сбора информации. После сбора разнообразные входные данные об объектах упрощаются, унифицируются и преобразуются в модели, хранимые в базе данных.

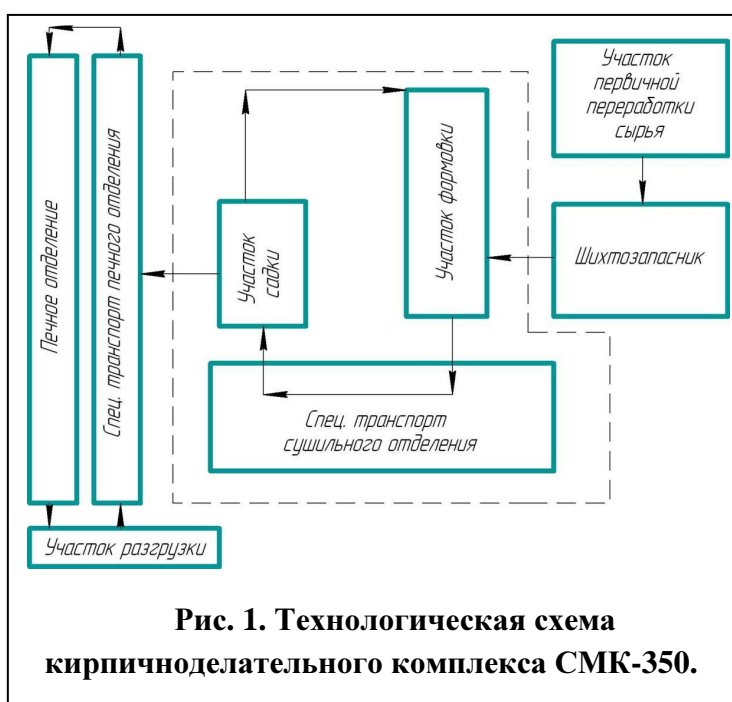
Основной задачей эксплуатации промышленных предприятий является поддержание их технического состояния и надежности на уровне, достаточном для выполнения ими заданных функций, что позволяет выдерживать приемлемые экономические показатели.

С появлением современной микропроцессорной техники стала возможной автоматизация сбора данных об отказах и восстановлениях используемого технологического оборудования и отдельных агрегатов. Полученные данные можно использовать для построения ряда математических моделей, необходимых для исследования системы эксплуатации с целью получения их максимальной эффективности использования:

- 1) модель динамики изменения надежности системы в процессе эксплуатации;
- 2) модель оптимального обслуживания;
- 3) модель оценки количества запасных элементов;
- 4) модель оценки эффективности затрат на восстановление и ремонт.

Основополагающими параметрами, необходимыми для построения математических моделей, являются интенсивности отказов  $\lambda_i$  и восстановлений  $\mu_i$ , т.е. исходные данные, получаемые непосредственно с контроллеров, составляющих основу АСУ ТП. Достоверность данных и адекватность вышеперечисленных математических моделей

проверялась на основе наблюдений, организованных на КДК СМК-350 (ОАО «МЗКСМ», ст. Мстера Владимирской области) в течение 12 лет (в 2000-2012 гг.) и продолжающихся до сих пор. КДК СМК-350 был разработан и выполнен по инжиниринговому проекту фирмы UNIMORANDO (Италия) с использованием контроллеров S5-210B (SIEMENS, Германия). Однако в процессе эксплуатации возникла необходимость в реконструкции системы управления с целью замены устаревших узлов и агрегатов технологического оборудования и АСУТП, а также дополнении системы устройствами сбора, обработки, хранения и передачи информации о надежности КДК по параметрам производительности и качества. Непрерывный технологический процесс (ТП) производства кирпича на КДК СМК-350 состоит из операций формовки, сушки, садки и обжига, которым соответствуют технологические участки и отделения.



На рис. 1 представлена технологическая схема КДК СМК-350, в которой обозначены связи отдельных технологических участков и отделений.

Анализ ТП и технологической схемы на рис. 1 позволяет однозначно определить ТС КДК СМК-350 как двухучастковую систему с промежуточным накопителем. В качестве накопителя выступает сушильное отделение вместе со своим спецтранспортом.

Для описания модели надежности ТС (*модель 1*) использовался математический аппарат Марковских случайных процессов с дискретными состояниями и непрерывным временем, т.к. все возможные состояния системы  $S_1 \dots S_n$  можно заранее перечислить (табл. 1). В модели задавались потоки отказов и восстановлений, для которых находились вероятности нахождения системы в работоспособном состоянии. Математическая модель надежности ТС с НЦ имеет восемь возможных состояний  $S_i$  и представляет собой систему дифференциальных уравнений Колмогорова:

$$\begin{cases} dp_0/dt = p_1\mu_1 + p_2\mu_2 + p_3\mu_3 - p_0(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) \\ dp_1/dt = p_4\mu_2 + p_6\mu_3 + p_0\lambda_1 - p_1(\lambda_2 + \lambda_3 + \mu_1) \\ dp_2/dt = p_4\mu_1 + p_5\mu_3 + p_0\lambda_2 - p_2(\lambda_1 + \lambda_3 + \mu_2) \\ dp_3/dt = p_6\mu_1 + p_5\mu_2 + p_0\lambda_3 - p_3(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_3) \\ dp_4/dt = p_7\mu_3 + p_1\lambda_1 + p_2\lambda_1 - p_4(\lambda_3 + \mu_1 + \mu_2) \\ dp_5/dt = p_7\mu_1 + p_3\lambda_2 + p_2\lambda_3 - p_5(\lambda_1 + \mu_3 + \mu_2) \\ dp_6/dt = p_7\mu_2 + p_3\lambda_1 + p_1\lambda_3 - p_6(\mu_3 + \mu_1 + \lambda_2) \\ dp_7/dt = p_4\lambda_3 + p_5\lambda_1 + p_6\lambda_2 - p_7(\mu_1 + \mu_2 + \mu_3) \end{cases} \quad (1)$$

где  $t$  – время, а  $p_0 \dots p_7$  вероятности нахождения системы в одном из состояний,  $\lambda_i$  и  $\mu_i$  интенсивности отказов и восстановлений каждого из трех участков (формовки, сушки и садки).

**Таблица 1 – Возможные состояния системы из трех элементов**

Состояние	Элемент ТС с НЦ			Примечания
	1	2	3	
$S_0$	$p$	$P$	$p$	работоспособны все три элемента
$S_1$	$n$	$P$	$p$	неработоспособен 1-й элемент
$S_2$	$p$	$H$	$p$	неработоспособен 2-й элемент
$S_3$	$p$	$P$	$n$	неработоспособен 3-й элемент
$S_4$	$n$	$H$	$p$	неработоспособны 1-й и 2-й элементы
$S_5$	$p$	$H$	$n$	неработоспособны 2-й и 3-й элементы
$S_6$	$n$	$P$	$n$	неработоспособны 1-й и 3-й элементы
$S_7$	$n$	$H$	$n$	все три элемента неработоспособны

$n$  – неработоспособен,  
 $p$  – работоспособен.

Создание модели оптимального обслуживания (модель 2) необходимо для определения продолжительности работы системы  $T_n$  до очередного технического обслуживания (ТО). Требования к надежности ТС задаются в виде вероятности  $p_{mp}$  нахождения ее в технически исправном состоянии к началу очередного ТО. По статистическим данным эксплуатации оценивается вид функции  $\lambda(t)$ . Вероятность нахождения системы в технически исправном состоянии за время  $t_1 + T_n$  может быть представлена в виде:

$$p(t_1 + T_n) = e^{-\int_0^{t_1 + T_n} \lambda(t) dt},$$

где  $t_1$  – время эксплуатации системы до рассматриваемого момента времени.

В результате преобразований получаем уравнение, из которого может быть определен требуемый период  $T_n$ :

$$\int_{t_1}^{t_1 + T_n} \lambda(t) dt = -\ln p_{mp}.$$

В случае  $\lambda(t) = a + bt$ , когда поведение системы описывается Марковским неоднородным процессом с дискретными состояниями и непрерывным временем, получаем уравнение в виде:

$$aT_n + bt_1T_n + \frac{bT_n^2}{2} + \ln(p_{mp}) = 0. \quad (2)$$

По статистическим данным определяются и уточняются параметры  $a$  и  $b$ , по формуле (2) определяется очередной период  $T_n$ . После очередного технического обслуживания расчеты повторяются.

Модель оценки количества запасных элементов (*модель 3*) построена на основе задачи целочисленного нелинейного программирования. Формулировка задачи: технологическая система состоит из элементов  $k$  типов, характеристики надежности которых известны. Для увеличения надежности мы придаем некоторое число  $n_1$  резервных элементов первого типа,  $n_2$  – второго типа,  $n_3$  – третьего типа,  $n_k$  –  $k$ -го типа. Спрашивается, как нужно выбрать числа  $n_1, n_2, \dots, n_k$  при заданном числе рабочих элементов каждого типа, чтобы вероятности безотказной работы в промежутке времени от 0 до  $t$  была максимальна.

$$K(t) = k(t; n_1, n_2, n_3, \dots, n_k)$$

При этом на величины  $n_1, n_2, n_3, \dots, n_k$  накладываются дополнительные условия:

$$\sum_{i=1}^k a_{si} \cdot n_i \leq \beta; a_{si} \geq 0; s = 1, 2, \dots, r$$

Двухчастковая система с промежуточным накопителем состоит из трех элементов;  $k=3$ ;

$k_1$  – формовка;  $n_1$  – список быстроизнашивающихся деталей этого участка;

$k_2$  – садка;  $n_2$  – список быстроизнашивающихся деталей этого участка;

$k_3$  – СТС;  $n_3$  – список быстроизнашивающихся деталей этого участка;

Наложены ограничения по стоимости (стоимость каждой детали известна).

Условия ограничения по стоимости:

$$\sum_1^i n_{1i} \cdot c_{1i} + \sum_1^i n_{2i} \cdot c_{2i} + \sum_1^i n_{3i} \cdot c_{3i} \leq \beta \quad (1)$$

Максимизируется вероятность безотказной работы. Вероятность безотказной работы каждой детали из списка должна быть известна, если неизвестна, то определяется как  $1 - Q(t)$  – единица минус вероятность отказа, либо из выражения:

$$P_1(t) = p_{10} \cdot p_{11} \cdot \dots \cdot p_{1i} \Rightarrow P(t) = \sum_1^i p_{1i} \cdot n_{1i} + \sum_1^i p_{2i} \cdot n_{2i} + \sum_1^i p_{3i} \cdot n_{3i} \Rightarrow \max$$

Найти неотрицательные значения  $n$ , которые удовлетворяют равенству (1), т.е. найти количество деталей, с помощью которых можно поддерживать необходимый уровень надежности.

Модель оценки эффективности затрат на восстановление и ремонт (*модель 4*) может быть выражена уравнением:

$$\frac{W_0}{\alpha} + \frac{(1 + p_o W_0) \ln(1 - p_o W_0)}{1 - p_o} = 0 \quad (3)$$

где  $W_0$  – вероятность выполнения задания ТС с НЦ,  $p_o$  – обобщенный показатель надежности,  $\alpha$  – параметр, определяемый по статистическим данным.

Расчет вероятности  $W_0$  выполнения задания для случая, когда номинальная производительность ТС определяется номинальной производительностью второго участка, производим по формуле:

$$W_0(t_0, S_{01}) = e^{-(\lambda_2 + \lambda_n)t_0} \left( 1 - q e^{\frac{-(1-q)S_{01}}{T_{b1}Q_{n2}}} \right),$$

где  $q = \frac{\lambda_1 T_{b1} Q_{n2}}{Q_{n1} - Q_{n2}}, Q_{n1} > Q_{n2}$

В качестве исходной информации для исследования модели используются следующие параметры и статистические данные:  $\lambda_i$  – интенсивности отказов участков ТС,  $Q_n$  – номинальные производительности участков ТС,  $\lambda_{ni}$  – интенсивности отказов межоперационных накопителей,  $S_{oi}$  – уровни начального заполнения накопителей,  $T_{bi}$  – средние времена восстановления накопителей,  $S_i$  – емкость  $i$ -го накопителя,  $T_{ni}$  – средние времена восстановления накопителей.

Стоимость эксплуатации ТС с НЦ  $C_1$  и ее обобщенный показатель надежности  $p_o$  связаны между собой математической зависимостью:

$$C_1 = C_0 (1 - p_o)^{-\alpha} \quad (4)$$

Из (3) и (4) получим:  $\alpha = \frac{\ln \bar{C}}{\ln(1 - p_o)}, \quad (5)$

где  $\bar{C}$  – относительная стоимость эксплуатации одной системы при надежности  $p_o$ :

$$\bar{C} = \frac{C_1}{C_0}$$

Финальные вероятности состояний ТС с НЦ получаются путем решения системы алгебраических уравнений, которые получаются из (1). Если система такова, что отказ на любом этапе приводит к одним и тем же последствиям (не выполнению задачи) и при этом «стоимость» отказа (потери, вызванные появлением отказов) на всех этапах одинакова, то определение оптимальных значений основных показателей надежности производим по формуле:

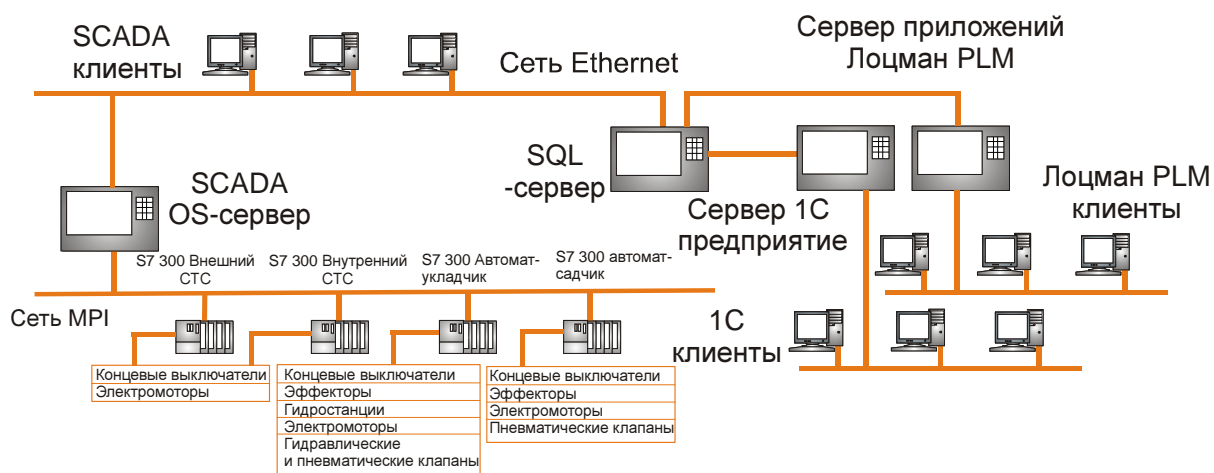
$$K_e = p(\tau_n) = p(\tau_{np}) = \sqrt[3]{p_0}$$

где  $p_0$  – значение обобщенного показателя надежности системы.  $K_e$  – коэффициент готовности системы,  $p(\tau_n)$  – вероятность исправности во время подготовки системы,  $p(\tau_{np})$  – вероятность исправности во время применения [4].

Если стоимость отказов на разных этапах разная, то для строгого решения задачи целесообразно показатели экономичности системы определять непосредственно через основные показатели ее надежности с последующим поиском оптимальных решений по каждому показателю надежности.

Следовательно, имея статистические данные о значениях  $W_0$  и  $p_0$ , можно вычислить значение  $\alpha$  по формуле (5) и относительную стоимость эксплуатации одной системы при заданной надежности  $p_0$ . Полученные показатели будут являться базовыми. Их можно использовать при расчете модернизируемой системы как систему-аналог. Величина  $\alpha$  зависит от способа повышения надежности системы. Наименее экономичным является способ дублирования всех элементов, отказ которых приводит к отказу системы ( $\bar{C} \approx 2$ ).

Таким образом, взаимосвязь бухгалтерской финансовой и бухгалтерской управленческой информационных систем с информационной системой управления технологическим процессом может быть осуществлена посредством предоставления ими информации для решения математических моделей оценки количества запасных элементов и оценки эффективности затрат на восстановление и ремонт, что позволяет в дальнейшем автоматизировать управление складскими запасами. Также данная взаимосвязь предполагает устранить искусственное разделение автоматизированных систем предприятий на АСУ, САПР и АСУТП. Структурная схема ИИС предприятия представлена на рисунке 2.



**Рис. 2. Структурная схема интегрированной информационной системы предприятия.**

Описание и расчет модели данной системы при различных исходных данных производится на языке для технических расчетов MatLab. В итоге на предприятии должна возникнуть корпоративная (комплексная) автоматизированная и математически описанная информационная система. В таких системах предусмотрены хранение, обработка и передача информации в компьютерных средах, оперативный доступ к данным в нужное время и в нужном месте.

### Список литературы

1. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – М. : Высш. шк., 2000. – 383 с.
2. Кальницкая И.В. Учетно-аналитическая концепция интегрированной информационной системы для целей управления организацией : авторефер. дис. ... д-ра экон. наук. – Екатеринбург, 2011. – 41 с.
3. Сурниченко А.А. Исследование и повышение надежности автоматизированной системы производства кирпича на этапе эксплуатации : авторефер. дис. ... канд. техн. наук. – Владимир, 2011. – 16 с.
4. Сурниченко А.А., Жданов А.В. Анализ различных вариантов потери работоспособности технологической системы с непрерывным циклом // Экология и промышленность России. – 2010. – № 9. – С. 50-52.
5. Сурниченко А.А., Жданов А.В. Прогнозирование остаточного ресурса шнекового горизонтального пресса / Автоматизация: проблемы, идеи, решения : материалы Междунар. науч.-техн. конф. «АПИР-15» ; под. ред. В.В. Прейса, Е.В. Давыдовой. В 2-х частях. Ч. 2. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2010. – С. 135-140.



## **Рецензенты**

Гоц А.Н., д.т.н., профессор кафедры тепловых двигателей и энергетических установок ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир.

Кульчицкий А.Р., д.т.н., профессор, заместитель главного конструктора по испытаниям ООО «Владимирский моторо-тракторный завод», г. Владимир.