

МОДЕЛЬ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ФАЗ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

УДК 004.891.3

ЛЕВЫКИН Игорь Викторович

кандидат технических наук, доцент, профессор, кафедры медиасистем и технологий «МСТ» Харьковского национального университета радиоэлектроники «ХНУРЭ», г. Харьков;

Научные интересы: информационные системы и технологии, модели и методы автоматизации процессов управления полиграфических предприятий.

ВВЕДЕНИЕ

Организация мониторинга, управления, а также информационного, ресурсного и других видов сопровождения бизнес-процессов (БП) основывается на использовании моделей таких процессов. В то же время формализованное описание «идеального» (улучшенного) процесса может отличаться от реализуемого на практике алгоритма действий. В связи с этим актуальной является задача разработки моделей реально выполняющихся бизнес-процессов на основе анализа данных, отражающих последовательность их действий. Полученная таким образом модель может быть использована для решения следующих задач: визуального контроля и анализа процессов, выявления «узких мест» процесса и поиска способов его усовершенствования.

Поддержку процесса разработки модели и ее улучшения обеспечивает информационная система (ИС) посредством формирования журнала событий, в котором фиксируются данные о реальных проблемах бизнес-процесса, состоянии объекта, показателях, критериях и т.д. Для реализации этих проблем необходимо применить соответствующие методы

моделирования, которые позволят разработать различные варианты улучшения первоначальной модели, до момента изменения состояния моделируемого бизнес-процесса.

Инструментальные средства бизнес-анализа (BI, business intelligence) помогают принимать решения на основе данных о событиях, однако их применение, как правило, ограничено только формированием отчетов или предоставлением справочных данных [1,2].

К таким средствам также относятся: «мониторинг бизнес-активности» (BAM, business activity monitoring), «мониторинг эффективности предприятия» (CPM, corporate performance monitoring), «непрерывное совершенствование процессов» (CPI, continuous process improvement), «анализ бизнес-процессов» (BPI, business process intelligence) и др. Но они не являются процессно-ориентированными, не охватывают процесс в целом, а предназначены только для извлечения данных при оперативном управлении. В отличие от них инструментальные средства управления бизнес-процессами (BPM, business process management) позволяют с помощью соответствующих моделей

анализировать текущие и планируемые процессы, однако эти модели не адекватны реальным данным процесса. Поэтому результаты такого анализа не соответствуют фактическому состоянию процесса, так как получены на основании идеальной модели [3,4].

Цель анализа и управления бизнес-процесса состоит не в том, чтобы однократно разработать статичную модель, а создать динамичную модель на основании актуальных данных для того, чтобы анализировать, прогнозировать и управлять поведением бизнес-процесса.

Анализ процессов отличается от анализа данных (data mining) тем, что он исследует параллельность и точки выбора, которые не определяются существующими алгоритмами data mining, поэтому необходимо использовать организационное моделирование, позволяющее отождествлять события с элементами модели (event correlation).

Целью статьи является разработка математической модели жизненного цикла процессов планирования, учета, контроля, анализа и регулирования бизнес-процесса. описывающая жизненный цикл фаз его управления составным функтором, в виде композиции отдельных функторов, что позволяет на системном уровне рассматривать процессы эффективного управления бизнес-процессов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для реализации метода анализа бизнес-процессов первоначальным этапом является описание жизненного цикла управления бизнес-процессами. Для этого определим его стадии жизненного цикла, как показано на (рис. 1).

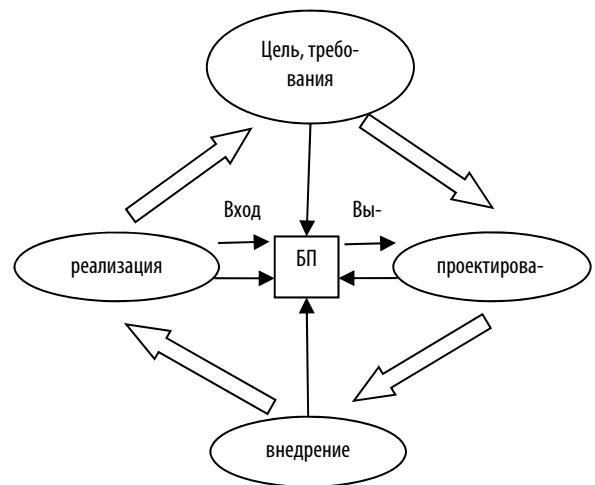


Рисунок 1 – Стадии реализации жизненного цикла бизнес-процесса

К таким стадиям относятся: определение целей и требований, непосредственно проектирование, внедрение и реализация. Однако на практике реализация бизнес-процесса отличается от запланированного из-за наличия действующего на него множества факторов и, прежде всего, в соответствии с выдвигаемыми к нему требованиями. Поэтому в рамках реализации ЖЦ бизнес-процесса выделим следующие фазы управления: планирования, учета, контроля, анализа и регулирования. Схема реализации этих фаз применительно к управлению бизнес-процессов представлена на (рис. 2).

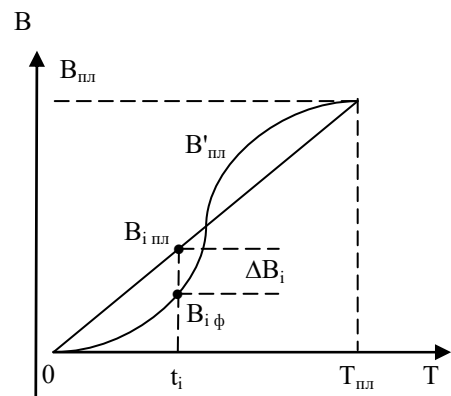


Рисунок 2 – Представление фаз управления бизнес-процессов

Фаза планирования предусматривает выполнение определенного объема работ $B_{пл}$. Однако в результате влияния на бизнес-процесс различных возмущений в i -ой точке контроля, $B_{пл}$ отличается от фактического $B_{ф}$. Фиксирование на фазе учета $B_{ф}$ позволяет определить величину отклонения $\Delta B_i = B_{пл} - B_{ф}$. Если $\Delta B_i = 0$, то управление бизнес-процессом не проводится. На фазе анализа осуществляется анализ возникшего отклонения ΔB_i , выявляются его причины. На фазе регули-

рования разрабатывается скорректированная траектория выполнения бизнес-процесса $B_{пл}'$.

Управление бизнес-процессами осуществляется на всех уровнях предприятия, включая: стратегическое, календарное и текущее. Взаимосвязь фаз управления, а, следовательно, и фаз реализации функциональных задач (ф.з.) представим в виде классической спиральной модели проектирования на (рис.3).

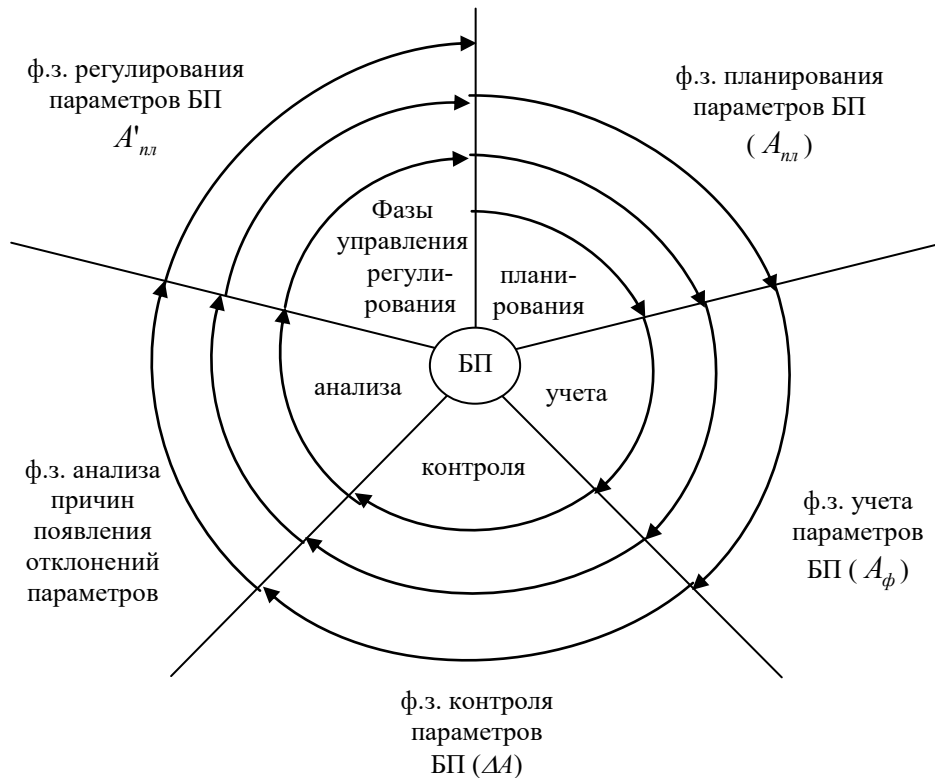


Рисунок 3 – Спиральная модель фаз управления реализацией функциональных задач

Как правило эти задачи реализуют различные подразделения предприятия ,например фнкции планирования проводит технико-экономический отдел, учет и контроль – производственный отдел, анализ отклонений и причин – аналитический отдел, регулирование – произ-

водственно-диспетчерский отдел. Качество выполняемых работ на каждой фазе управления, осуществляемых данными структурными подразделениями и в конечном итоге определяет эффективность протекания бизнес-процессов на предприятии. Неправильное формирование

соответствующих планов, несвоевременный контроль и проведение анализа причин отклонений и запаздывание с корректировкой соответствующих планов производства приводит к срыву выполнения заказов, как по отдельным элементам производственного цикла, так и к невыполнению заданий в целом, невыпуску продукции на рынок, недополучение прибыли.

Содержательный смысл такой модели (рис.3) состоит в том, что при выполнении всех фаз можно получать версии процессов такого управления и если их результат не удовлетворяет заданным требованиям, то цикл управления повторяется до получения необходимой версии.

Используя методы, модели и инструментальные средства моделирования до физического управления бизнес-процессом, дает возможность реализации любой функциональной задачи по фазам управления [5,6,7]. К таким задачам относятся: проведение маркетинговых исследований, оперативного и календарного планирования, управление оборудованием, инструментальным и материально-техническим обеспечением, кадрами, работой с поставщиками и потребителями, управление качеством выпуска продукции и т.д. Например, реализация функциональной задачи «управление портфелем заказов» на полиграфическую продукцию требует решения фактически пяти функциональных задач. На первой фазе управления портфелем заказов реализуется функциональная задача планирования выпуска продукции с установлением плановых показателей $A_{пл}$ по всем заказам. На второй фазе реализуется функциональная задача учета фактических показателей выполнения портфеля заказов ($A_{ф}$). На третьей фазе ре-

лизуется задача контроля выполнения параметров заказа путем сравнения плановых и фактических параметров ($A_{к}$). На четвертой фазе при наличии отклонений по выполнению портфеля заказов проводится анализ таких отклонений, которые могут быть связаны с нарушениями технологии производственного процесса, работой оборудования, ошибками операторов, качеством исходных материалов и т.д. Такой анализ позволяет разработать комплекс организационных, технических и других мероприятий, способствующих исключению таких отклонений. На пятой фазе проводится регулирование (перепланирование) бизнес-процесса ($A'_{пл}$).

Учитывая характеристики предметной области (например полиграфического предприятия) имеется возможность моделирования процесса управления по всем фазам до запуска заказа, введя возможные отклонения по различным причинам, прогнозирование их устранения по соответствующим версиям. Так как процесс моделирования проводится с использованием вычислительных средств, то количество таких версий определяется, прежде всего, обоснованностью прогнозируемых причин отклонений [8,9,10].

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Опишем жизненный цикл фаз управления бизнес-процессов математической моделью. Классические математические методы не позволяют на формальном уровне описать все многообразие процессов, выполняемых различными структурными подразделениями, в рамках реализации соответствующих фаз управления, поэтому, используем категорно-функторное описание модели.

Для получения общей модели управления бизнес -процессом получим категории процессов по всем фазам (П – планирования, У – учета, К – контроля, А – анализа, Р – регулирования).

Для получения категории процессов, выполняемых в фазе планирования, введем следующие структурированные множества и соответствующие морфизмы. Объектами процессов планирования (П) являются: A_n – множество процессов планирования предприятия, B_n – множество процессов планирования цехов, C_n – множество процессов планирования участков.

Исходя из иерархии распределения процессов планирования в рамках предприятия множество процессов планирования цехов B_n распределено между множеством процессов планирования предприятия A_n таким образом, что каждому множеству процессов A_{ni} принадлежит определенный набор процессов планирования B_{na} из множества B_n . Распределению множества процессов планирования B_n между множеством процессов планирования A_n ставится такое соответствие (отображение) F , при котором любому набору процессов планирования предприятия a_n , $a_n \in A_n$, сопоставляется, по крайней мере, определенный набор процессов планирования b_n , $b_n \in B_n$. Тогда распределение множества процессов планирования B_n среди множества процессов планирования A_n представим в следующем виде:

$$F \begin{matrix} A_n \\ B_n \end{matrix} \begin{cases} A_n \rightarrow 2^{B_n} \\ a_n \rightarrow B_{na_n} \end{cases}, \quad (1)$$

где 2^{B_n} – множество всех подмножеств процессов планирования B_n (булеан B_n),

входящих в множество процессов A_n такое, что

$$F \begin{matrix} A_n \\ B_n \end{matrix} (a_n) = B_{na_n}, \quad (2)$$

где B_{na_n} – множество процессов планирования цехов, входящих в множество процессов планирования конкретного предприятия a_n , $a_n \in A_n$. По определению должно выполняться условие:

$$B_n = \bigcup_{a_n \in A_n} B_{na_n}. \quad (3)$$

Это означает, что множество процессов планирования цехов B_n должно принадлежать множеству процессов планирования конкретного предприятия a_n , $a_n \in A_n$.

Такое распределение F является инъективным отображением B_n в A_n , если каждый набор процессов планирования b_n есть образ только одного набора процессов планирования a_n , $a_n \in A_n$, либо вообще не имеет прообраза, т.е. должно выполняться условие

$$b_n \in B_n : |F^{-1} \{b_n\}| \leq 1.$$

По аналогии множество процессов планирования участков C_n , распределено среди множества процессов планирования цехов B_n представим следующим отображением:

$$F \begin{matrix} B_n \\ C_n \end{matrix} \begin{cases} B_n \rightarrow 2^{C_n} \\ b_n \rightarrow C_{nb_n} \end{cases}, \quad (4)$$

$$F \begin{matrix} B_n \\ C_n \end{matrix} (b_n) = C_{nb_n}, C_{nb_n} \in C_n,$$

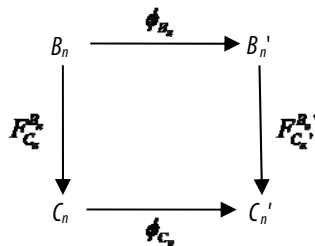
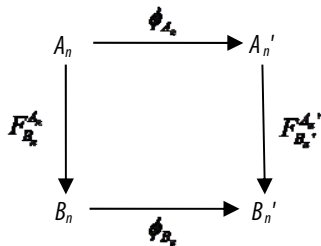
$$C_n = \bigcup_{b_n \in B_n} C_{nb_n},$$

при выполнении условия

$$c_n \in C_n : \|F^{-1}|_{C_n}\| \leq 1.$$

Так как множество процессов планирования участков C_n входит в множество процессов предприятия A_n , то распределение C_n в A_n представим в виде $F_{C_n}^{A_n}$. Тогда введенные структурированные множества A_n, B_n, C_n и соответствующие отображения являются элементами математической модели структуры процессов планирования предприятия следующего вида:

$$M_n = \langle A_n, B_n, C_n, F_{C_n}^{A_n}, F_{B_n}^{A_n}, F_{C_n}^{B_n} \rangle. \quad (5)$$



(6)

а также соответствующими тождествами.

При этом внутренние связи между структурированными множествами A_n, B_n, C_n в D_n , сохраняются и в D_n' вследствие их функционального назначения процессов планирования, а поэтому выполняется условие определения морфизмов.

Введенные структурированные множества процессов планирования A_n, B_n, C_n и морфизмы $\phi_{A_n}, \phi_{B_n}, \phi_{C_n}$ образуют категорию модель процессов планирования в следующем виде:

$$L^n = \langle A_n, B_n, C_n, \phi_{A_n}, \phi_{B_n}, \phi_{C_n} \rangle \quad (7)$$

Для получения модели категории процессов планирования определим следующие морфизмы: $\phi_{A_n} : A_n \rightarrow A_n', \phi_{B_n} : B_n \rightarrow B_n', \phi_{C_n} : C_n \rightarrow C_n'.$

Введенные структурированные множества процессов планирования A_n, B_n, C_n , образующие область D_n , являются составными элементами обобщенного множества процессов планирования существующих предприятий со структурированными множествами A_n', B_n', C_n' , при условии $D_n \subset D_n'.$

Такие морфизмы должны быть функциональными, что подтверждается следующими коммутативными диаграммами:

По аналогии для получения категории процессов учета состояния бизнес-процессов предприятия введем следующие структурированные множества: A_y – множество процессов учета на уровне предприятия, B_y – множество процессов учета на уровне цехов, C_y – множество процессов учета на уровне участков.

Определим связи между введенными структурированными множествами A_y и B_y в виде отображения

$$F \begin{cases} A_y \rightarrow 2^{B_y} \\ B_y \rightarrow B_{y\alpha_y} \end{cases} \quad (8)$$

при выполнении условий

$$\begin{aligned} F_{B_y}^{A_y}(a_y) &= B_{ya_y}, \\ B_{ya_y} &\in B_y, \\ B_y &= \bigcup_{a_y \in A_y} B_{ya_y}, \\ b_y \in B_y &: |F^{-1}|b_y|| \leq 1. \end{aligned}$$

Аналогично определим связи между структурированными множествами B_y и C_y в виде отображений

$$F_{C_y}^{B_y} \begin{cases} B_y \rightarrow 2^{C_y} \\ b_y \rightarrow B_{yb_y} \end{cases} \quad (9)$$

при выполнении условий

$$\begin{aligned} F_{C_y}^{B_y}(b_y) &= C_{yb_y}, \\ C_{yb_y} &\in C_y, \\ C_y &= \bigcup_{b_y \in B_y} C_{yb_y}, \\ c_y \in C_y &: |F^{-1}|c_y|| \leq 1 \end{aligned}$$

Вследствие того, что множество процессов учета входит во множество процессов учета предприятия, то распределение C_y в A_y представим в виде отображения $F_{C_y}^{A_y}$.

Введенные структурированные множества процессов учета и связи между ними в виде отображений дают возможность получить модель структуры процессов учета на предприятии и его структурных подразделений в виде:

$$M_y = \langle A_y, B_y, C_y, F_{C_y}^{A_y}, F_{B_y}^{A_y}, F_{C_y}^{B_y} \rangle, \quad (10)$$

Для получения категории процессов учета на предприятии введем соответ-

ствующие морфизмы: $\phi_{A_y}: A_y \rightarrow A_y'$, $\phi_{B_y}: B_y \rightarrow B_y'$, $\phi_{C_y}: C_y \rightarrow C_y'$. Такие морфизмы должны быть функциональными, что подтверждается соответствующими коммутативными диаграммами и тождествами: $F_{B_y}^{A_y} \cdot \phi_{B_y} = \phi_{A_y} \cdot F_{B_y}'^{A_y}$, $F_{C_y}^{B_y} \cdot \phi_{C_y} = \phi_{B_y} \cdot F_{C_y}'^{B_y}$.

По определению внутренние связи между введенными структурированными множествами сохраняются в ранее определенных множествах D_y и D_y' .

Введенные объекты и морфизмы образуют категорную модель процессов учета в виде:

$$L^y = \langle A_y, B_y, C_y, \phi_{A_y}, \phi_{B_y}, \phi_{C_y} \rangle. \quad (11)$$

Реализация процессов планирования бизнес-процессов на предприятии невозможна без учета их фактического состояния в конкретный момент времени, поэтому опишем связи между этими фазами управления функтором вида

$$\Phi_{L^y}^{L^n}: L^n \Rightarrow L^y, \quad (12)$$

Для определения необходимости выполнения функций управления бизнес-процессами требуется сравнить зафиксированные плановые и фактические их параметры. Данные процессы проводятся в фазе контроля. Получим категорию процессов контроля, для чего введем следующие структурированные множества: A_κ – множество процессов контроля на уровне предприятия, B_κ – множество процессов контроля на уровне цехов, C_κ – множество процессов контроля на уровне участков.

Определим связи между данными структурированными множествами:

$$F_{B_\kappa}^{A_\kappa} \begin{cases} A_\kappa \rightarrow 2^{B_\kappa} \\ a_\kappa \rightarrow B_{\kappa a_\kappa} \end{cases}, \quad (13)$$

при выполнении условий

$$\begin{aligned} F_{B_{\kappa}}^{A_{\kappa}}(a_{\kappa}) &= B_{\kappa a_{\kappa}}, \\ B_{\kappa a_{\kappa}} &\in B_{\kappa}, \\ B_{\kappa} &= \bigcup_{a_{\kappa} \in A_{\kappa}} B_{\kappa a_{\kappa}}, \\ b_{\kappa} \subset B_{\kappa} &: |F^{-1}|b_{\kappa}| \leq 1. \end{aligned}$$

По аналогии эти связи между множествами процессов контроля на уровне цехов и участков представим отображениями следующего вида:

$$F_{C_{\kappa}}^{B_{\kappa}} \begin{cases} B_{\kappa} \rightarrow 2^{C_{\kappa}} \\ b_{\kappa} \rightarrow C_{\kappa b_{\kappa}} \end{cases}, \quad (14)$$

при выполнении условий

$$\begin{aligned} F_{C_{\kappa}}^{B_{\kappa}}(b_{\kappa}) &= C_{\kappa b_{\kappa}}, \\ C_{\kappa b_{\kappa}} &\in C_{\kappa}, \\ C_{\kappa} &= \bigcup_{b_{\kappa} \in B_{\kappa}} C_{\kappa b_{\kappa}}, \\ c_{\kappa} \subset C_{\kappa} &: |F^{-1}|c_{\kappa}| \leq 1. \end{aligned}$$

Процессы контроля на уровне участков являются составной частью процессов контроля на уровне предприятия, поэтому их связь представим отображением $F_{C_{\kappa}}^{A_{\kappa}}$.

Данные структурированные множества и их отображения позволяют получить модель структуры процессов контроля бизнес-процессов предприятия в виде:

$$M_{\kappa} = \langle A_{\kappa}, B_{\kappa}, C_{\kappa}, F_{C_{\kappa}}^{A_{\kappa}}, F_{B_{\kappa}}^{A_{\kappa}}, F_{C_{\kappa}}^{B_{\kappa}} \rangle \quad (15)$$

Для получения категории процессов контроля, введем соответствующие морфизмы $\phi_{A_{\kappa}} : A_{\kappa} \rightarrow A_{\kappa}'$, $\phi_{B_{\kappa}} : B_{\kappa} \rightarrow B_{\kappa}'$, $\phi_{C_{\kappa}} : C_{\kappa} \rightarrow C_{\kappa}'$. Функциональность таких морфизмов подтверждается аналогичными коммутативными диаграммами и тождествами.

Это дает основание получить категорию процессов контроля моделью следующего вида

$$L^{\kappa} = \langle A_{\kappa}, B_{\kappa}, C_{\kappa}, \phi_{A_{\kappa}}, \phi_{B_{\kappa}}, \phi_{C_{\kappa}} \rangle. \quad (16)$$

Связи между процессами учета бизнес-процессов и процессами контроля опишем функтором

$$\Phi_{L^{\kappa}}^{L^{\gamma}} : L^{\gamma} \Rightarrow L^{\kappa}, \quad (17)$$

Если в результате процессов контроля бизнес-процессов на любом уровне предприятия фиксируются отклонения фактических показателей от плановых, как было показано на рис. 2 ($\Delta B = B_{\text{пл}} - B_{\text{ф}}$), тогда принимается решение о реализации процессов управления, если $\Delta B = 0$, то управление не осуществляется. Кроме того, если при контроле бизнес-процессов выявлены отклонения ΔB , то должен быть проведен анализ причин их появления, т.е. процессы анализа связаны с процессами контроля. Поэтому для установления этой связи получим категорию процессов анализа, а связь между процессами контроля и анализа опишем соответствующим функтором.

Для получения категории процессов анализа состояния бизнес-процессов введем следующие структурированные множества: $A_{\text{ан}}$ – множество процессов анализа на предприятии, $B_{\text{ан}}$ – множество процессов анализа в цехах, $C_{\text{ан}}$ – множество процессов анализа на участках. Связи между этими множествами представим отображением

$$F_{B_{\text{ан}}}^{A_{\text{ан}}} \begin{cases} A_{\text{ан}} \rightarrow 2^{B_{\text{ан}}} \\ a_{\text{ан}} \rightarrow B_{\text{ан} a_{\text{ан}}} \end{cases}, \quad (18)$$

при выполнении условий

$$F_{B_{ан}}^{A_{ан}}(a_{ан}) = B_{ан a_{ан}},$$

$$B_{ан a_{ан}} \in B_{ан},$$

$$B_{ан} = \bigcup_{a_{ан} \in A_{ан}} B_{ан a_{ан}},$$

$$b_{ан} \subset B_{ан} : \|F^{-1}|b_{ан}\| \leq 1.$$

По аналогии связи между множествами процессов анализа цехов и участков представим отображением

$$F_{C_{ан}}^{B_{ан}} \begin{cases} B_{ан} \rightarrow 2^{C_{ан}} \\ b_{ан} \rightarrow C_{ан b_{ан}} \end{cases}, \quad (19)$$

при выполнении условий

$$F_{C_{ан}}^{B_{ан}}(b_{ан}) = C_{ан b_{ан}},$$

$$C_{ан b_{ан}} \in C_{ан},$$

$$C_{ан} = \bigcup_{b_{ан} \in B_{ан}} C_{ан b_{ан}},$$

$$c_{ан} \subset C_{ан} : \|F^{-1}|c_{ан}\| \leq 1.$$

Введенные структурированные множества процессов анализа и отображения связей между ними дают возможность получить модель структуры процессов анализа в виде:

$$M_{ан} = \langle A_{ан}, B_{ан}, C_{ан}, F_{B_{ан}}^{A_{ан}}, F_{C_{ан}}^{B_{ан}}, F_{C_{ан}}^{A_{ан}} \rangle, \quad (20)$$

Для получения категории процессов анализа введем следующие морфизмы:

$$\phi_{A_{ан}} : A_{ан} \rightarrow A_{ан}', \quad \phi_{B_{ан}} : B_{ан} \rightarrow B_{ан}', \quad \phi_{C_{ан}} : C_{ан} \rightarrow C_{ан}'.$$

По аналогии, функциональность таких морфизмов подтверждается аналогичными коммутативными диаграммами и тождествами.

Введенные множества и морфизмы образуют категорию процессов анализа моделью вида

$$L_{ан} = \langle A_{ан}, B_{ан}, C_{ан}, \phi_{A_{ан}}, \phi_{B_{ан}}, \phi_{C_{ан}} \rangle, \quad (21)$$

Связи между процессами контроля и анализа бизнес-процессов опишем функцией

$$\Phi_{L_{ан}}^{L^к} : L^к \Rightarrow L_{ан}, \quad (22)$$

После проведения процесса анализа причин появления отклонений параметров бизнес-процессов ΔB на фазе контроля необходимо осуществить их регулирование таким образом, чтобы фактические показатели соответствовали на конечном интервале бизнес-процессов плановым. Для описания процедуры взаимосвязи процессов анализа и регулирования получим модель категории процессов регулирования. Введем следующие структурированные множества: A_p – множество процессов регулирования на уровне предприятия, B_p – множество процессов регулирования на уровне цехов, C_p – множество процессов регулирования на уровне участков.

Опишем связи между этими множествами следующими отображениями:

$$F_{B_p}^{A_p} \begin{cases} A_p \rightarrow 2^{B_p} \\ a_p \rightarrow B_{pa_p} \end{cases}, \quad (23)$$

при выполнении условий

$$F_{B_p}^{A_p}(a_p) = B_{pa_p},$$

$$B_{pa_p} \in B_p,$$

$$B_p = \bigcup_{a_p \in A_p} B_{pa_p},$$

$$b_p \subset B_p : \|F^{-1}|b_p\| \leq 1.,$$

По аналогии опишем связи между множествами процессов регулирования в цехах и на участках отображениями:

$$F_{C_p}^{B_p} \begin{cases} B_p \rightarrow 2^{C_p} \\ b_p \rightarrow C_{pb_p} \end{cases}, \quad (24)$$

при выполнении условий

$$\begin{aligned}
 F_{C_p}^{B_p}(b_p) &= C_{pb_p}, \\
 C_{pb_p} &\in C_p, \\
 C_p &= \bigcup_{b_p \in B_p} C_{pb_p}, \\
 c_p \in C_p &: |F^{-1}|_{c_p}| \leq 1.
 \end{aligned}$$

Введенные структурированные множества и отображения процессов регулирования позволяют получить модель структуры процессов регулирования бизнес-процессов в следующем виде:

$$M_p = \langle A_p, B_p, C_p, F_{C_p}^{A_p}, F_{B_p}^{A_p}, F_{C_p}^{B_p} \rangle. \quad (25)$$

Для описания категории процессов регулирования введем соответствующие морфизмы: $\phi_{A_p} : A_p \rightarrow A_p'$, $\phi_{B_p} : B_p \rightarrow B_p'$, $\phi_{C_p} : C_p \rightarrow C_p'$. Данные морфизмы должны быть функциональными, что подтверждается по аналогии с соответствующими коммутативными диаграммами и тождествами.

Введенные структурированные множества, являющиеся объектами категории, и морфизмы позволяют получить категорию процессов регулирования бизнес-процессов моделью следующего вида:

$$L^p = \langle A_p, B_p, C_p, \phi_{A_p}, \phi_{B_p}, \phi_{C_p} \rangle, \quad (26)$$

Используя полученные категории L^{an} и L^p , опишем связи между процессами

анализа и регулирования бизнес-процессов функтором

$$\Phi_{L^p}^{L^{an}} : L^{an} \Rightarrow L^p, \quad (27)$$

Функциональность такого описания подтверждается тем, что объекты категории анализа являются основой для разработки процессов регулирования, т.к. правильно определенные и проанализированные отклонения, причины их возникновения исключают причину их повторного появления.

Введенные категории позволяют получить математическую модель жизненного цикла процессов управление в виде композиции функторов

$$\Phi_{L^p}^{L^{an}} = \langle \Phi_{L^p}^{L^{an}} * \Phi_{L^p}^{L^p} * \Phi_{L^p}^{L^p} * \Phi_{L^p}^{L^p} \rangle. \quad (28)$$

ВЫВОДЫ

Таким образом, в данном подразделе получены математические модели структур процессов планирования, учета, контроля, анализа и регулирования бизнес-процессов. Разработаны модели категорий данных процессов. Наличие таких категорий позволило описать связи между отдельными фазами управления соответствующим функтором. Получена обобщенная математическая модель жизненного цикла фаз управления в виде композиции отдельных функторов. Эта модель на системном уровне позволяет рассматривать процессы эффективного управления, как отдельных бизнес-процессов, так и предприятием в целом.



ЛИТЕРАТУРА

1. Weske, M. Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures [Text] / M. Weske. – Springer Berlin Heidelberg, 2007. – 368 p.
2. Van der Aalst, W. M. P. Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes [Text] / W. M. P. Van der Aalst. – Springer Berlin Heidelberg, 2011. – 352 p.
3. Van der Aalst, W. M. P. Process Mining in the Large: A Tutorial [Text] / W. M. P. Van der Aalst // Business Intelligence. – Springer Science + Business Media, 2014. – P. 33–76.
4. Bose, R. P. J. C. Handling Concept Drift in Process Mining [Text] / R. P. J. C. Bose, W. M. P. van der Aalst, I. Zliobaite, M. Pechenizkiy // Advanced Information Systems Engineering. – Springer Science + Business Media, 2011. – P. 391–405.
5. Gunther, C. W. Process Mining in Flexible Environments [Text]: PhD thesis / C. W. Gunther. – Berlin: Eindhoven University of Technology, 2008. – 228 p.
6. Popova, V. Formal analysis of executions of organizational scenarios based on process-oriented specifications [Text] / V. Popova, A. Sharpanskykh // Applied Intelligence. – 2009. – Vol. 34, № 2. – P. 226–244.
7. Utgoff, P. E. An Improved Algorithm for Incremental Induction of Decision Trees [Text] / P. E. Utgoff // Machine Learning Proceedings 1994. – Elsevier BV, 1994. – P. 318–325.
8. Maier, R, Remus U. Defining process-oriented knowledge management strategies. Knowledge and Process Management. 2002, Vol. 9, no. 5, pp. 103 – 118
9. Chaluj S. F, Levykin I. V. Razrabotka obobshhennoj processnoj modeli precedentna, metoda ego formirovanija i ispol'zovanija [The development of a generalized process model case-based reasoning, the method of its formation and use]. Zhurnal upravljajushhie sistemy i mashiny. 2016, no. 3, pp. 23 – 29.
10. Nikolajchuk O. A., Jurin A. Ju Prototip intellektual'noj sistemy dlja issledovanija tehničeskogo sostojanija mehanicheskikh sistem [intelligent system prototype for the study of the technical state of mechanical systems]. Iskusstvennyj intellekt. 2006,. no. 3, pp. 459 – 468.

Рецензент: д.т.н., проф. Филатов В.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники