

УДК 69 (62)

ОСНОВЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Лосев Юрий Григорьевич, к.т.н., доцент Старооскольского технологического института (филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов» (НИТУ МИСиС), почетный строитель Российского Союза строителей, член Научно-Технического Совета Российской Гипсовой Ассоциации.

e-mail: ylosev@bk.ru

Лосев Константин Юрьевич, доцент, к.т.н., Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет" (НИУ МГСУ), кавалер почетной медали НИУ МГСУ «За заслуги в строительном образовании и науке».

e-mail: LossevKY@mgsu.ru

Аннотация. В статье представлено формализованное построение модели объектно-ориентированных автоматизированных технологий управления процессами на различных стадиях жизненного цикла объектов строительства. Предметной областью выступает жизненный цикл зданий и сооружений, объектом исследования формализация технологий автоматизации жизненного цикла объектов строительства. В статье используется метод формализованного описания на основе конструктивного направления теории алгоритмов, оперирующего понятием К-процессы. Вводится важный методологический принцип порождения К-процессов для получения конструктивных объектов, такой что К-процессы всегда объектно-ориентированы и в среде общих данных исполнимы только для конкретного класса объектов строительства. Предложена формализованная модель и схема разработки, управления и порождения К-процессов как основа объектно-ориентированных автоматизированных технологий для стадий жизненного цикла объектов строительства.

Ключевые слова: объект строительства, объектно-ориентированные автоматизированные технологии, формализация, К-процесс, теория алгоритмов, формализованная модель, единое информационное пространство, среда общих данных, жизненный цикл

FORMALIZATION FOUNDATIONS TO COMPUTER AUTOMATED LIFE CYCLE MANAGEMENT TECHNOLOGIES OF CONSTRUCTION FACILITIES

Losev Yuriy, Docent of the Starooskolsky Institute of Technology (branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "National Research Technological University "Moscow Institute of Steel and Alloys" (NUST MISIS), honorary builder of the Russian Union of Builders, member of the Scientific and Technical Council of the Russian Gypsum Association.

e-mail: ylosev@bk.ru

Losev Konstantin, Docent of the Department of Information Systems, Technology and Automation of Construction; National Research University Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia;

e-mail: LossevKY@mgsu.ru

Abstract: The article provides a formalized model of object-oriented automated process control technologies at the construction facilities life cycle stages. The subject area is the life cycle of buildings and structures, the object of the analysis is the formalization of automated technologies for the construction facilities life cycle. The research uses the method of formalized description based on the constructive direction of the theory of algorithms, operating with the concept of K-processes. An important methodological principle of generating K-processes for obtaining constructive objects is introduced, such that K-processes are always object-oriented and are feasible only for a specific class of construction objects in the common data environment. A formalized model and scheme of development, management and generation of K-processes are proposed as the basis of object-oriented automated technologies for the construction facilities life cycle stages.

Key words: construction facilities, object-oriented automated technologies, formalization, K-process, theory of algorithms, formalized model, common data environment, life cycle

Введение

Формализация, как представление сведений содержания предметной области в знаковой форме, появляется только в условиях целеполагания на основе накопленных знаний, умений, навыков деятельности людей. Формализация в данной статье устанавливается предметной областью построения моделей объектно-ориентированных автоматизированных технологий (ООАТ) управления и функционирования процессами на различных стадиях жизненного цикла (ЖЦ) объектов строительства (ОС) [1, 2].

Объектом исследования здесь выступает формализация ООАТ жизненного цикла объектов строительства. Цели формализации устанавливаются предметной областью построения моделей ООАТ управления процессами на различных стадиях ЖЦ ОС. Тем самым имеются вполне конкретные граничные условия, которые задаются преимущественно сводом нормативно-технических документов, относящихся к стадиям и этапам ЖЦ ОС на Рис.1: инвестиционно-изыскательской документации (предпроектная стадия); проектной и рабочей документации (стадия проектирования); исполнительной документации (стадия строительства); эксплуатационно-ремонтной документации (стадия эксплуатация); документации демонтажа (стадия утилизации). Формализация основана на структурной декомпозиции ЖЦ ОС и введении понятия о трех уровнях декомпозиции: эшелонирования,

расслоения, стратифицирования. Она представлена в данном исследовании в виде модели и схемы с опорой на концептуальную основу понимания сущности ЖЦ ОС [2, 3] и методологическую основу Конструктивного Направления в соответствии с теорией алгорифмов Маркова А.А [4, 5, 6]. Сущность Конструктивного Направления заключается в утверждении, что любой искусственно созданный виртуальный или материальный объект (включая ОС) является конструктивным объектом (КО) и всегда имеет реализующий его Конструктивный Процесс (К-процесс). В статье предложена формализованная модель и схема разработки, управления и порождения К-процессов для стадий ЖЦ ОС.

Проблема построения ООАТ на различных стадиях ЖЦ ОС связана с формализованным описанием предметной области, моделей структуры и содержания стадий самого ЖЦ ОС [7, 8]. От полноты и целостности такой формализации будет зависеть эффективность долгосрочных и дорогостоящих разработок, снижение рисков и затрат автоматизации ЖЦ.

Среди множества определений сущности формализации примем, на наш взгляд, следующее наиболее ёмкое и точное определение: формализация это – результат сведения содержания в форму [9, 10].

Структура и содержание предметной области ЖЦ ОС представлены на рис. 1.

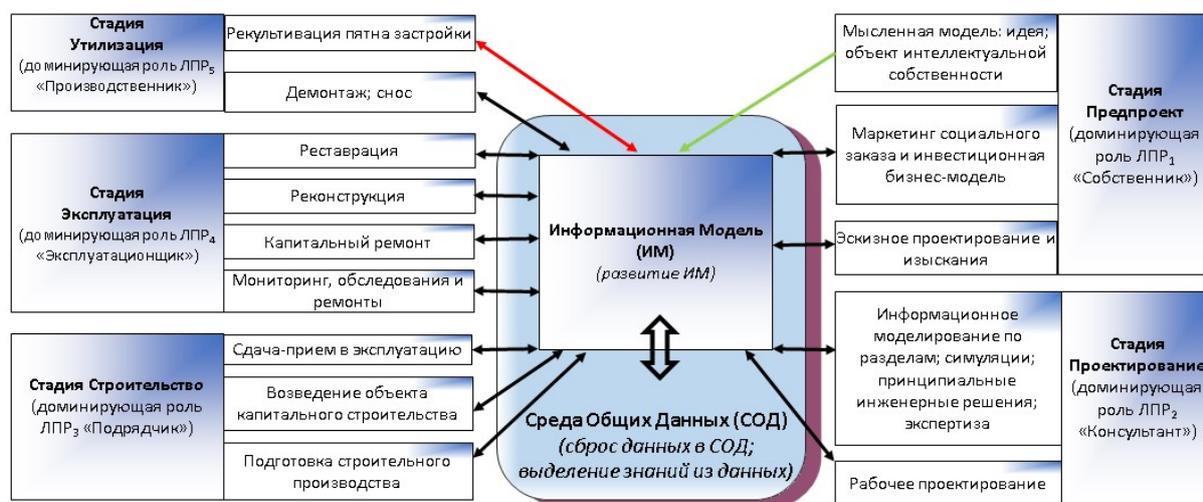


Рис. 1 Стадии и составляющие их этапы ЖЦ ОС [7]

Очевидно, что этапы в составе различных стадий ЖЦ ОС на вышеуказанной схеме (производственные процессы, бизнес-процессы) технологически отличаются друг от друга, иначе, имеют различные цели, средства, методы, состав специалистов, организации и другие содержательные особенности стадий ЖЦ.

Модель формализации

Традиционно стадии связаны с различными материально-техническими сторонами бизнес-процессов производства и эксплуатации ОС. Однако, главным действующим лицом («actor») процессов всегда являются специалисты, принимающие решения по управлению самими процессами на стадиях ЖЦ ОС, иначе – лица, принимающие решение (ЛПР). Такие специалисты всегда действуют на основе знаний и мысленных моделей соответствующих предметных областей ОС, зачатую разрешая технические противоречия и вопросы неопределённости ситуаций в ЖЦ ОС. Также можно выделить пять базовых ролей ЛПР: «Собственник», «Консультант», «Производственник», «Подрядчик», «Эксплуатационщик» [2]. Эти роли в общей схеме разработки, управления и порождения К-процессов ЖЦ ОС представлены на рис.1 и 2.

Предполагается, что каждая стадия ЖЦ подчинен принципу доминанты деятельности по А.А. Ухтомскому [11], то есть каждая стадия ЖЦ имеет доминирующую базовую роль ЛПР.

Деятельность ЛПР на всех стадиях ЖЦ ОС происходит, на наш взгляд, вокруг свода документации об ОС (СД ОС), представленного отображениями из виртуальной информационной модели ОС. По существу, процессы на всех стадиях ЖЦ ОС либо порождают СД ОС, либо используют СД ОС по назначению стадии, изображенной на рис.1.

СД ОС по отношению к ООАТ управления и функционирования производственными и бизнес-процессами ЖЦ ОС представляется как результат информационной поддержки ЖЦ ОС для ЛПР. Безусловно, существуют многоуровневая среда общих данных (СОД), содержащая

множества исходных, промежуточных информационных моделей, порождающих конечную (интегрированную, консолидированную, сводную, федеративную) информационную модель ОС. Разноуровневые СОД в совокупности составляют общее информационное пространство (ОИП) ЖЦ ОС.

Таким образом формализация построения ООАТ управления процессами во многом связана с описанием порождения и использования моделей СОД и ОИП в ЖЦ ОС [12].

Особо отметим, что сам СД ОС является исходными источником для исполнения этапов материального производства, строительства, эксплуатации ОС. Материальной базой исполнения этих этапов являются: индустрия производства материалов, конструктивных элементов; множество строительных машин, механизмов, оборудования; выполнение требований технологии и организации строительства; наличие различных ресурсов (электричество, вода, дороги, и т.п.). Информационные модели, порождающие СД ОС создают условия автоматизации материальной деятельности ЛПР при производстве ОС, в том числе с применением робототехники в монтаже, отделке, эксплуатации оборудования. Естественно, кадры ЛПР обязаны владеть автоматизированными технологиями на всех стадиях ЖЦ ОС, в том числе и материального производства в составе этапов: подготовка производства, возведение объекта, ввод в эксплуатацию, ремонты, реконструкция, демонтаж ОС [13].

По существу, конкретный К-процесс всегда реализуется в ООАТ через множество порождаемых конструктивных объектов (КО).

Формализация в указанной работе основана на структурной декомпозиции автоматизированной технологии проектирования и введения понятий о трех уровнях декомпозиции деятельности ЛПР: эшелонирования, расслоения, стратифицирования. В целом подобная декомпозиция инвариантна по отношению к любой антропогенной деятельности в целях построения К-процессов.

Ранее исследователи выполняли работы по формализации построения технологии автоматизированного проектирования серий сборных типовых конструкций промышленных зданий различного назначения, предлагались информационные модели конструктивных решений, концепции информационной поддержки ЖЦ технических объектов, включая здания и сооружения [10, 14-22].

Опираясь на исследования по формализации построения ООАТ ЖЦ, представим приведенные выше основы декомпозиции в приложении к формализации ЖЦ ОС. Сущность описываемой ниже модели формализации стадий ООАТ ЖЦ ОС, схематично отражена на рис. 2.



Рис. 2. Схема формализации построения автоматизированных технологий управления жизненным циклом объектов строительства

Процедура эшелонирования это - разбиение ЖЦ ОС на стадии, инвариантные любому экземпляру ОС из категории «здания и сооружения», что инфографически представлено на рис. 1. В данных стадиях разрабатываются и содержатся К-процессы (этапы ЖЦ). К-процессы порождают соответствующие КО, например, в виде информационной модели или свода документации.

Представим формальную модель ЖЦ ОС в виде тождества:

$$\text{ЖЦ ОС} \equiv \{\Theta_i\}, \text{ где } 1 \leq i \leq 5 \quad (1)$$

(наименование и содержание i -стадий представлены на рис. 1).

$$\text{ЖЦ ОС} \equiv \{\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3, \Theta_4, \Theta_5\} \text{ (эшелонирование).}$$

В свою очередь каждый Θ_i , декомпозируется на три подуровня технологической деятельности ЛПР, обеспечивающих порождение K_i - процессов:

$$\Theta_i = \{\Theta_{i1}, \Theta_{i2}, \Theta_{i3}\} :$$

Θ_{i1} – подуровень технологической деятельности ЛПР $_i$ при создании инвариантных и специализированных порождающих средств K_i -процессов в виде объектно-ориентированной операционной системы (ОООС) порождения и управления K_i -процессами (системный подуровень разработки $\{\{\{K_i\}\}\}$);

Θ_{i2} - подуровень технологической деятельности ЛПР $_i$ при организации алгоритмических процессов предметной области на основе ОООС в виде прикладных порождающих средств K_i -процессов (прикладной подуровень разработки $\{\{K_i\}\}$);

Θ_{i3} - подуровень технологической деятельности ЛПР $_i$ при организации объектно-ориентированных K_i -процессов при производстве $\{\{K_i\}\}$ на основе использования прикладных алгоритмических средств K_i - процессов (исполнительный подуровень производств $\{\{K_i\}\}$).

Назначение системного подуровня Θ_{i1} состоит в создании системных и специализированных условий порождения K_i -процессов на прикладном подуровне Θ_{i2} , а также технологических условий использования K_i - процессов на исполнительном подуровне Θ_{i3} .

Следует сразу отметить, главным и диктующим все условия разработок, является исполнительный подуровень Θ_{i3} , на котором создаются конечные $\{\{K_i\}\}$. При этом ЛПР $_{i3}$ является, по существу, главным Заказчиком и Пользователем K_i -процессов при производстве $\{\{K_i\}\}$.

С учетом вышеприведенной декомпозиции представим каждый эшелон \mathcal{E}_i как своеобразную порождающую грамматику:

$$\mathcal{E}_{ik} = \{ \text{CP}_{ik}, \text{ЛРП}_{ik}, \text{КО}_{ik}, \text{ПП}_{ik} \}, \text{ где } 1 \leq i \leq 5 \text{ и } 1 \leq k \leq 3 \quad (2).$$

CP_{ik} — средства К-процессов в составе методического, системного, технического, программного, информационного, лингвистического, организационного видов обеспечений (в грамматике — основной алфавит);

ЛРП_{ik} — лицо, принимающее решения при управлении К- процессами для получения $\{\text{КО}_i\}$ (в грамматике — вспомогательный алфавит);

КО_{ik} — порождаемые Конструктивные Объекты (КО), как цели деятельности ЛПР (в грамматике — начальный символ);

ПП_{ik} — схема процессов, порождающих $\{\text{КО}_i\}$. Схема представляет собой набор ориентированных сетевых графов, связывающих информационные модели $\{\text{КО}_i\}$ и технологические процедуры–операции (в грамматике — система вывода).

В вышеприведенной записи \mathcal{E}_{ik} в системном виде представлены все составные элементы \mathcal{E}_{ik} для производства $\{\text{КО}_i\}$. Наглядно представлено в (2) и понятно по умолчанию, что на каждом подуровне имеется свой и различный состав \mathcal{E}_{ik} .

На основе состава множества (2) осуществляется целеполагание для всех подуровней при организации K_i -процессов производства конечных $\{\text{КО}_i\}$ (производство СД: 1. эскизной документации (\mathcal{E}_1); проектной и рабочей документации (\mathcal{E}_2); исполнительной документации (\mathcal{E}_3); эксплуатационно-ремонтной документации (\mathcal{E}_4); документации демонтажа (\mathcal{E}_5)).

Подставив формализованные модели подуровней в общее тождество (1) формализованного описания эшелонирования ЖЦ ОС, получим развернутую формализованную модель в следующем виде:

$$\text{ЖЦ ОС} \equiv \{ (\{ \text{CP}_{11}, \text{ЛРП}_{11}, \text{КО}_{11}, \text{ПП}_{11} \}, \{ \text{CP}_{12}, \text{ЛРП}_{12}, \text{КО}_{12}, \text{ПП}_{12} \}, \{ \text{CP}_{13}, \text{ЛРП}_{13}, \text{КО}_{13}, \text{ПП}_{13} \}); (\{ \text{CP}_{21}, \text{ЛРП}_{21}, \text{КО}_{21}, \text{ПП}_{21} \}, \{ \text{CP}_{22}, \text{ЛРП}_{22}, \text{КО}_{22}, \text{ПП}_{22} \}); (\{ \text{CP}_{31}, \text{ЛРП}_{31}, \text{КО}_{31}, \text{ПП}_{31} \}, \{ \text{CP}_{32}, \text{ЛРП}_{32}, \text{КО}_{32}, \text{ПП}_{32} \}); (\{ \text{CP}_{41}, \text{ЛРП}_{41}, \text{КО}_{41}, \text{ПП}_{41} \}, \{ \text{CP}_{42}, \text{ЛРП}_{42}, \text{КО}_{42}, \text{ПП}_{42} \}); (\{ \text{CP}_{51}, \text{ЛРП}_{51}, \text{КО}_{51}, \text{ПП}_{51} \}, \{ \text{CP}_{52}, \text{ЛРП}_{52}, \text{КО}_{52}, \text{ПП}_{52} \}) \}$$

$\{ \text{ЛРП}_{22}, \text{КО}_{22}, \text{ПП}_{22} \}, \{ \text{СР}_{23}, \text{ЛРП}_{23}, \text{КО}_{23}, \text{ПП}_{23} \} \}; (\{ \text{СР}_{31}, \text{ЛРП}_{31}, \text{КО}_{31}, \text{ПП}_{31} \}, \{ \text{СР}_{32}, \text{ЛРП}_{32}, \text{КО}_{32}, \text{ПП}_{32} \}, \{ \text{СР}_{33}, \text{ЛРП}_{33}, \text{КО}_{33}, \text{ПП}_{33} \}); (\{ \text{СР}_{41}, \text{ЛРП}_{41}, \text{КО}_{41}, \text{ПП}_{41} \}, \{ \text{СР}_{42}, \text{ЛРП}_{42}, \text{КО}_{42}, \text{ПП}_{42} \}, \{ \text{СР}_{43}, \text{ЛРП}_{43}, \text{КО}_{43}, \text{ПП}_{43} \}); (\{ \text{СР}_{51}, \text{ЛРП}_{51}, \text{КО}_{51}, \text{ПП}_{51} \}, \{ \text{СР}_{52}, \text{ЛРП}_{52}, \text{КО}_{52}, \text{ПП}_{52} \}, \{ \text{СР}_{53}, \text{ЛРП}_{53}, \text{КО}_{53}, \text{ПП}_{53} \}) \}. \quad (3)$

Назначение данной модели – создать целостное, системное представление о структуре и содержании всех эшелонов и подуровней автоматизированных технологий ЖЦ ОС. Системная организация разработки модели может стать целевой программой создания автоматизированных технологий ЖЦ ОС на долгосрочный период, учитывая также, что сроки ЖЦ ОС составляют десятки и даже сотни лет. При этом следует ожидать существенного сокращения сроков разработок, минимизации и оптимизации ресурсов, создание фактических условий для нового технологического уклада отрасли строительства.

Внешняя сложность структуры состава модели ООАТ для ЖЦ ОС отражает фактическую сложность проблемы ее разработки.

Содержательное прикладное наполнение предложенной модели основано на требованиях объектной ориентации ЖЦ ОС на конкретные классы ОС и диктует структурирование соответствующих им предметных областей ЖЦ ОС. Для этого вводится понятие о расслоении соответствующих предметных областей ЖЦ ОС, которое выполняется ЛПР_{i2} на втором подуровне Э_{i2}.

Процедура расслоения это - разбиение каждого эшелона (стадии) на множество j – слоев принятия решений $\{ \text{СПР}_{ikj} \}$ для формирования порождающих процессов – $\{ \text{ПП}_{ikj} \}$ в составе соответствующих К- процессов на стадиях (эшелонах) $\{ \text{Э}_i \}$

Каждый j – слой содержит множество алгоритмов в виде технологических процедур и операций $\{ \text{ТПО}_{ijk} \}$ решения задач предметной области при порождении соответствующих $\{ \{ \text{КО}_i \} \}$. Достижение этой цели предлагается на основе построения графических сетевых структур

(ориентированных сетевых графов), которые включают множества алгоритмов соответствующего j – слоя из предметной области для получения $\{КО_{ijk}\}$. Для этого - множество $\{ТПО_{ijk}\}$ предметной области каждого $\{СПР_{ij}\}$ объединяются в вершинах графических сетевых моделей. Связи с вершинами в сетевых моделях $\{ТПО_{ijk}\}$, составляться из исходных (ИИМ) и результативных (РИМ) информационных моделей $\{КО_{ijk}\}$ [7]. Иначе, для множества вершин $\{ТПО_{ijk}\}$ на входе существуют исходные множества $\{ИИМ_{ijk}\}$ и на выходе соответственно результативные множества $\{РИМ_{ijk}\}$. Таким образом, функциональные преобразования (алгоритмы) в каждой $\{ТПО_{ijk}\}$ семантически связаны с промежуточными и конечными целями производства $\{КО_{ijk}\}$

Построение области определения функциональных преобразований (алгоритмов) $\{ТПО_{ijk}\}$ требует применения теоретико-множественного построения в виде декартового произведения множеств $\{ИИМ_{ijk}\}$, создающее единое векторное пространство на входе в $\{ТПО_{ijk}\}$. Функциональная обработка области определения декартового произведения с помощью алгоритмов $\{ТПО_{ijk}\}$ порождает области значения в виде множества $\{РИМ_{ijk}\}$ $\{КО_{i}\}$.

Общая формула преобразования:

$$\{ТПО_{ijk}\} : \{ ИИМ_{111} \times ИИМ_{112} \times \dots \times ИИМ_{ijk} \} \rightarrow \{РИМ_{ijk}\} \quad (4)$$

При необходимости в функциональной обработке области определения $\{ТПО_{ijk}\}$ подключаются базы данных и знаний, сохраняющие нормативные требования СП, ГОСТ, ТУ, а также различные типовые решения предметной области. Модели баз данных и знаний могут иметь иерархические, реляционные, гипертекстовые структуры или нейросетевое представление. Доступ к ним осуществляется с помощью ООС.

Методологической основой расслоения являются требования построения множества j – слоев принятия решений $\{СПР_{ijk}\}$, порождающие процессы $\{ПП_{ikj}\}$ в составе сетевых моделей.

$\{\text{ПП}_{ikj}\}$ составляют множество потенциально осуществимых алгоритмов порождения $\{\text{КО}_{ikj}\}$.

Формальное представление порождающих процессов $\{\text{ПП}_{ikj}\}$ любого СПР_{ijk} можно записать в следующем виде:

$$\{\text{ПП}_{ikj}\} : \{\text{S}_{ikj}\} \rightarrow \{\text{КО}_{ikj}\}, \quad (5)$$

где $\text{S}_{ikj} = (\{\text{ТПО}_{ijk}\}, \{\text{ИИМ}_{ijk}\}, \{\text{РИМ}_{ijk}\})$ – ориентированный сетевой граф предметной области j-слоя.

Таким образом формальная модель j-слоя принятия решений $\{\text{СПР}_{ikj}\}$, можно представить как подмножество модели подуровней $\{\text{Э}_{ik}\}$:

$$\{\text{СПР}_{ikj}\} : \{\text{Э}_{ik}\} \rightarrow \{\text{КО}_i\} \quad (6)$$

Взаимосвязанное множество $\{\text{СПР}_{ikj}\}$ для каждого эшелона и включает все К-процессы, которые обеспечивают порождение конечного результативного $\{\text{КО}_i\}$ на соответствующих стадиях ЖЦ ОС, то есть совокупный набор К-процессов тождественен взаимосвязанному множеству $\{\text{СПР}_{ikj}\}$

Формальное представление К-процессов для стадий ЖЦ ОС следующее:

$\{\text{К-процессы}_1\} \equiv \{\text{СПР}_{1kj}\} \rightarrow \{\text{КО}_1\}$ (К-процессы предпроектной стадии ЖЦ ОС);

$\{\text{К-процессы}_2\} \equiv \{\text{СПР}_{2kj}\} \rightarrow \{\text{КО}_2\}$ (К-процессы проектной стадии ЖЦ ОС);

$\{\text{К-процессы}_3\} \equiv \{\text{СПР}_{3kj}\} \rightarrow \{\text{КО}_3\}$ (К-процессы стадии строительства ЖЦ ОС);

$\{\text{К-процессы}_4\} \equiv \{\text{СПР}_{4kj}\} \rightarrow \{\text{КО}_4\}$ (К-процессы стадии эксплуатации ЖЦ ОС);

$\{\text{К-процессы}_5\} \equiv \{\text{СПР}_{5kj}\} \rightarrow \{\text{КО}_5\}$ (К-процессы стадии утилизации ЖЦ ОС).

Следует подчеркнуть чрезвычайно важную роль $\{\text{ЛРП}_{ikj}\}$ («actors») в порождении К-процессов, в создании самих условий их функционирования, устранения всех неопределённостей, выполнения

творческой составляющей на всех стадиях создания ОС. К-процессы (автоматизированные технологии) на всех стадий ЖЦ ОС не могут функционировать без единой взаимосвязи $\{ЛРП_{ikj}\}$.

Методически $\{ЛРП_{ikj}\}$ при разбиении $\{СПР_{ikj}\}$ и построения $\{ПП_{ikj}\}$ разрабатывают три структуры:

- структурный граф (СГ), устанавливающий количество $\{ТПО_{i2k}\}$ и объединяющий синтаксическую последовательность их исполнения в j – слое (прикладной подуровень);

- информационный граф (ИГ), представляющий развитие СГ в семантическое множество алгоритмов j – слоя для потенциально осуществимого порождения $КО_{i2j}$ в составе $ПП_{i2j}$ (прикладной подуровень);

- функциональный граф (ФГ) исполняется на основе ИГ в виде прагматичного использования $ПП_{i3j}$ и порождения конкретного $КО_{i3j}$ (исполнительный подуровень).

Построение и использование СГ, ИГ, ФГ возможно только при наличии ООС, созданной $ЛРП_{i1j}$ - на системном подуровне. Основное требование к совокупности $ЛРП_{i1j}$: владение знаниями, умениями и навыками предметных областей ОС, на основе которых создается ООС ЖЦ ОС.

Расслоение выявляет важный методологический принцип и аксиому построения К-процессов для получения КО, которые заключаются в следующем: не существуют универсальных К-процессов, которые могут породить множества КО различного класса. Иначе, не существуют универсальных К-процессов, которые могут производить все многообразие множества гражданских и промышленных ОС. Другими словами, К-процессы всегда объектно-ориентированы и исполнимы только для конкретного класса ОС.

Следствием этого является вывод, что расслоение предметной области для К-процессов может прилагаться только к объектно-ориентированной предметной области с целью получение множества

конкретного класса КО. Указанные условия подчёркивают особую роль трех подуровней в эшелонах $\{\mathcal{E}_i\}$ при выполнении расслоения объектно-ориентированной предметной области:

- ЛПР₁₁ на первом системном подуровне \mathcal{E}_{11} создает средства ООС, то есть средства порождения и управления К-процессами_i ;

- ЛПР₁₂ на втором подуровне \mathcal{E}_{12} осуществляет расслоение предметной области на множество j - слоев $\{\mathcal{E}PR_{ij}\}$ и создает схему ПП_i, используя ООС порождения и управления К-процессами_i ;

- ЛПР₁₃ на третьем подуровне \mathcal{E}_{13} управляет К-процессами_i производства конкретного $\{КО_i\}$ на основе средств ООС и схем ПП.

В целом ООС - есть основное средство создания и управления объектно-ориентированными автоматизированными технологиями стадий ЖЦ ОС и эта операционная система создается ЛПР₁₁ по техническим заданиям от ЛПР₁₂ и ЛПР₁₃ для использования, соответственно, на прикладном \mathcal{E}_{12} и на исполнительном \mathcal{E}_{13} подуровнях.

Важной итоговой проблемой является разбиения КО на страты (стороны абстрагирования), необходимые при создании средств видов обеспечений для организации К-процессов и порождения соответствующих КО. Для этого вводится понятие о стратифицировании, выполняемом ЛПР₁₃.

Процедура стратифицирования связана с многосторонней деятельностью $\{\text{ЛПР}_{ikj}\}$, которые обеспечиваются соответствующими предметными сферами ЖЦ ОС: территориальное планирование, архитектура, строительные конструкции, инженерное оборудование и сети, стоимость, технологии и организация строительства, эксплуатация, ремонты, реконструкция, демонтаж, снос ОС и рекультивация пятна застройки. Стратифицирование многосторонней деятельности ЛПР_{ikj} отражается в содержании средств видов обеспечений: методических, системных, технических, программных, информационных,

лингвистических, организационных, - для автоматизированных технологий ЖЦ ОС.

Средства Методического Обеспечения (МО) включают:

- методологию, стандартизацию построения автоматизированных процессов;
- нормативы и алгоритмы разработки и поддержки архитектурных, объемно-планировочных, конструктивных решений, инженерного оборудования, строительства, эксплуатации ЖЦ ОС.

Средства технического обеспечения (ТО) включают:

- автоматизированные рабочие места ЛПР_i, компьютерные сети, оргтехнику, комплектующие материалы;
- комплекты оборудования (включая робототехнику), механизмы, инструменты, материалы, изделия на этапах подготовки производства, строительства, эксплуатации всех частей ЖЦ ОС.

Средства Системного Программного Обеспечения (СПО) включают:

- программы базовой операционной системы, компьютерных сетей и поддержки автоматизированных рабочих мест – ЛПР;
- программы, объектно-ориентированной операционная система порождения и управления К-процессами;
- системные программы формирования инвариантных основ информационных моделей ОС.

Средства Прикладного Программного Обеспечения (ППО) включают программы расчётных обоснований архитектурных, объемно-планировочных, конструктивных решений, инженерного оборудования, строительства, эксплуатации ОС на основе соответствующих {СПР_{ij}}.

Средства Информационного Обеспечения (ИО) включают:

- множества {ИИМ_{ijk}} и множества {РИМ_{ijk}} в составе {СПР_{ij}}, базы данных и базы знаний строительных нормативов и типовых решений К - процессов;

- типовые (повторно-применяемые) информационные модели архитектурных, объемно-планировочных, конструктивных решений, инженерного оборудования, строительства, эксплуатации ОС.

Средства Лингвистического Обеспечения (ЛО) включают:

- языки программирования разработчиков СПО – ЛПР_{1к};
- языки программирования разработчиков ППО – ЛПР_{к2};
- языки пользователей – ЛПР_{зк} для информационного моделирования ОС.

Средства Организационного Обеспечения (ОО) – включают:

- структуру организации коллективов {ЛПР_к}, отвечающих за технологии автоматизированных процессов на стадиях ЖЦ ОС;
- подготовку кадрового состава- {ЛПР_к}, для разработки, использования, поддержки (развития) всех стадий ЖЦ ОС;
- систему контроля качества на всех стадиях ЖЦ ОС.

Практическое воплощение предложенной формализации ЖЦ ОС нацелено на разработку и использование средств МО, ТО, СПО, ППО, ИО, ЛО, ОО для порождения объектно-ориентированных моделей К-процессов конкретного класса ОС. Прагматическая и экономическая целесообразность такого выбора ОС, отвечающих требованиям экологичности, экономичности, энергоэффективности, комфортности проживания, связана с запросами общества, окупаемостью и эффективностью затрат, например с массовым производством ОС класса малоэтажного жилищного строительства [23].

Развитие проблемы стратифицирования является предметом рассмотрения следующих статей.

Выводы.

1. Формализованное построение ООАТ ЖЦ ОС опирается на концептуальную основу понимания ЖЦ ОС и на методологию Конструктивного Направления теории алгоритмов, устанавливающую факт, что любой искусственно созданный виртуальный или материальный КО всегда имеет реализующий его К-процесс.

2. Вводится важный методологический принцип и аксиома порождения К -процессов для получения КО: К -процессы всегда объектно-ориентированы и исполнимы только для конкретного класса ОС, то есть не существуют универсальных К-процессов, которые могут производить все многообразное множество жилых, общественных, промышленных ОС.

3. Предложена формализованная модель и схема разработки, управления и порождения К-процессов для стадий ЖЦ ОС.

Список литературы

1. Лосев Ю.Г, Лосев К.Ю К методологии автоматизации жизненного цикла зданий и сооружений // Вестник Евразийской науки. 2022. Выпуск 1, Т.14
2. Лосев К.Ю. Жизненный цикл зданий и сооружений в свете цифровизации экономики // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона, 2022. № 2 (31). С. 32–36
3. Лосев К.Ю. Информационные особенности жизненного цикла зданий и сооружений // Вестник Евразийской науки, 2021 №1, <https://esj.today/PDF/13SAVN121.pdf> (доступ свободный)
4. Марков А.А. Конструктивное направление // Философская энциклопедия, Т.3. Москва. Изд. Советская энциклопедия. 1964. URL:
5. Марков А.А. Теория алгорифмов. // Труды математического института им. Стеклова, Т.42, Москва. 1954
6. Марков А.А., Заславский И.Д., Цейтин Г.С. Шанин Н.А., Конструктивный математический анализ. Выпуск 4, Всесоюзная математическая Конференция, №1 , С.198. Москва. 1963
7. Лосев Ю.Г, Лосев К.Ю. Предпосылки разработки технологий автоматизации жизненного цикла объектов строительства // Жилищное строительство. 2022. №5. С 33-43. DOI: doi.org/10.31659/0044-4472-2022-5-33-43
8. Хотяшов Э.Н. Основы проектирования систем машинной обработки данных. – М.: Финансы и статистика, 1981.
9. Формализация // Философская энциклопедия, Т.5. С3 89-390. Москва. Изд. Советская энциклопедия. 1964.
10. Лосев Ю.Г., Мачаченко В.Н. Формализация процесса строительного проектирования - В кн.1 Тезисы VII Всесоюзного совещания по проблемам управления. Вып. 11. М. ИПУ, 1977, с. 27—29. [с.177]
11. Ухтомский, А. А. Учение о доминанте. — Москва: Юрайт, 2022. — 310 с.
12. Losev K.Yu. The common data environment features from the building life cycle perspective. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Volume 913, # 042012, DOI: :10.1088/1757-899X/913/4/042012
13. Шевченко А.А., Мелитонян А.А. Методология создания BIM моделей и творческая составляющая в процессе BIM проектирования // сборник статей Международной научно-практической конференции. КубГТУ. 2017. С. 168-172. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30703054> (дата обращения: 28.01.2022);
14. Бородавка Ю., Печенов С. Управление жизненным циклом изделия в строительстве // ВЕЖПТ. 2010. №3(48). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-zhiznennym-tsiklom-izdeliya-v-stroitelstve> (дата обращения: 11.11.2022)
15. Опарина Л.А. Развитие технологий моделирования жизненного цикла зданий // Жилищное строительство. 2011. №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitiye-tehnologiy-modelirovaniya-zhiznennogo-tsikla-zdaniy> (дата обращения: 11.11.2022)

16. Лосев К.Ю. Создание и внедрение технологии управления жизненным циклом объектов строительства // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №11. С.67-70
17. Судов Е.В., Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. М.:НИИ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2003
18. Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф., Ибрагимов И.М., Никифоров А.Д. Информационная поддержка жизненного цикла изделий машиностроения: принципы, системы и технологии CALS/ИПИ. Москва. Издательский центр "Академия". 2007. 304 с.
19. Пиляй А.И. Информационная модель оценки конструктивных решений в строительстве // Экономика Строительства. 2022. №6. С.98-103
20. Афанасьев А.С., Ващенко Ю.Л., Иванов К.М., Кондусова В.Б, Кондусов Д.В., Семизаров Д.Ю. Обеспечение контракта жизненного цикла изделия военного назначения. Старый Оскол. Изд.ТНТ. 2021. 368 с.
21. Кузин Е.И., Кузин В.Е. Управление жизненным циклом сложных технических систем: история развития, современное состояние и внедрение на машиностроительном предприятии // Инженерный журнал: наука и инновации. 2016. №1(49). URL:
22. Прокопьев, С. В., Ульянов Р. С. Модель управления и автоматизации этапов жизненного цикла автоматизированных систем диспетчерского управления на основе PLM-систем // Молодой ученый. 2015. № 19 (99). С.165-168.
23. Лосев Ю.Г, Лосев К.Ю. Модель информационной поддержки жизненного цикла строительных объектов для СС Экодом // Научный Вестник ВГАСУ. Серия: Строительство и архитектура, г. Воронеж. 2011.