«Модельно-ориентированная системная и программная инженерия (MBSE)» как базовый курс подготовки ИТ-специалистов (презентация одноименного учебника)

В.А. Сухомлин

Проф. МГУ им. Ломоносова sukhomlin@mail.ru

О системной инженерии (SE)

- Системы естественной и искусственной природы служат строительными блоками современного мира и бытия человека
- Поэтому изучение научных и прикладных аспектов, связанных с системами, а также процессами, методами и средствами, необходимыми для их создания и использования, имеют решающее значение для функционирования современного мира
- Значительную часть систем составляют системы, частично или полностью созданные человеком. Такие системы называются **инженерными**
- Научно-прикладная дисциплина, предназначенная для изучения инженерных систем, а также процессов, методов, средств их создания и использования называется **системной инженерией** (**system engineering – SE**)
- Область SE является многодисциплинарной и характеризуется быстрыми темпами развития, интеграцией с другими технологиями, в частности, такими, как: онтологический инжиниринг и искусственный интеллект
- Международный совет по системной инженерии (INCOSE) определяет **системную инженерию** (SE) как междисциплинарный подход и средства, позволяющие создавать успешные системы

О системной инженерии (SE)

- Как самостоятельная дисциплина системная инженерия сложилась в 1960-х годах в результате опыта реализации программ по созданию сложных космических и ракетных систем, строительству энергетических комплексов, крупных промышленных объектов
- На основе этого опыта сформировались основные принципы и методы, а затем и стандарты, системной инженерии, такие как анализ требований, анализ функциональности систем, архитектурное проектирование, верификация, испытания, анализ качества, обеспечение информационной безопасности систем и т. д.
- Также были разработаны первые математические модели и инструменты для анализа и оптимизации систем
- В SE основное внимание уделяется целостному и одновременному пониманию потребностей заинтересованных сторон (в частности, заказчиков), изучению возможностей систем и требований к системам, их синтезу, проверке, испытаниям и разработке решений при рассмотрении проблемы в целом, от исследования концепции систем до их утилизации

О системной инженерии (SE)

Системную инженерию, которая сложилась до конца XX столетия, часто называют традиционной или **системной инженерией, основанной на документах (Document-Based Systems Engineering, или DBSE),** ввиду того, что основными артефактами, сопровождающими систему на протяжении ее жизни, являлись документы на бумажных и/или машинных носителях.

С конца 1990-х специалисты по системному проектированию стали широко применять методы, основанные на моделях, используемых для облегчения коммуникации, управления сложностью дизайна, улучшения качества продукта, улучшения сбора и повторного использования знаний. Такой подход получил название **модельно-ориентированной системной инженерии (Model-Based Systems Engineering, или MBSE).**

MBSE определяется как формализованное приложение графического моделирования с точными семантическими определениями для анализа операций, определения требований, разработки системного дизайна, верификации и испытаний, начиная с концептуальной фазы и продолжая на более поздних стадиях/этапах жизненного цикла [3].

О системной инженерии (SE)

Суть MBSE заключается в создании машиночитаемых моделей, представляющих все аспекты системы и поддерживающих все действия по проектированию, разработке, производству и эксплуатации системы на протяжении всего ее жизненного цикла

- Эти цифровые модели образуют **цифровой двойник** (Digital Twin — DT) целевой системы, основанный на общих схемах данных, формирующих цифровой поток, который объединял бы все заинтересованные стороны, участвующие в создании или приобретении новых систем
- Стратегия цифрового инжиниринга направлена на повышение эффективности и улучшение качества всей деятельности по созданию и приобретению новых сложных систем
- MBSE предоставляет возможность консолидировать информацию в доступном централизованном источнике, обеспечивая частичную или полную автоматизацию многих процессов системного проектирования и облегчая интерактивное представление компонентов и поведения систем

Область применения системной инженерии

- Область деятельности, связанная с созданием и использованием инженерных систем, чрезвычайно многообразна и сложна
- В связи с чем необходимо уточнить сферу применения именно SE и прежде всего определить взаимосвязи SE с такими дисциплинами как:

- **System Implementation -** внедрение/реализация систем и
- **Project/systems Management -** управление проектами/системами ()

- В SEBoK область применения системной инженерии в жизненном цикле систем иллюстрируется с помощью диаграммы Венна (Рис. 1), показывающей взаимосвязь между системной инженерией, реализацией систем и управлением проектами/системами
- В последние годы наметилась тенденция более тесной интеграции системной инженерии с программной инженерией, что отражено в международном стандарте **ISO/IEC/IEEE 24641:2023-2023 — «Системная и программная инженерия. Методы и инструменты для модельно-ориентированной системной и программной инженерии»**, в котором представлены фундаментальные методологические решения в этой области

Область применения методов системной инженерии

Рисунок 1. Взаимосвязь трех дисциплин - **Системной инженерии**, **реализации систем** (system implementation), и **Управления проектами/системами** (project/systems management): https://sebokwiki.org/d/images/sebokwiki-farm!d/1/1a/Scope_BoundariesSE_PM_SM.png .

Учебник «ВВЕДЕНИЕ В МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННУЮ СИСТЕМНУЮ И ПРОГРАММНУЮ ИНЖЕНЕРИЮ (MBSE)»

В.А. СУХОМЛИН, В.Ю. РОМАНОВ, Д.А. ГАПАНОВИЧ «ВВЕДЕНИЕ В МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННУЮ СИСТЕМНУЮ И ПРОГРАММНУЮ ИНЖЕНЕРИЮ (MBSE)»

Учебник содержит 13 гла и 5 приложений. Главы:

- **Глава 1. Введение в SE. Основные понятия**
- **Глава 2. Модели жизненного цикла систем**
- **Глава 3. Модели итеративного процесса разработки программного обеспечения**
- **Глава 4. Характерные черты и возможности языка UML**
- **Глава 5. Язык моделирования SysML и его применение для разработки моделей систем**
- **Глава 6. Инженерия требований**
- **Глава 7. MBSE — системная инженерия на основе моделей**
- **Глава 8. Описание архитектуры системы**
- **Глава 9. Цифровые двойники**
- **Глава 10. Система стандартов SE. Процессные стандарты**
- **Глава 11. Эталонная модель модельно-ориентированной системной и программной инженерии (MBSSE) и ее связь с процессными стандартами системной инженерии**
- **Глава 12. Интеграция системы и программного обеспечения. Методические аспекты**
- **Глава 13. Математические основы системной инженерии**

Приложения учебника

- **Приложение А**
- Краткий справочник по объектно-ориентированному проектированию (OOD) и унифицированному языку моделирования UML.
- **Приложение Б**
- Краткий справочник по профилю языка системного моделирования SysML унифицированного языка моделирования UML
- **Приложение В**
- Пример разработки на основе требований системных спецификаций с использованием языка SysML, раскрывающий методику разработки формального описания высокоуровневой архитектуры системы на этапе ее операционного представления.
- **Приложение Г**
- Представление процесса безопасности (Security process view) жизненного цикла систем.
- **Приложение Д**
- Указания по установке и использованию CASE-инструмента Papyrus.

Цель и задачи учебника

- **Целью курса** является изучение концептуальных и научно-методических основ MBSE, моделей и методов разработки и управления жизненным циклом систем, базовых стандартов системной инженерии, изучение и овладение языками моделирования систем (UML и SysML) и соответствующими инструментами моделирования.
- Более конкретно, **задачи курса**: дать целостное представление о системной инженерии как актуальной междисциплинарной области; изучить концептуальный аппарат системной инженерии, методические основы проектирования сложных систем и управления их жизненным циклом; дать понимание того, как устроена система стандартов системной инженерии; изучить базовые стандарты системной инженерии, включая стандарты процессов жизненного цикла систем и программного обеспечения; ознакомить со стандартами профессиональных сводов знаний системной и программной инженерии; изучить и освоить языки моделирования UML и SysML; ознакомить с математическими основами системной инженерии.
- Одной из задач курса является развитие на основе семинарских занятий навыков в разработке моделей систем с использованием языка SysML и CASE-инструмента Papyrus. С целью поддержки семинарской и проектной работы студентов в книгу включены справочные материалы по языкам UML и SysML, а также инструкция по развертыванию CASE-инструмента Papyrus для практического освоения методов моделирования систем на языке SysML.

Учебник по модельно-ориентированной системной инженерии

- **Введение в модельно-ориентированную системную и программную инженерию (MBSSE). Учебник**
- Сухомлин В.А., Романов В.Ю., Гапанович Д.А. 670 стр.

- Рекомендовано ФУМО по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 02.00.00 Компьютерные и информационные науки в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки: «Фундаментальная информатика и информационные технологии», «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем», «Математика и компьютерные науки»

- Научные рецензенты:
- Член-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор М.А. Посыпкин
- Д.т.н., ведущий н.с. МГУ имени М.В. Ломоносова Намиот Д.Е.

- Под редакцией проф. В.А. Сухомлина

- **Москва 2024**