



ИТОПК
МОСКВА
2021
www.itopk.ru

ААУК АЛМАЗ-АНТЕЙ
УПРАВЛЕНЧЕСКОЕ
КОНСУЛЬТИРОВАНИЕ

Тема доклада

Цифровой двойник производственно-логистической системы интегрированной структуры для решения задач инжиниринга и управления производством. Принципы построения

Главный консультант центра компетенции по цифровой трансформации и импортозамещению ПО

Архангельский Владимир Евгеньевич



Создание и внедрение точного программно-методического инструмента анализа и оптимизации ПЛС для проектов диверсификации и модернизации производства (ПЛС – производственно-логистическая система)

Назначение:

Результаты:

1

Проектирование и анализ производственно-технологической системы и производственной логистики

Повышение эффективности использования мощностей предприятий при выпуске ПГН и ПДН

2

Расчет и оптимизация характеристик производственных процессов, конфигураций производства с учетом продуктовой программы

Оптимальная балансировка производственных ресурсов предприятий под программу ПГН и ПДН

3

Согласование задач инжиниринга и управления производством с учетом вида производства

Сокращение производственного цикла, уменьшение НЗП

Конкретные прикладные задачи департамента производства

1 Определение технологической и ресурсной возможности производства новых изделий ПГН.

2 Балансировка производственных ресурсов ИС под реализацию выпуска ПГН и ПДН.
Оценка влияния выпуска ПГН на выпуск ПДН.

3 Оценка сроков и затрат производства на выполнение контракта на поставку продукции.

4 Расчет рациональных партий запуска и операционных партий.

5 Определение параметров производства (конфигурации производства) в зависимости от объема заказов.

6 Сравнение альтернативных вариантов производства по оснащению, персоналу, расположению и др.

7 Заключение о максимальном объеме выпуска готовой продукции, который способно достичь производство на существующих мощностях и условиях их использования.

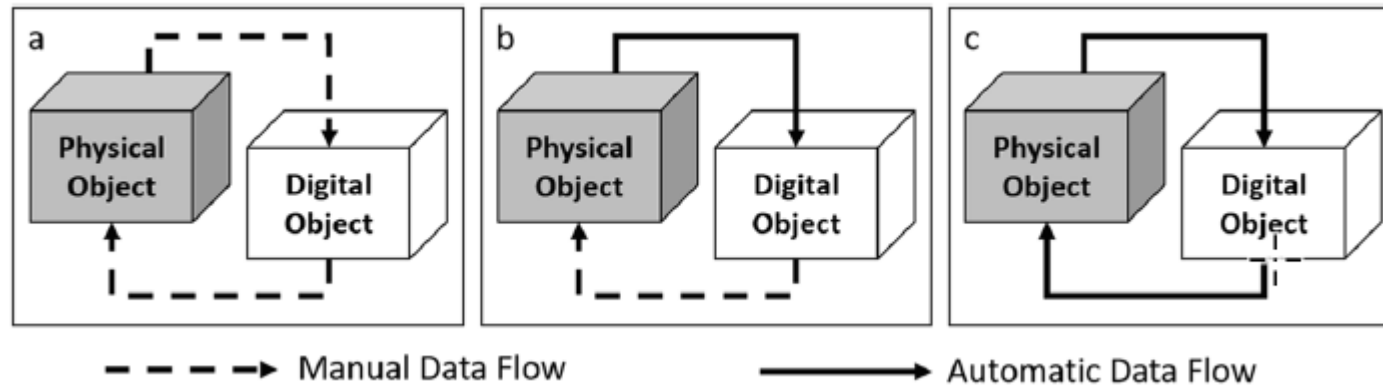
8 Разработка мероприятий по запуску в производство нового изделия с учетом уже существующей программы выпуска.

9 Задачи выявления рисков в ходе оперативного планирования производства.

10 Разработка схемы внутренней и внешней кооперации при реализации проектов диверсификации.



Высокая степень подобия цифрового и реального объекта
Постоянная синхронизация цифрового и реального объекта
Предсказательные возможности
Возможность заменить реальные испытания виртуальными,
сократить стоимость и время работ



(a) модель, (b) тень, (c) двойник

В проекте используются технологии:

1 дискретно-событийное имитационное моделирование

2 оптимизирующее программное обеспечение построения расписания работ

3 цифровые двойники производственных систем

4 унифицированный язык DPML описания продуктов-процессов-ресурсов

5 метод согласованного решения задач инжиниринга ПЛС и планирования работ в ходе эксплуатации ПЛС

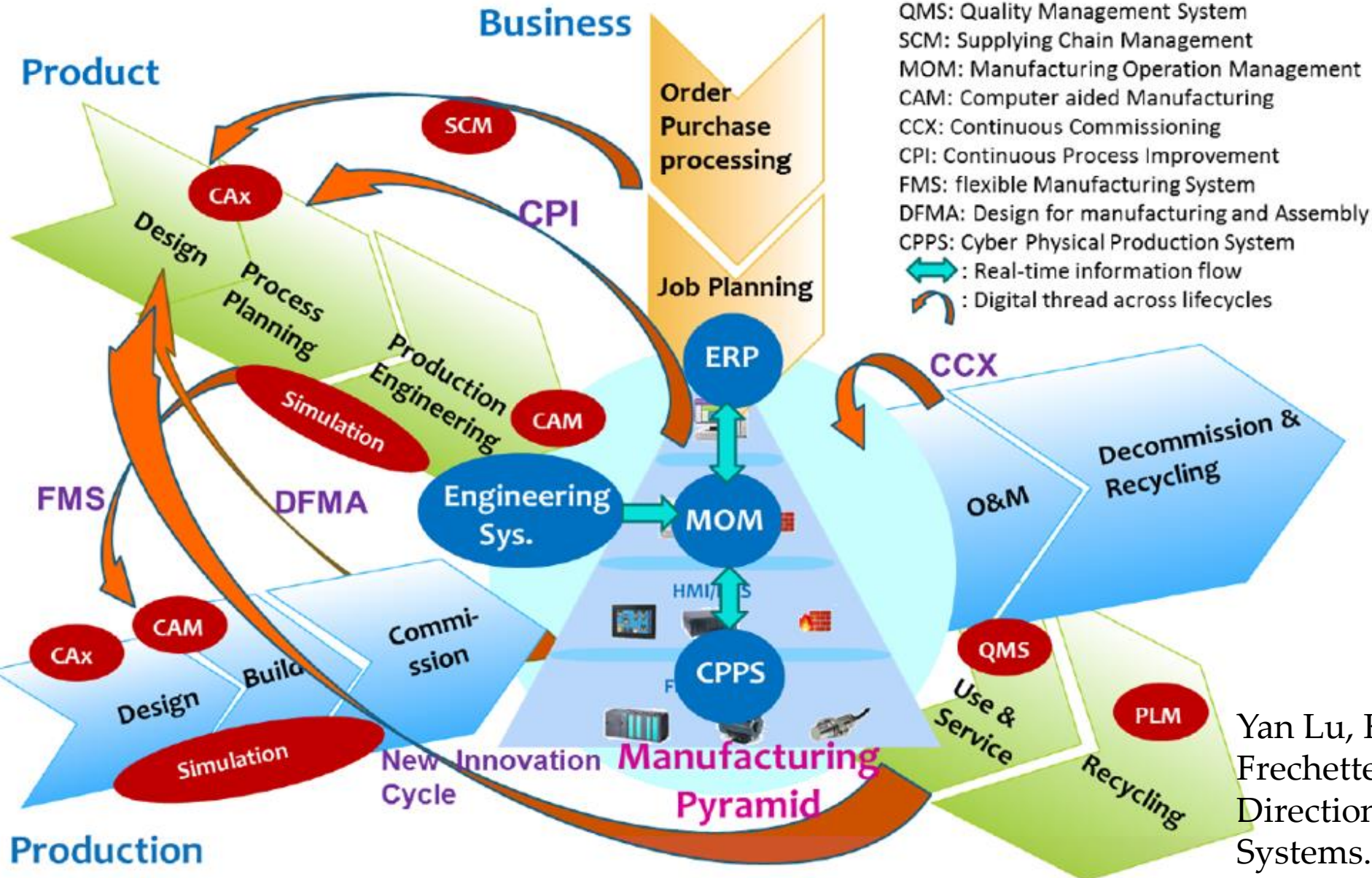
Сочетание всех технологий обеспечивает конкурентность проекта и дает синергетический эффект:

- возможность решать оперативные задачи департамента производства на принципах тестирования «виртуального производства» и упреждающей реакции на обстоятельства
- высокая точность и достоверность моделирования производственно-логистической системы
- сокращение сроков получения эффекта от мероприятий

Базовые технологии проекта

- Технология **2** реализуется APS-системой «ВИП Производство».
- Технологии **4, 5** являются эксклюзивными в проекте.
- По всем технологиям соблюдаются требования импортозамещения.

Экосистема Smart Manufacturing



Yan Lu, KC Morris, and Simon Frechette. Standards Landscape and Directions for Smart Manufacturing Systems. NIST.IR.8107, 2016

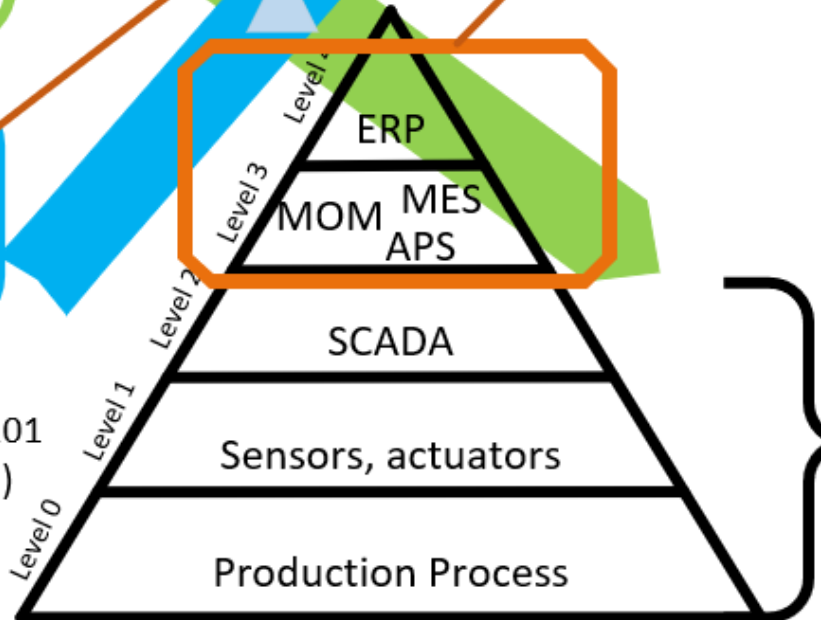
ЦД ПЛС в экосистеме Smart Manufacturing



Product
- структура изделия
- техпроцесс

Production
- расстановка оборудования
- места хранения
- потоки продуктов и транспорт

ГОСТ Р МЭК 62264-1-201
(ISA 95)

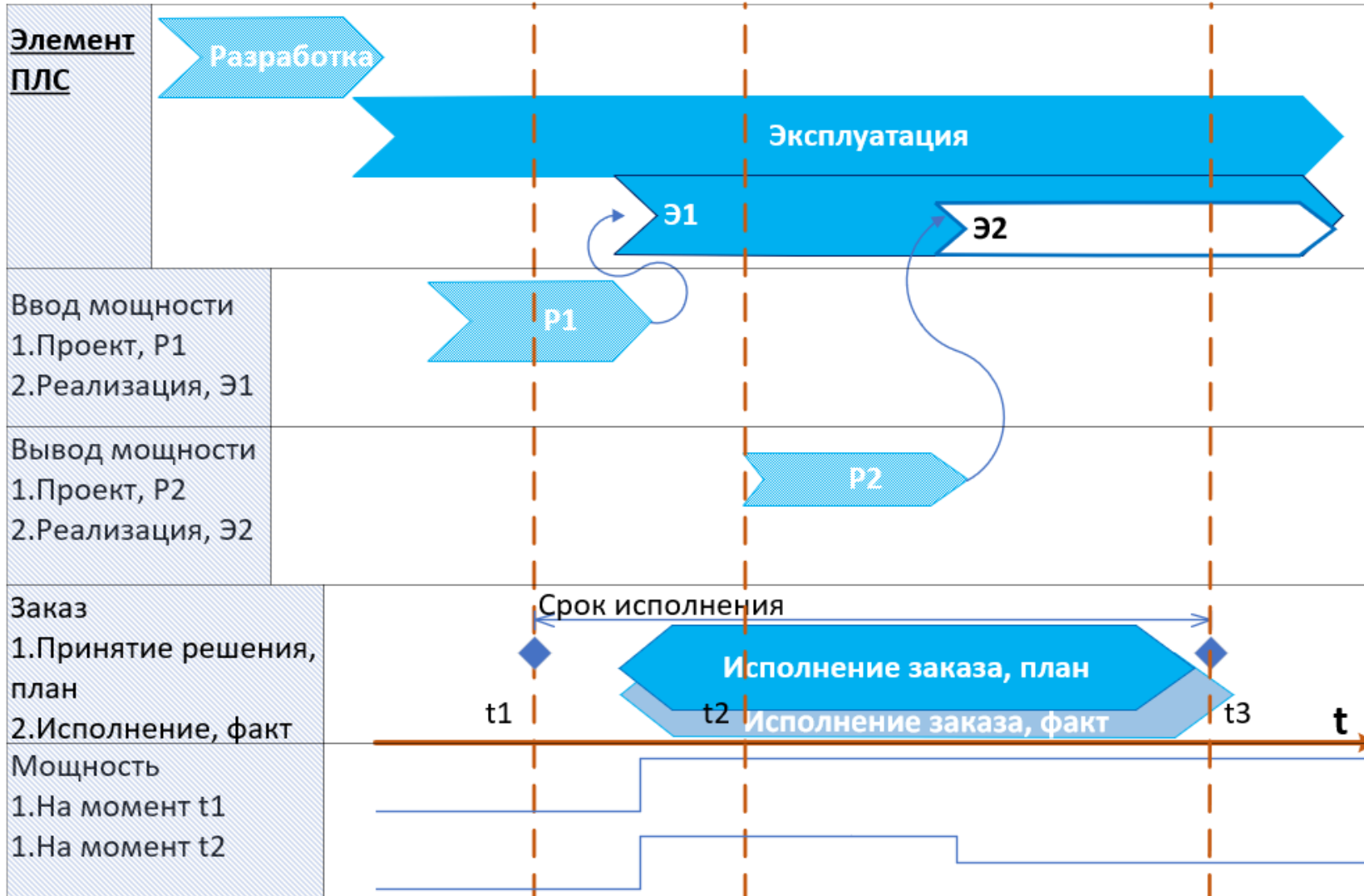


Дисциплины:

- * проектирование, анализ и оптимизация производственных систем,
- * стохастическое моделирование производственных систем,
- * системы оптимального управления материальными потоками (push, pull, kanban, CONWIP, Control-Point Policy, ...),
- * планирование работ (расписания и комбинаторная оптимизация, метаэвристики, мультиагентные системы),
- * планирование экспериментов для решения задач оптимизации ПЛС.

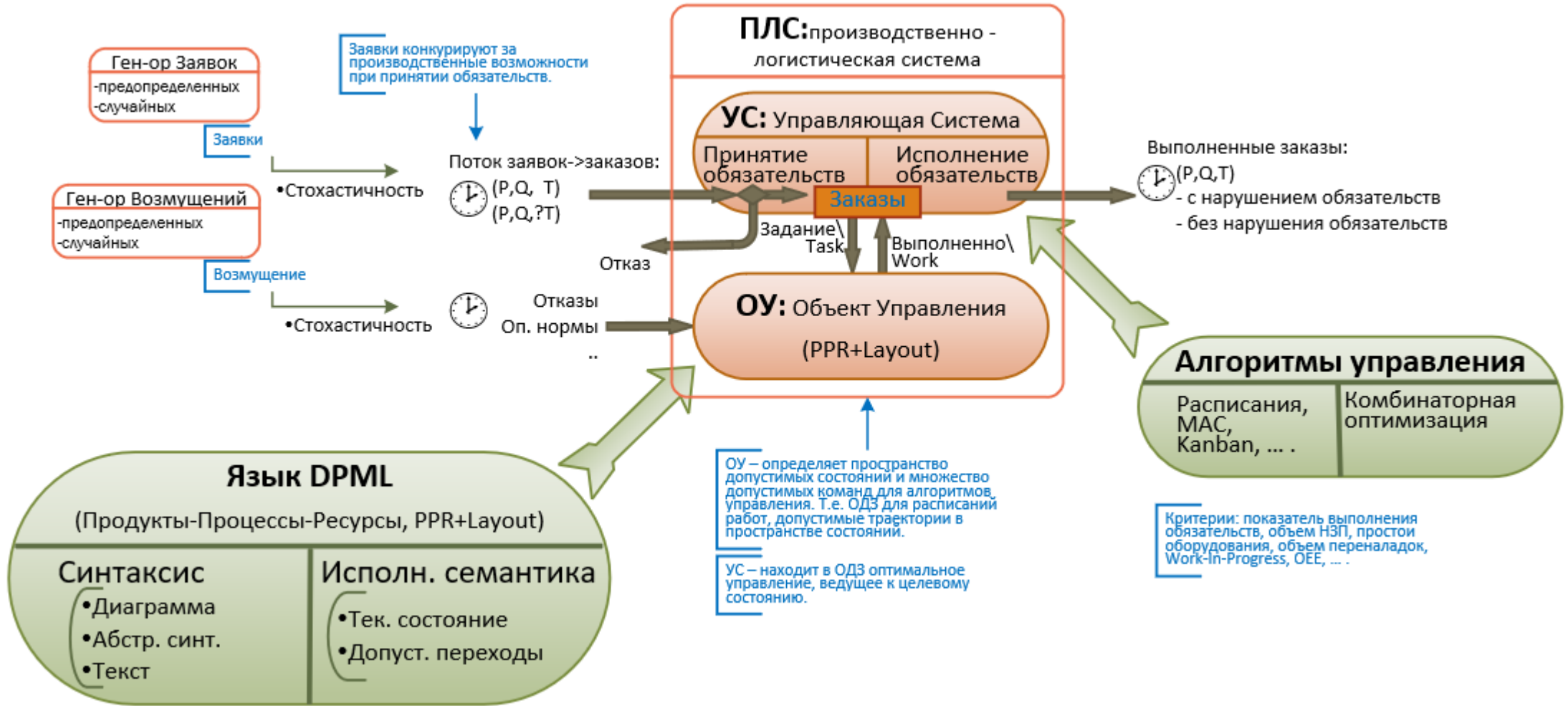
- ...
- ЦД роботизированной ячейки,
- ЦД технологического процесса,
- ЦД IoT

Жизненный цикл производственной возможности



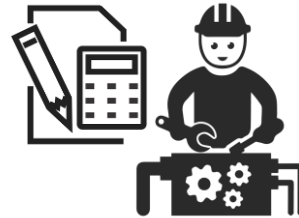
Двойник ПЛС – это не только связь с оборудованием, но и диспетчирование проектов модернизации ПЛС.

Упрощенная концептуальная модель ПЛС

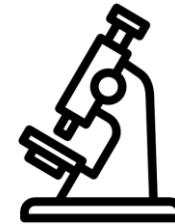




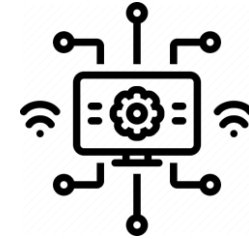
многономенклатурный
единичный и
мелкосерийный тип
производства



смесь проектной и
производственной
деятельности



большой объем
опытного производства



идущие проекты
диверсификации и
модернизации

Проект имеет конкурентные свойства,
отличающие его от типичных для отрасли
импортных решений

Эти решения хорошо работают на крупносерийном, массовом, поточном производстве с управлением вида *вытягивание, выталкивание*. Опыт показывает их ограниченность для задач единичного многономенклатурного производства с управлением работами на базе оптимизирующих планировщиков (APS).



Проектирование и анализ производственно-логистической системы (ПЛС) ДО и интегрированной структуры с учетом:



состава и
размещения
оборудования и
трудовых ресурсов



топологии и
параметров
транспортной
инфраструктуры



размещения и
параметров мест
хранения



структуры кооперации
и цепочек поставок



Формирование программы выпуска - определение количественных и временных параметров заказов с учетом динамики производственных возможностей и уже принятых обязательств



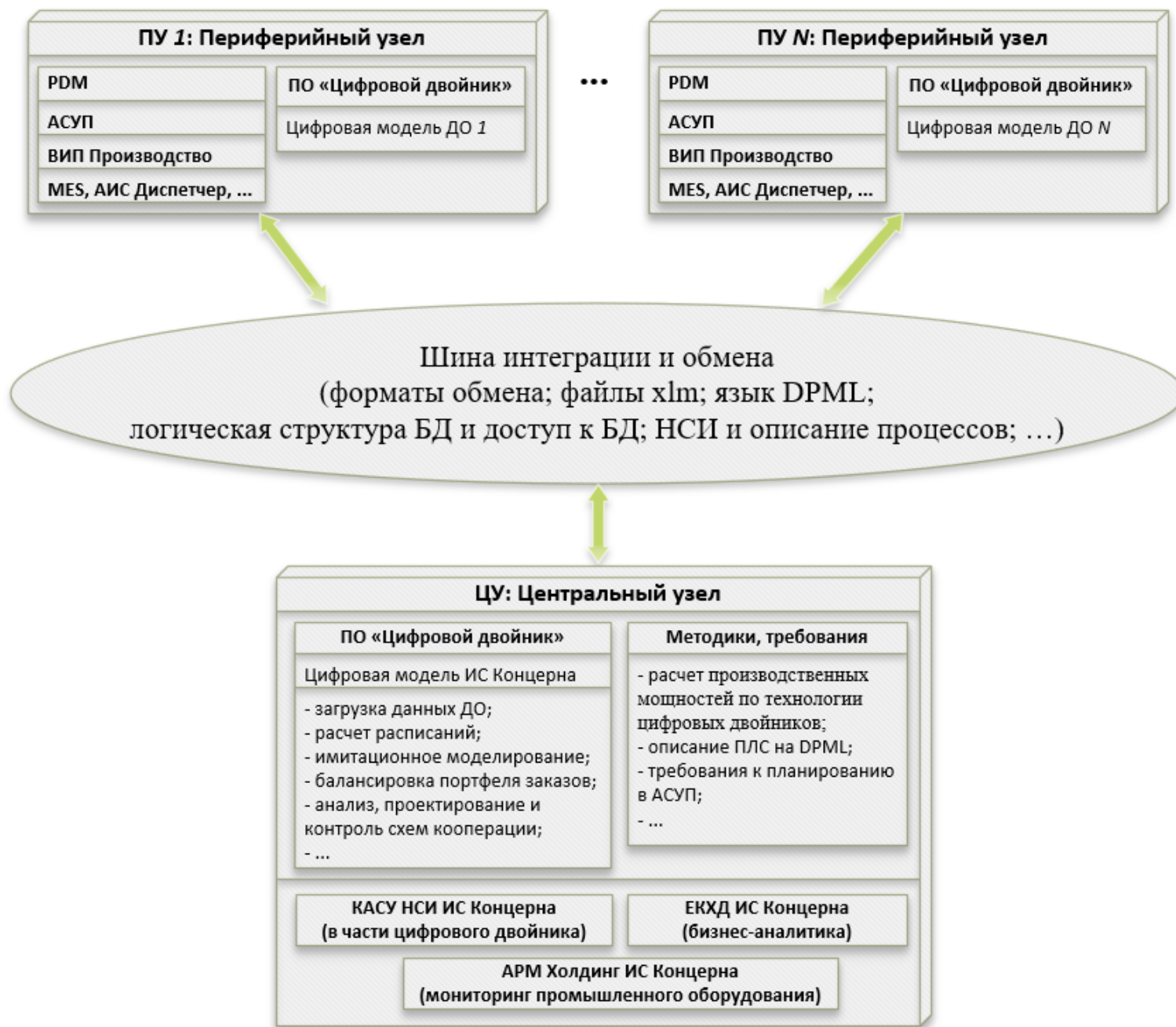
Обеспечение своевременного исполнения программы выпуска, планирование работ



Контроль кооперации и цепочек поставок

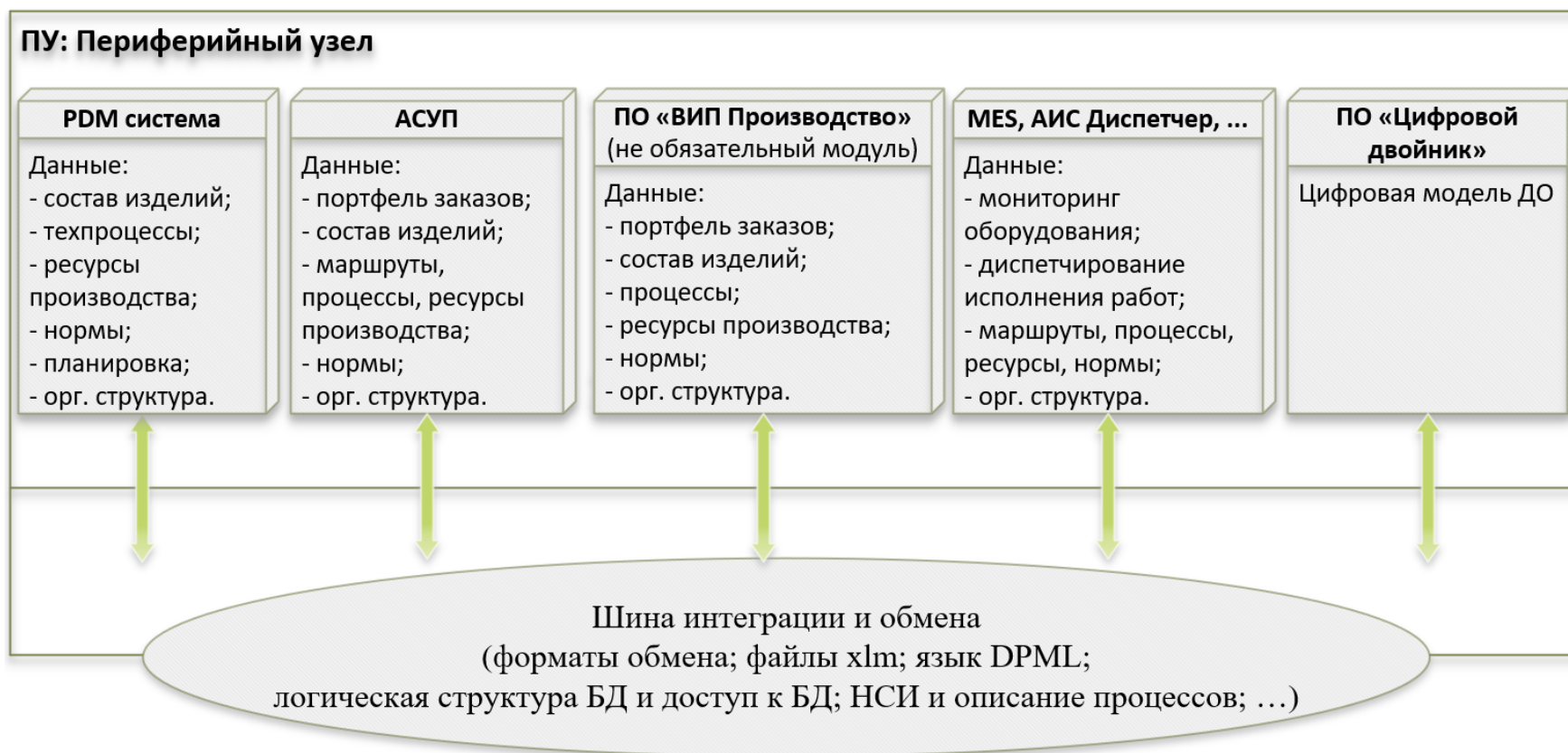


Оценка рисков в ходе формирования и выполнения программы выпуска

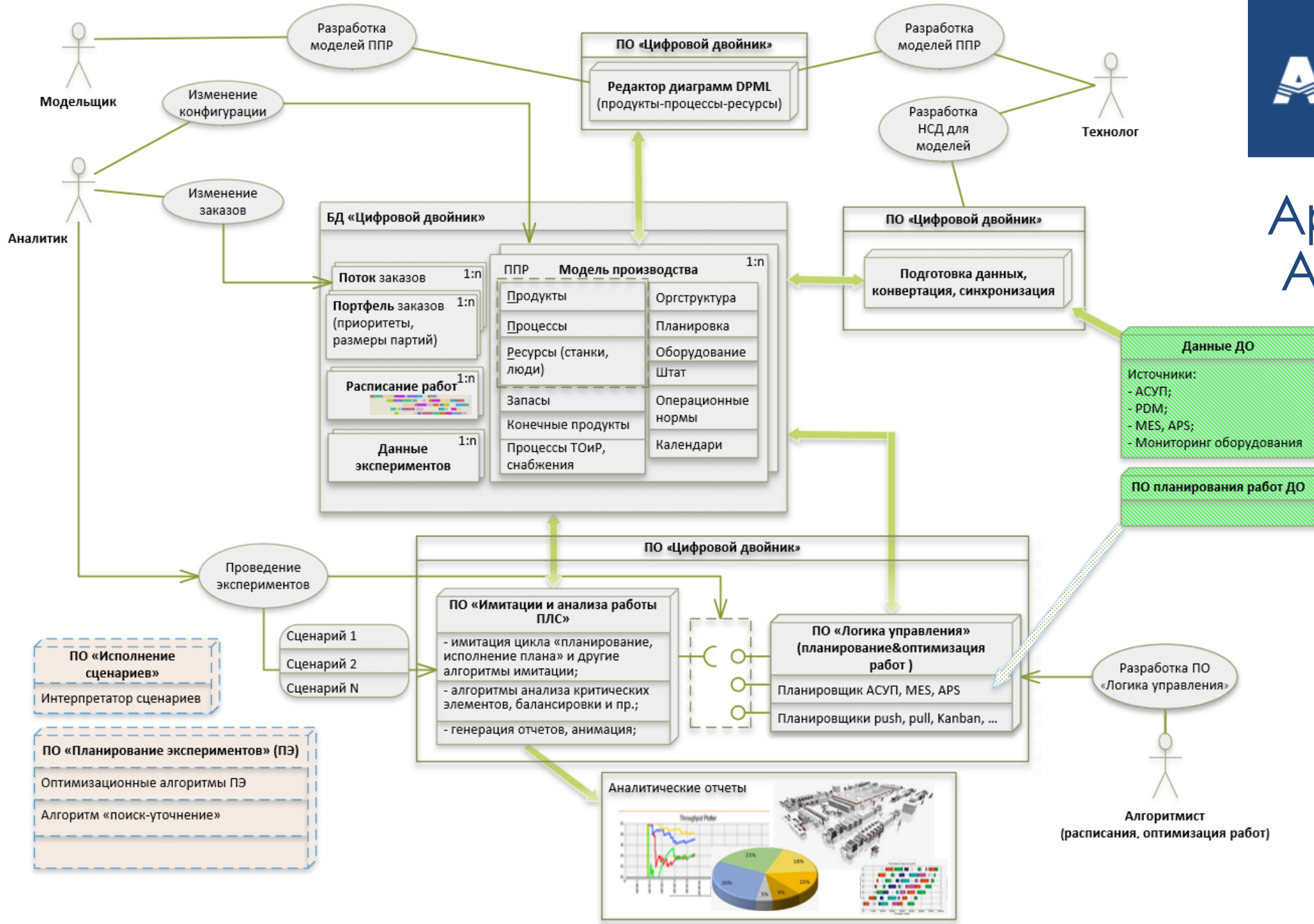


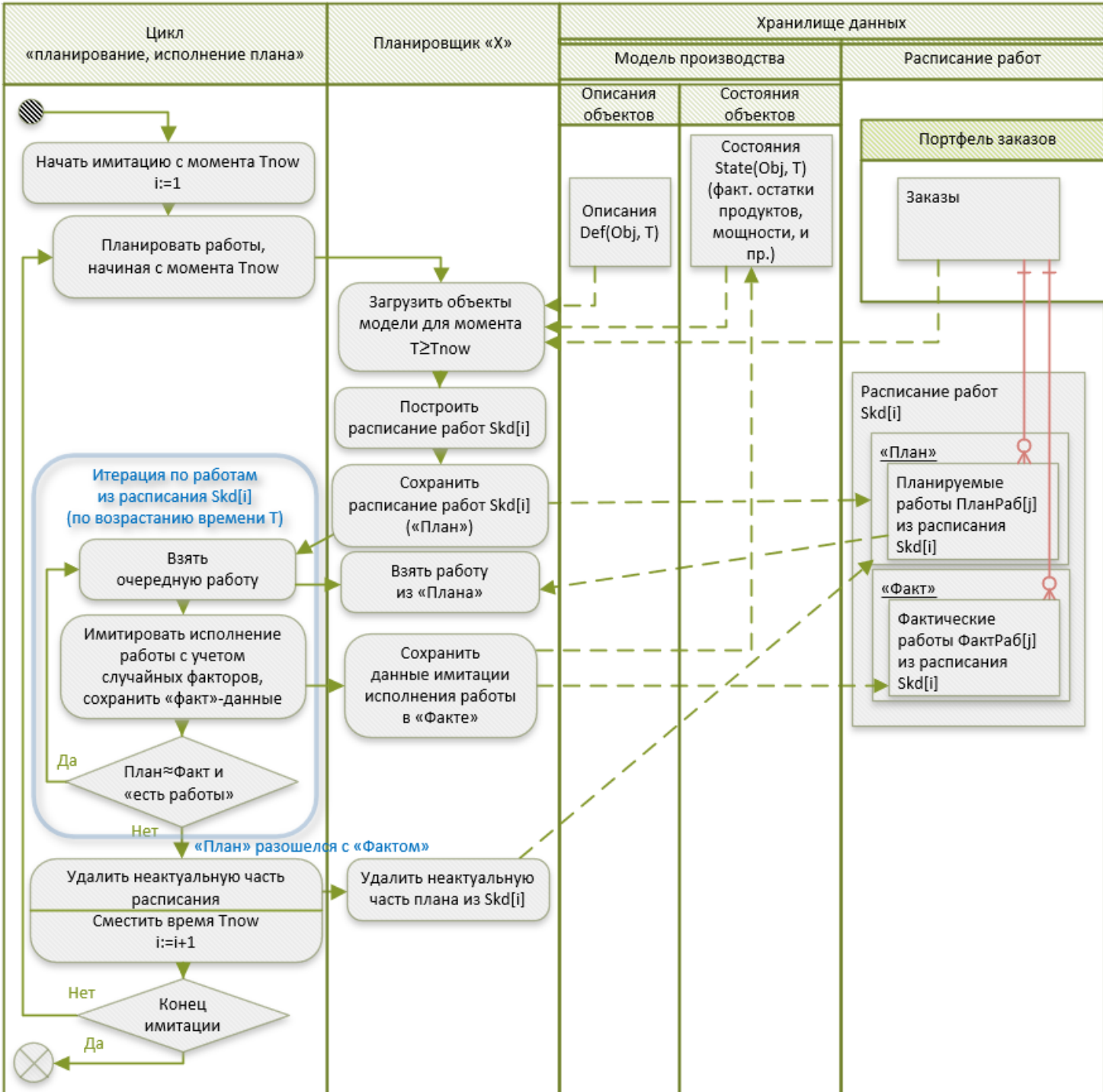
Общая структура системы

Состав периферийного узла системы



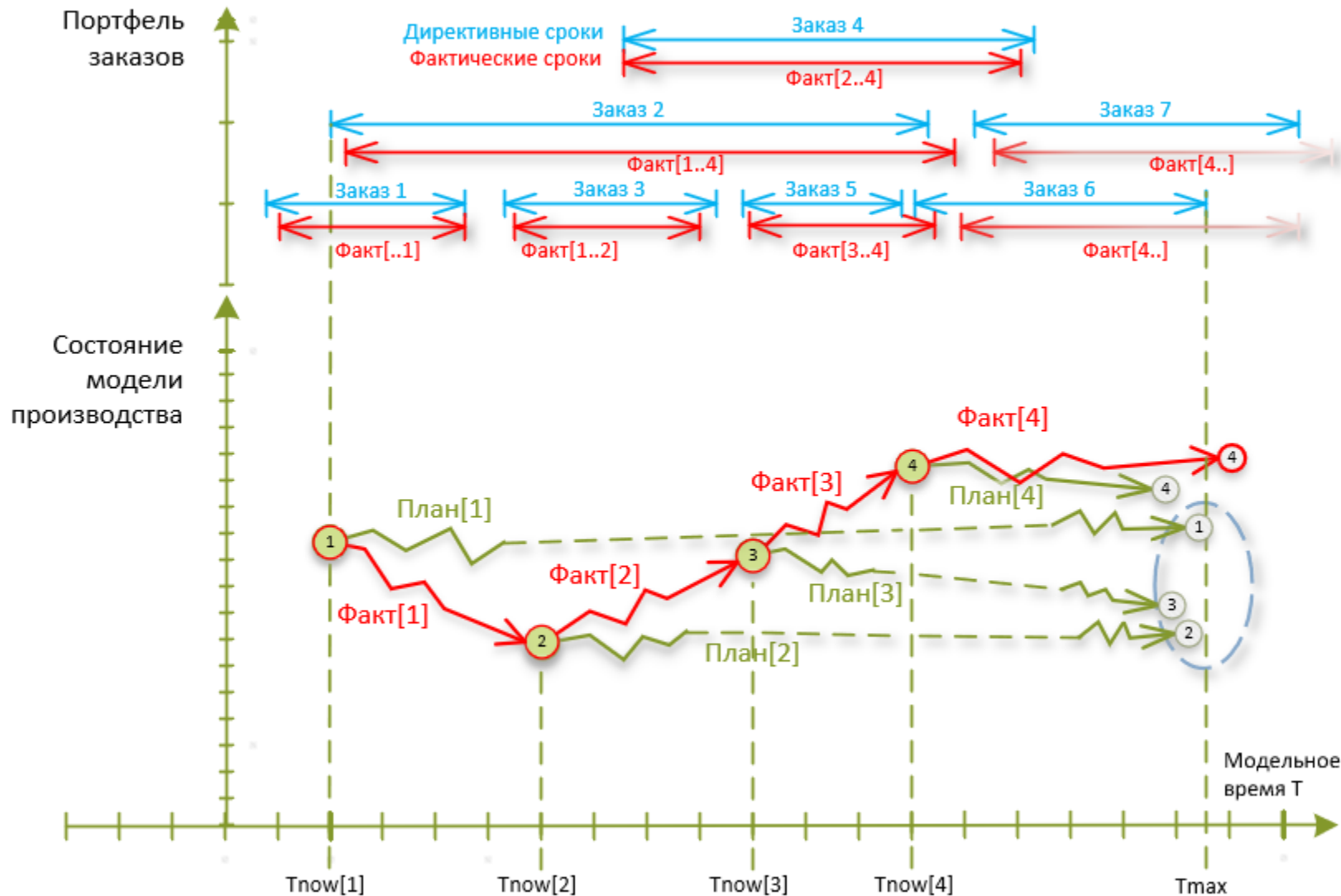
Архитектура АС ЦД ПЛС





Имитационная модель циклов перепланирования

Имитационная модель исполнения плана работ



Условные обозначения

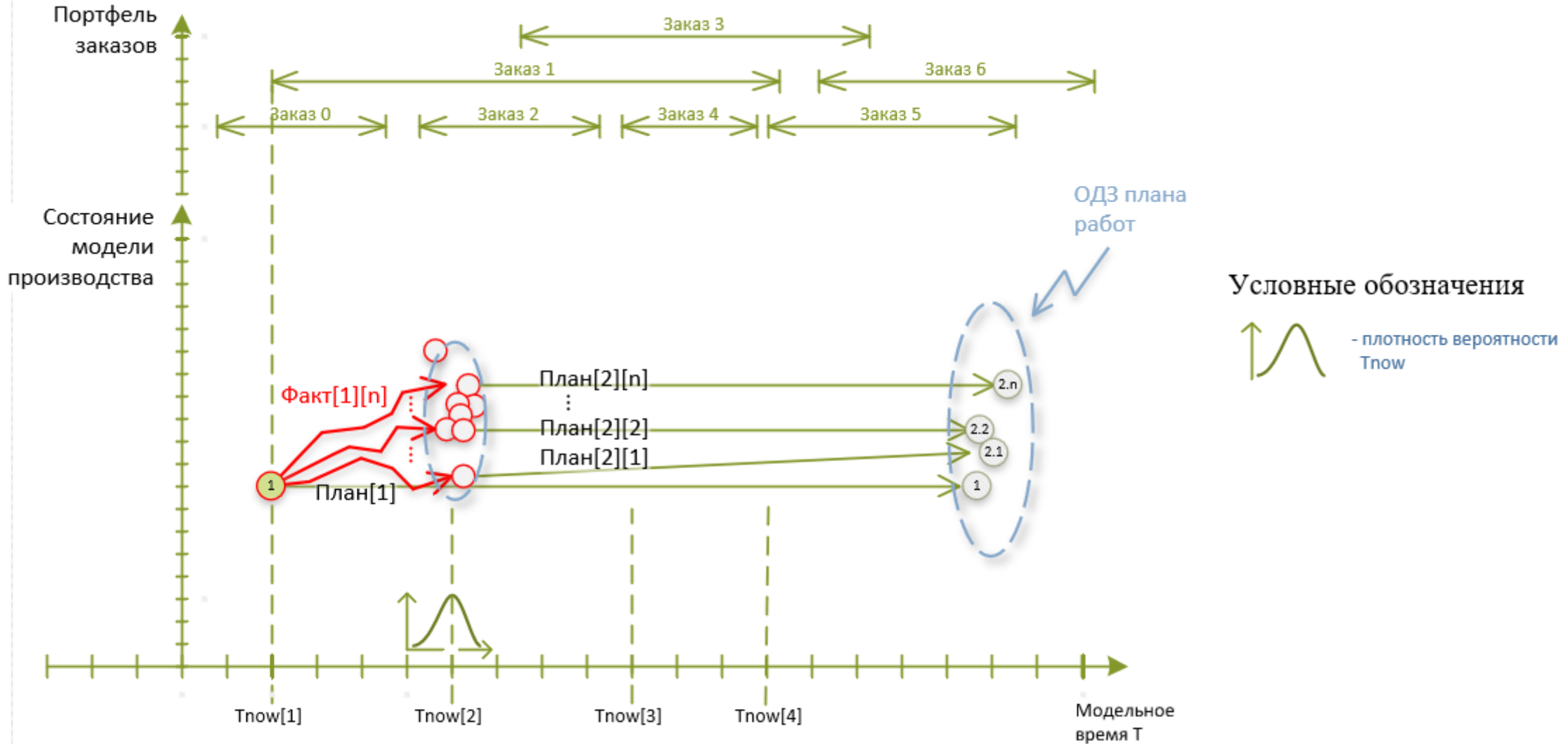
Факт[i] - цепочка изменений состояния модели при имитации исполнения серии работ из Плана[i]

План[i] - цепочка изменений состояния модели, соответствующая серии запланированных работ из Плана[i]

() - область допустимых значений (ОДЗ) плана работ

T_{now} - модельное время «сейчас»

Имитационная модель одного шага перепланирования



■ (1) ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВА

Дискретное многономенклатурное единичное и мелкосерийное производство,
длительный производственный цикл

■ (2) ПЛС — ЭТО ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ (ОУ) И УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА (УС)

ОУ: определяет допустимое управление (возможности производства «Продукты-Процессы-Ресурсы»)

УС: формирует команды управления (алгоритмы оптимизирующего управления)

■ (3) СОГЛАСОВАНИЕ ЗАДАЧ ИНЖИНИРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ

В оптимизированной ПЛС конфигурация производственных мощностей ОУ должна быть согласована с логикой управления в УС с учетом их взаимного влияния

■ (4) ДВЕ ГЛАВНЫЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ПЛС

- принятие обязательств: согласование параметров заказа, исходя из условия его гарантированной исполнимости,

- исполнение обязательств: своевременное исполнение принятого заказа

■ (5) НАДЕЖНОЕ УПРАВЛЕНИЕ С УЧЕТОМ СТОХАСТИЧНОСТИ

- принятие и исполнение обязательств должно сопровождаться оценкой рисков их исполнения,

- при проектировании ПЛС должна обеспечиваться надежность управления

■ (6) ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ

(ERP – MES – APS; PDM) <-> **язык описания ОУ** <-> Оптимизирующее ПО планирования работ (УС)

■ (1) ГОТОВНОСТЬ ДАННЫХ ПО ТЕХПРОЦЕССАМ И НОРМАМ

Решение: применение методологии «Унифицированный Процесс Разработки ЦД» для быстрой разработки, спиральной модели последовательного уточнения ЦД и техпроцессов для ЛПР в проектах диверсификации.

■ (2) НИЗКИЙ УРОВЕНЬ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ ВНЕШНЕГО ПО ПЛАНИРОВАНИЯ

Решение: разделение проблематики построения оптимизированного плана работ и описания возможности производства. Использование в ПО планирования унифицированных количественных моделей с формализованной исполнительной семантикой для описания возможностей производства.

Цифровой двойник
производственно-логистической системы
интегрированной структуры для решения задач
инжиниринга и управления производством

Архангельский Владимир Евгеньевич

ООО «Алмаз-Антей управленческое консультирование»

Тел/факс: +7 (499) 940-11-12

e-mail: varkhangelsky@almazantey.ru