

Применение имитационного и комплексного моделирования в отечественной промышленности. Состояние вопроса

Плотников Александр Михайлович
Заместитель начальника отдела ИТ НТФ «Судотехнология»
plotnikov@sstc.spb.ru



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ЦЕНТР ТЕХНОЛОГИИ
СУДОСТРОЕНИЯ И СУДОРЕМОНТА

Что такое имитационное моделирование

Имитационное моделирование – это имитация динамических процессов с помощью модели для достижения результатов, которые могут быть перенесены на реальные системы

Определение Немецкой Инженерной Ассоциации, VDI



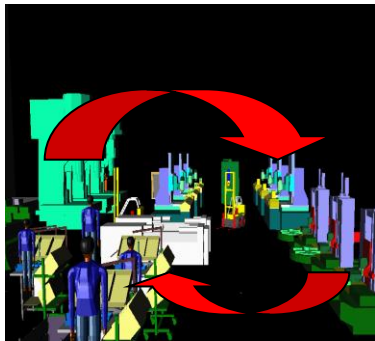
Составление модели, концептуализация



Перенос результатов

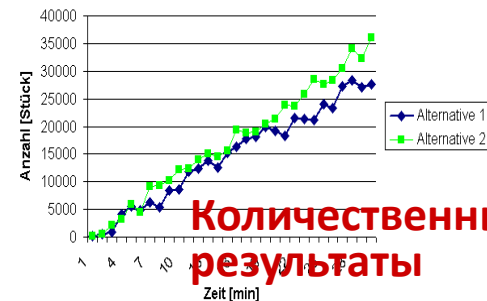
Итерации

Эксперименты



Анализ и интерпретация

Ausbringungsmenge



Заклучения, выводы и рекомендации для реальной системы



Три основных вопроса для имитационного моделирования

Определение количественных величин:

Каким должны быть число рабочих, станков, тележек, такты линий, размеры складских площадок и т.п.?



Логика функционирования:

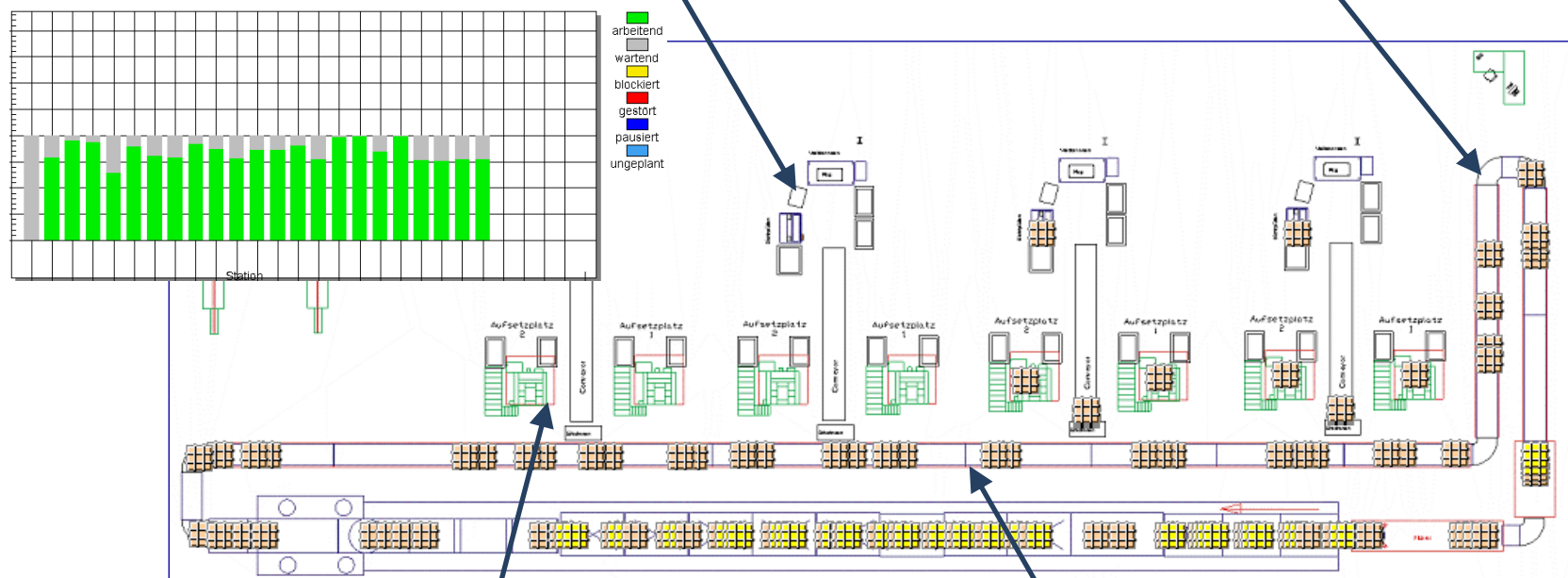
Управление потоками, кто производит, что и когда?

Планировка (размещение):

Где наилучшее место для оборудования, рабочих и т.п.?

Уменьшение размеров складов и накопителей

Уменьшение времени производственного цикла



Увеличение коэффициента использования оборудования

Сокращение инвестиций

Увеличение производительности



Области применения имитационного моделирования

Поддержка принятия стратегических решений:

- ✓ анализ проектируемых или модернизируемых производств
- ✓ оптимизация стратегий управления
- ✓ оценка производственных и технологических мощностей

Тактическое управление:

- ✓ планирование приема и выполнения заказов
- ✓ минимизация необходимых оборотных средств
- ✓ повышение надежности прогноза выполнения заказа в срок

Оперативная работа:

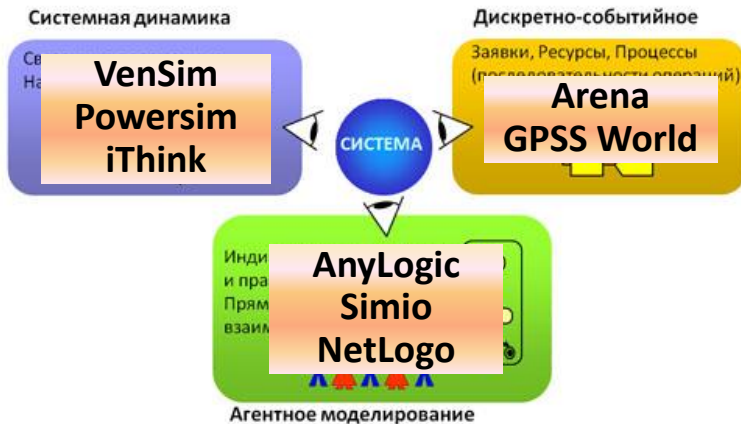
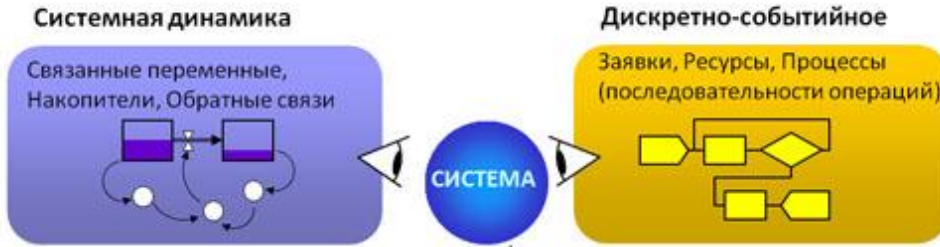
- ✓ оптимизация размеров и последовательности запуска партий
- ✓ мониторинг процессов и визуализация
- ✓ обработка нештатных ситуаций
- ✓ обработка нештатных ситуаций - недостаток ресурсов, поломки и т.п.

Подготовка персонала и имитация реальности:

- ✓ обучение персонала на имитационной модели
- ✓ тестирование критических нагрузок во взаимодействии с ресурсами

Инструмент маркетинга:

- ✓ демонстрация Заказчикам как система будет работать в реальности



Высокий уровень абстракции
[меньше деталей макро уровень стратегический уровень]

Средний уровень абстракции
[средняя детальность мезо-уровень тактический уровень]

Низкий уровень абстракции
[больше деталей микро уровень оперативный уровень]



В основном дискретные

В основном непрерывные



Мировой рынок систем имитационного моделирования

Ежегодная конференция Winter Simulation Conference (США)

Система	Доля в %%
Arena	32-41
AnyLogic	18-19
Simio	6-12
NetLogo*	7-10
Repast*	8-9
Promodel	3-6
FlexSim	4-5
Automod	3-4
ExtendSim	3-4
Simul8	2-4
Witness	1-2

* бесплатный open-source продукт

Прогноз рынка промышленных симуляторов (экспертная оценка):

Система
Arena
AnyLogic
Simio
NetLogo
FlexSim
Simul8

Интеграция с PLM решениями:

Компания Dassault Systemes:
Delmia (Quest) + Catia + Enovia + ...

Компания Siemens:
Plant Simulation + NX + TeamCenter + ...



Какие инструментарии ИМ используются в России?

Сферы приложения: промышленность, экономика, образование

**Коммерческие симуляторы:
(основная доля рынка)**

AnyLogic
GPSS World
Arena

**Коммерческие симуляторы:
(ограниченного
распространения)**

Plant Simulation
iThink
Actor Pilgrim
Rand Model Designer
PTV Vision Vissim-Vissum
.....

**Промышленные разработки:
(не тиражируемые)**

КИМ ОрВД, Москва, ФГУП «ГосНИИАС», Вишнякова
Система Stratum, Пермь, ПТТУ, Мухин
Система «МВТУ», Москва, МВТУ им.Баумана

**Промышленные разработки:
(тиражируемые)**

Система «Сириус», Петербург, АО «ЦТСС»

Моделирование функционирования производственных комплексов верфи и оценки выполнимости перспективных производственных программ

Исходные данные для моделирования:

- производственная программа
- разбивка изделий на сборочные единицы
- стапельное расписание
- описание производственной среды (оборудование)
- планировка предприятия
- технологии постройки (по видам производства)
- статистика пооперационная

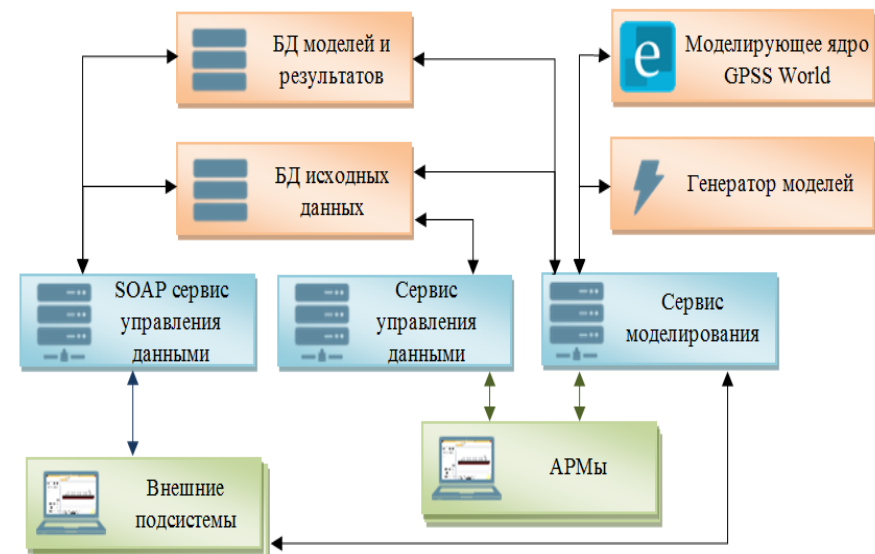
Моделируемые виды производства:

- склад металла
- корпусообрабатывающее (со складом)
- сборочно-сварочное
- окрасочное
- корпусостроительное
- механомонтажное
- трубозаготовительное
- достроечное

Состав выходных данных:

- сроки выполнения производственной программы
- диаграмма сравнения планового срока с результатами моделирования
- данные по загрузке и использованию производственных площадей, кранового, транспортного и технологического оборудования
- расписание поставок металлопроката со склада
- данные по требуемым площадкам хранения
- сводные графики результатов (при сериях экспериментов)
- 2D анимация технологического процесса постройки изделий

Архитектура системы





Судостроение – потенциальный рынок

Судостроение, морское приборостроение , судовое машиностроение

Категории предприятий	Приобретение лицензий	Приобретение (заказ) услуг	Разработка ИМ
Проектно-конструкторские бюро	да / нет	да / нет	да / нет
Верфи и судостроительные (судоремонтные) заводы	нет	да	нет
Заводы морского приборостроения	нет	да	нет
Заводы судового машиностроения	нет	да	нет
НИИ и отраслевые центры	да	да	да
Концерны* (системы, приборы, вооружение)	да	да	да
Организации по промышленному проектированию	да	да	да
Инжиниринговые (частные) компании в судостроения	да	нет	да
Высшие учебные заведения (кадры для судостроения)	да**	нет	нет

*Головные предприятия концернов Океанприбор, Электроприбор, Гидроприбор, Аврора и др.

** Учебные лицензии



Некоторые примеры применения ИМ

Категории предприятий	Приобретение лицензий	Приобретение (заказ) услуг	Разработка ИМ
Верфи и судостроительные заводы	АО «Адмиралтейские верфи»	АО «Адмиралтейские верфи» АО «СЗ «Северная верфь»	—
НИИ и отраслевые центры	АО «ЦТСС» АО «ЦНИИ «Курс» ФГУП «Крыловский ГНЦ» ОАО «МНИИРЭ «Альтаир»	ОАО «ЦТСС»	АО «ЦТСС» АО «ЦНИИ «Курс» ФГУП «Крыловский ГНЦ» ОАО «МНИИРЭ «Альтаир»
Концерны, НПО	—	—	НПО «АМТ» АО «Концерн «НПО «Аврора»
Организации по промышленному проектированию	Союзморниипроект	—	Союзморниипроект
Инжиниринговые компании	ЗАО «Хоневелл» Группа компаний ТРАНЗАС ООО «ГЕТНЕТ Консалтинг»	—	ЗАО «Хоневелл» Группа компаний ТРАНЗАС ООО «Элина-Компьютер» ООО «Константа» ООО «ГЕТНЕТ Консалтинг» Siemens PLM Software

Основные области судостроения и морской техники , где наблюдается основное применение ИМ

- ✓ проектирование, строительство и эксплуатация судов и кораблей
- ✓ проектирование, изготовление и эксплуатация средств оснащения и вооружения морской техники
- ✓ морские транспортные системы, морские грузоперевозки и логистика
- ✓ судостроительные производства и портовые хозяйства, объекты берегового базирования и морской инфраструктуры

Наибольший интерес на следующих направлениях:

- ✓ моделирование логистики предприятий
- ✓ мультимодальные перевозки (включая морскую составляющую)
- ✓ моделирование функционирования технических (производственных) систем
- ✓ решение нестандартных задач



Основные направления научных и прикладных разработок:

- теоретические основы и методология имитационного моделирования
- **методы оценивания качества моделей**
- методы и системы распределенного моделирования
- моделирование глобальных процессов
- моделирование сложных технических, экономических и социальных систем
- **разработка средств автоматизации и визуализации моделирования**



Мировые тенденции в сфере ИМ

- **Практическое применение ИМ в мире (и России) растет**
- **Растущие требования к создателю имитационных моделей**
- **Сокращение на рынке коммерческих симуляторов числа основных игроков (вендоров)**
- **Развитие графического дизайна, 2D и 3D моделирования в инструментах**
- **Превалирование рынка услуг и консалтинга перед рынком продаж**
- **Ускоренное развитие приложений (на базе коммерческих симуляторов) под конкретные предметные области и задачи**
- **Развитие предметных библиотек высокого уровня**
- **Встраивание ИМ-компонент в специализированные СППР**
- **Распространение облачных технологий (браузер – управление экспериментами и результатами, все остальное – в облако)**

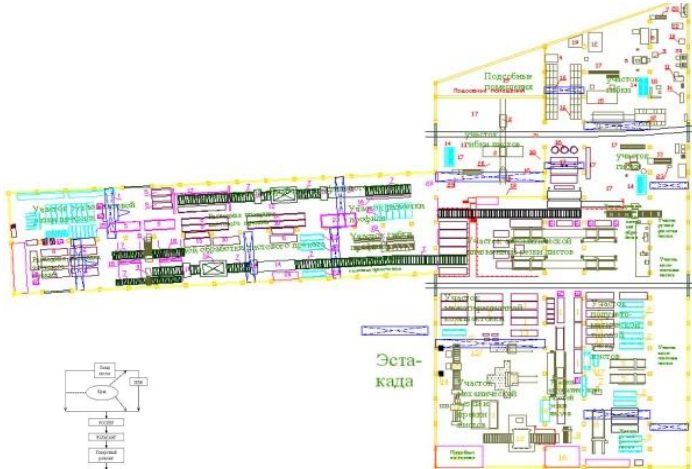
Некоторые примеры разработки промышленных имитационных моделей



А К Ц И О Н Е Р Н О Е О Б Щ Е С Т В О

**ЦЕНТР ТЕХНОЛОГИИ
СУДОСТРОЕНИЯ И СУДОРЕМОНТА**

Корпусообработывающий цех ФГУП «Адмиралтейские верфи»

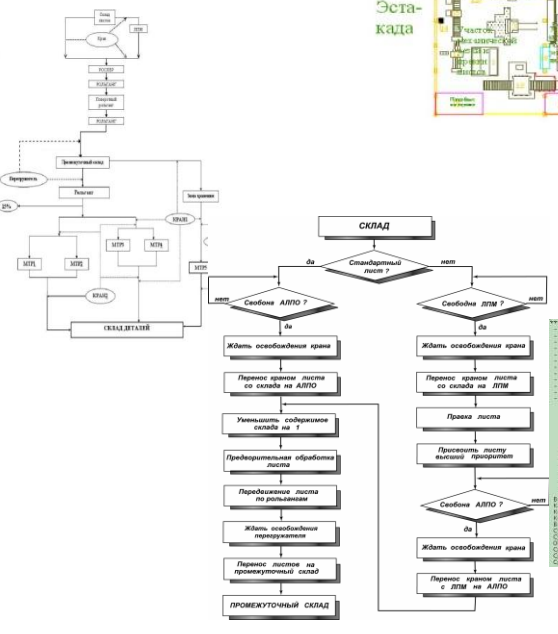


Целевое назначение модели:

- Оптимизация состава технологического оборудования
- Оптимизация режимов работы оборудования
- Планирование схемы размещения оборудования
- Планирование схем металлопотоков
- Расчет пропускной способности

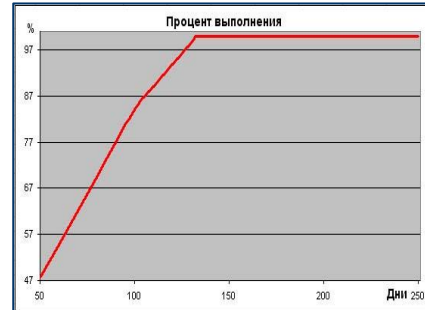
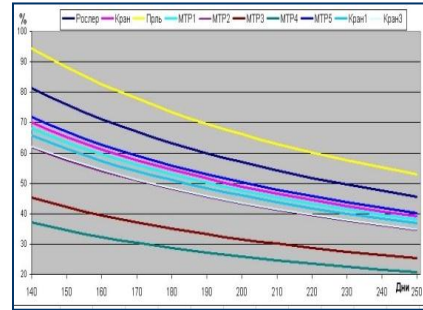
Результаты моделирования:

- Рекомендации по оптимизации состава оборудования
- Данные по загрузке оборудования (в т.ч. кранового)
- Рекомендации по оптимальным режимам работы оборудования
- Максимальная пропускная способность цеха



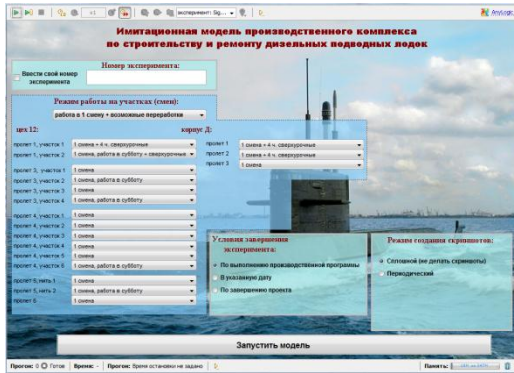
Параметры резки карты раскроя

Режимы резки	1.25
Газовый	Кисл.-возд. дугерод-кислородная сталь, марка 98.5
Таблица: Итерационное моделирование и типа АС, в воздухе	
Параметры резки	
Клифферинг облой для газовой резки	1.25
Клифферинг облой для плазменной резки	1.25
Разрешение на толщину (плазменная)	0.00
Скорость намотки проволоки, мм/мин	12.00
Время на установку листа, мин	0.50
Время на снятие проволоки, мин	0.50
Время подачи листа и поджига проволоки, мин	1.50
Время подачи проволоки при плазменной резке	0.50
Время отрезания проволоки после намотки, мин	2.50



Среда разработки GPSS World

Корпусостроительное производство комплекса подводного кораблестроения АО «Адмиралтейские верфи»

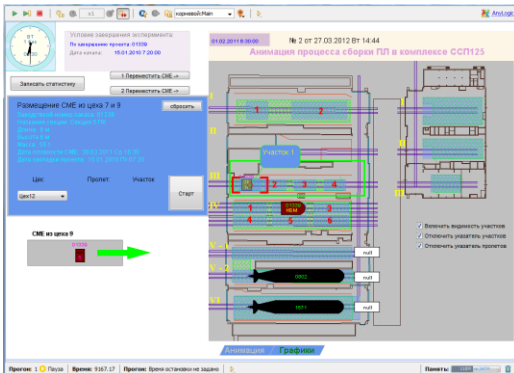


Целевое назначение модели:

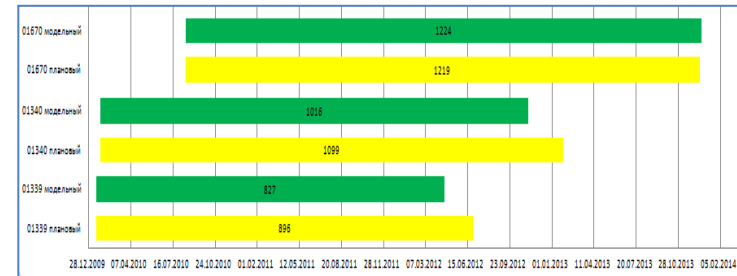
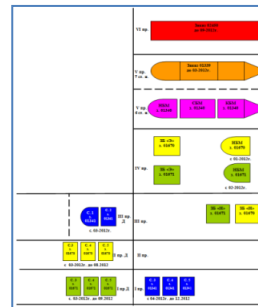
- Оценка возможности реализации перспективной производственной программы на существующих мощностях
- Поиск «узких» мест» производственной системы
- Определение загрузки участков и кранов на планируемый период
- Определение режимов работы производственных участков

Требования заказчика к имитационной модели:

- Учет занятости участков на начало моделируемого периода
- Возможность внесения изменений в распределение СЕ при эксперименте
- Получение схем размещения сборочных единиц на участках
- Сохранение исходных условий эксперимента во внешний файл
- Мобильность модели для применения специалистами ИЦ верфи



Цех 12	Режим работы
пролет 1, участок 1	1 смена + 4 ч. сверхурочные
пролет 1, участок 2	1 смена, работа в субботу + сверхурочные 2 ч
пролет 3, участок 1	1 смена
пролет 3, участок 2	1 смена, работа в субботу
пролет 3, участок 3	1 смена
пролет 3, участок 4	1 смена, работа в субботу
пролет 4, участок 1	1 смена
пролет 4, участок 2	1 смена
пролет 4, участок 3	1 смена
пролет 4, участок 4	1 смена
пролет 4, участок 5	1 смена
пролет 4, участок 6	1 смена, работа в субботу
пролет 5, митка 1	1 смена
пролет 5, митка 2	1 смена, работа в субботу
пролет 6	1 смена

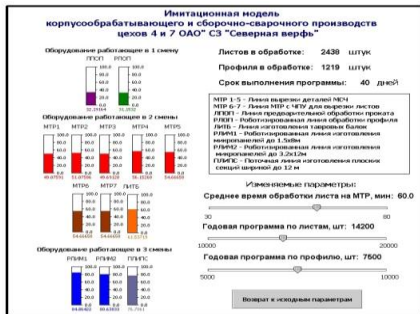
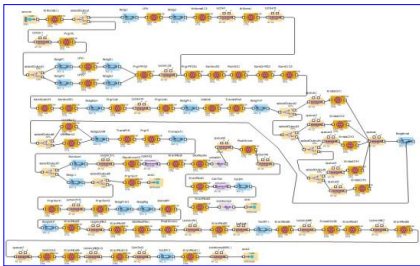
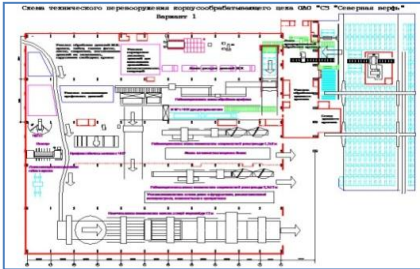


Среда разработки
AnyLogic Professional



АО ЦТСС. Имитационное моделирование производственных процессов

Корпусообработывающее и сборочно-сварочное производства АО «СЗ «Северная верфь» (цех №4 и цех №7)



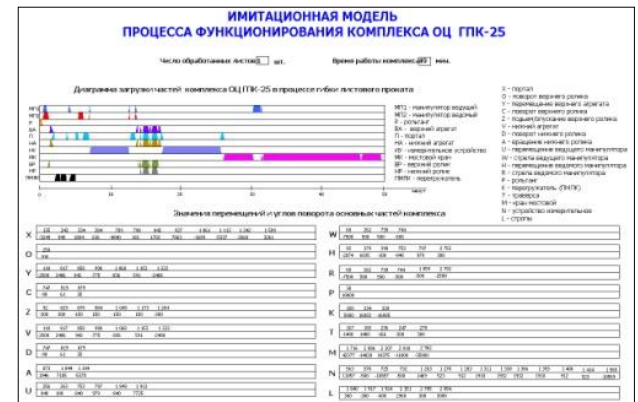
Целевое назначение модели:

- Проверка совместного функционирования оборудования (в 1-5 пролетах)
- Уточнение схемы материальных потоков
- Проверка загрузки оборудования для заданной программы

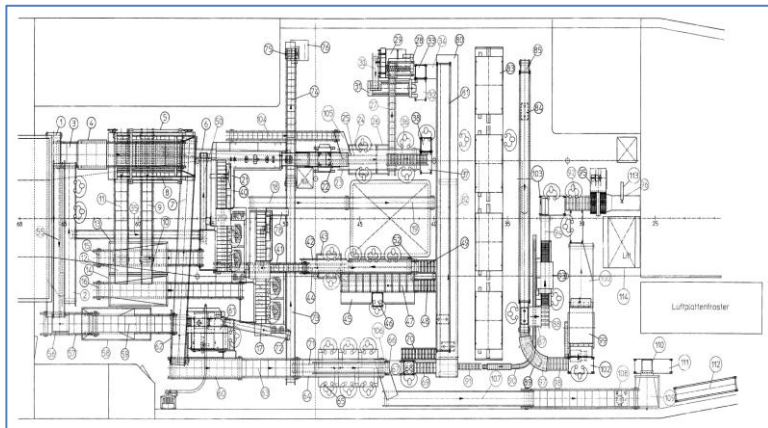
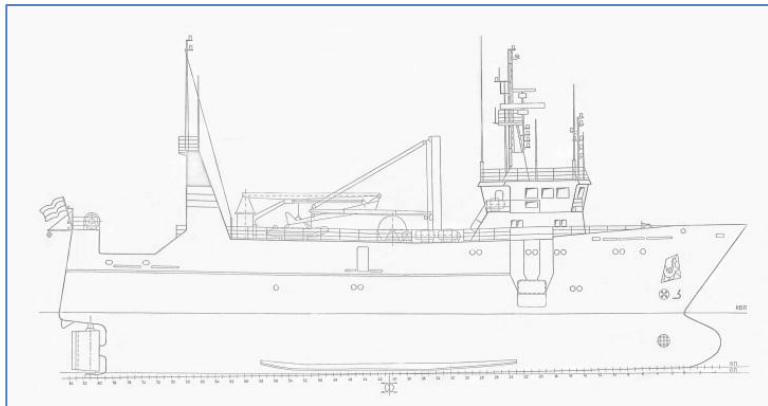
Результаты моделирования:

- Данные по загрузке отдельных единиц оборудования
- Подтверждена возможность выполнения расчетной программы (2 сменная работа)
- Выявлен запас по пропускной способности:
 - линии предварительной обработки – 50%
 - машин тепловой резки листов – 35%
 - роботизированной линии обработки профиля – 50%
- При программе в 20 тыс. тонн и 2 сменной работе цеха линии сборки и сварки плоских секций и микропанелей загружены полностью

В состав имитационной модели включена детализованная модель функционирования комплекса гибочного оборудования на базе станка ротационно-локальной гибки МГПС-25



Среда разработки
AnyLogic Professional



Рыбообрабатывающий комплекс среднего рыболовного траулера-ярусника пр.13720

Исходные данные:

- статистика по проектам рыбопромысловых судов
- отраслевые нормативные документы
- проектные данные по моделируемому цеху
- документация на технологическое оборудования

Обрабатываемое сырье:

- горбуша, минтай, сельдь

Регулируемые при экспериментах параметры:

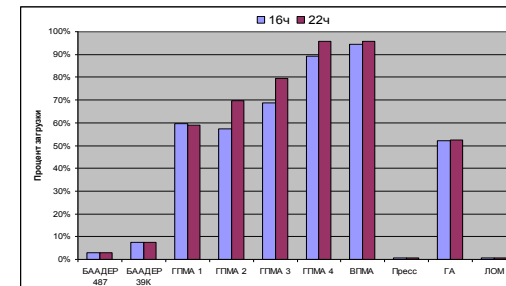
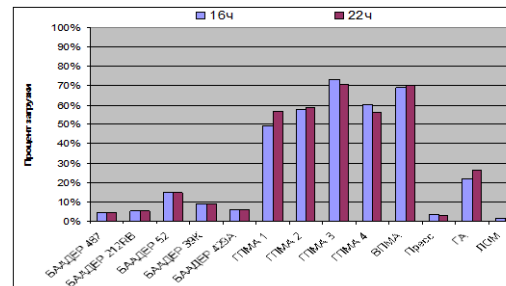
- количество поступающего на обработку сырья
- режимы работы производственного оборудования
- количество персонала
- количество рабочих смен и их продолжительность

Результаты моделирования:

- сокращена численность обслуживающего персонала
- обнаружены «узкие» места производственной системы

Производственные линии (13 ед. оборудования):

- разделка рыбы на филе с извлечением икры
- разделка рыбы на обезглавленную потрошеную с извлечением икры
- разделка рыбы на обезглавленную потрошеную
- замораживание неразделанной рыбы
- сбор и измельчение отходов





Производство прямотрубных парогенераторов ОАО «ОКБМ им. Африкантова»

Целевое назначение модели:

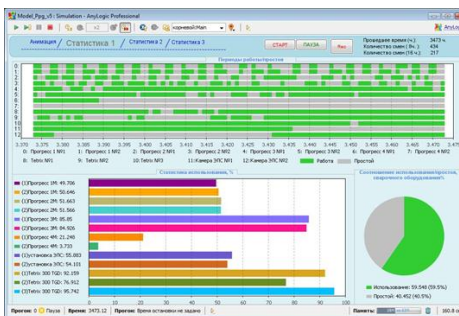
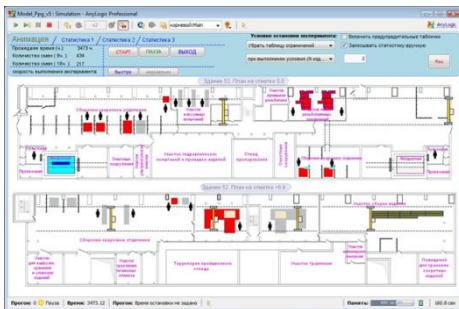
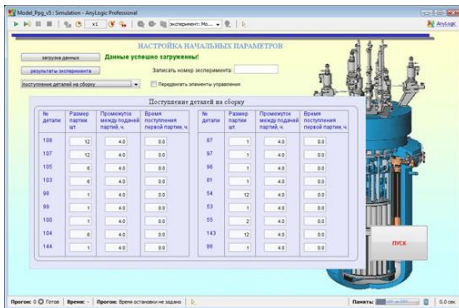
- Анализ загрузки производственного оборудования и участков
- Расчет пропускной способности участков и длительности выполнения годовой программы с учетом брака (как результата сварочных работ)
- Создание решения для оперативного прогнозирования оптимальных параметров работы участков и оборудования

Исходные данные для модели:

- Данные по технологии изготовления деталей и сборок
- Данные по длительности выполнения технологических операций
- Данные по организации работ на производстве
- Параметры основного производственного оборудования
- Планировки цеха с расстановкой оборудования

Результаты моделирования:

- Статистика по загрузке производственного оборудования
- Статистика по изготовлению деталей и сборок
- Количество смен на изготовление деталей и сборок



Среда разработки
AnyLogic Professional

Спасибо за внимание

Плотников Александр Михайлович
Заместитель начальника отдела ИТ НТФ «Судотехнология»
plotnikov@sstc.spb.ru



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

ЦЕНТР ТЕХНОЛОГИИ
СУДОСТРОЕНИЯ И СУДОРЕМОНТА