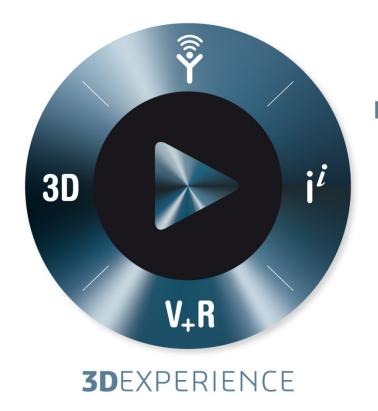
#### Научно-технологический центр «Проектирование производственных систем»





Группа компаний ГЕТНЕТ Консалтинг

Разработка проектов технологического перевооружения и модернизации машиностроительных предприятиях



Алексей Краснов +7-495-995 25 00 www.hetnet.ru



#### Основные стадии проектирования производственных систем



- 1. Построение и оптимизация модели производственной системы
- 2. Разработка проектной документации
  - разработка компоновки производственной системы,
  - разработка технологических планировок производственных подразделений
- 3. Разработка производственно-технологических требований к строительной части проекта





Инструментальные средства





Исследования и разработка;

Конструкторско-технологическое проектирование;

Технологическая подготовка производства;

Производство;

Эксплуатация и ремонт; Утилиза

#### Система DELMIA

предназначена для имитационного моделирования производственных процессов и производственных систем. В целом этот комплекс является частью решения по управлению жизненным циклом изделия (PLM), разработанным компанией Dassault Systemes



#### Методология имитационного моделирования

Системная динамика — метод моделирования, при котором для исследуемой системы строятся графические диаграммы причинных связей и глобальных влияний одних параметров на другие во времени, а затем созданная на основе этих диаграмм модель имитируется на компьютере.

Системная динамика

**Дискретно-событийное** — метод моделирования, предлагающий ГЕТНЕТ Консалтинг абстрагироваться от непрерывной природы событий и рассматривать только основные события моделируемой системы, такие как: ожидание, обработка заказа (выполнение технологической операции), перемещение объекта производства

Дискретно-событийное



**Агентное моделирование** — метод, описывающий индивидуальные правила поведения активных объектов, их взаимодействие между собой и с внешней средой





Группа компаний

#### Основные цели и задачи имитационного моделирования



- 1. Проектирование производственного подразделения с нуля.
- Проектирование технологических процессов.
- Построение технологического процесса
- Выделение критических путей
  - Формирование спецификации производственного оборудования
- Формирование структуры рабочих мест
- Проектирование планировок производственных подразделений
- Проведение имитационного моделирования работы ПС, в том числе движения материальных потоков через ПС.
- Определение времени производственного цикла
- Выявление узких мест. Управление коэффициентами загрузки оборудования.
- Проведение ряда итераций для оптимизации по варьируемым параметрам





#### Основные цели и задачи имитационного моделирования



#### 2. Решение оптимизационных задач на существующем производстве.

- Построение технологических процессов.
- Импорт в систему технологических процессов
- Импорт каталогов технологического оборудования, СТО, и т.п.
- Выделение критических и околокритических путей.
- Назначение стоимостных и временных параметров для элементов системы.
- Проектирование планировок производственных подразделений
- Проведение имитационного моделирования работы ПС, в том числе движения материальных потоков ПС.
- Определение времени производственного цикла
- Выявление узких мест. Управление коэффициентами загрузки оборудования.
- Проведение ряда итераций для оптимизации по варьируемым параметрам





# Работа в DELMIA D5 QUEST Потоки данных в DELMIA QUEST



#### Входные данные

Номенклатура изделий, заготовок и график поставок

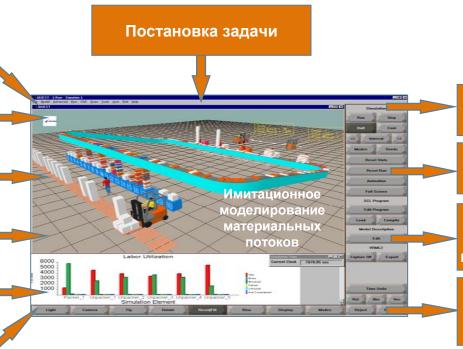
Элементы технологической системы

Элементы транспортной системы

Элементы складской системы

Правила движения материальных потоков

Рабочие смены и график работ



Выходные данные

2D или 3D модель логистической системы

Отчеты (статистические данные)

Наилучшее решение по организации работы производственной системы

Оптимальные значения параметров логистической системы (целевой функции)





3DS.COM

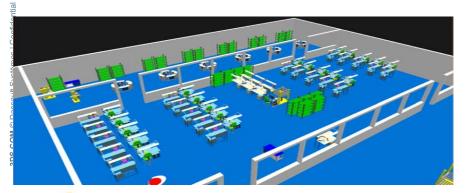
#### Имитационное моделирование

Группа компаний ГЕТНЕТ Консалтинг

**Цифровая модель производственной логистической системы** 

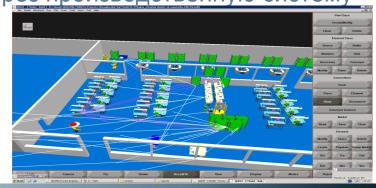
#### Физическая модель

Планировка производственной системы



#### Логическая модель

Правила прохождения материального потока через производственную систему







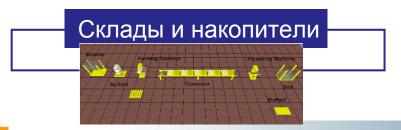
## Типовые элементы физической модели производственной системы





Технологическое оборудование и оснастка



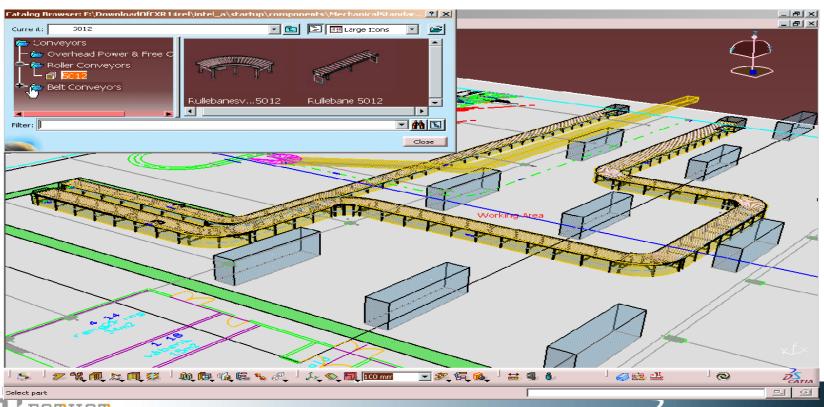






#### Построение физической модели производственной системы





#### Верификация физической модели производственной системы

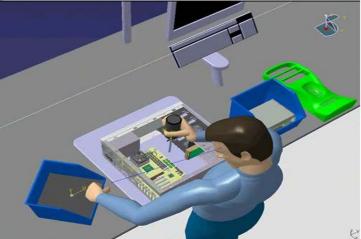


Верификация перемещений персонала в 3D планировке производственного

подразделения



Верификация компоновки рабочего места в

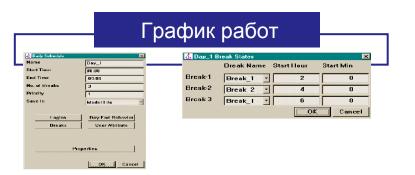


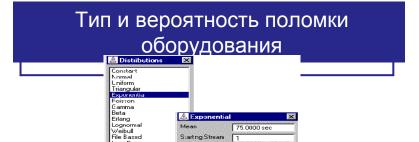




#### Типовые элементы логической модели производственной системы нтцппс







Canser

Cancel

Производственный процесс
Правила прохождения материального потока через производственную систему



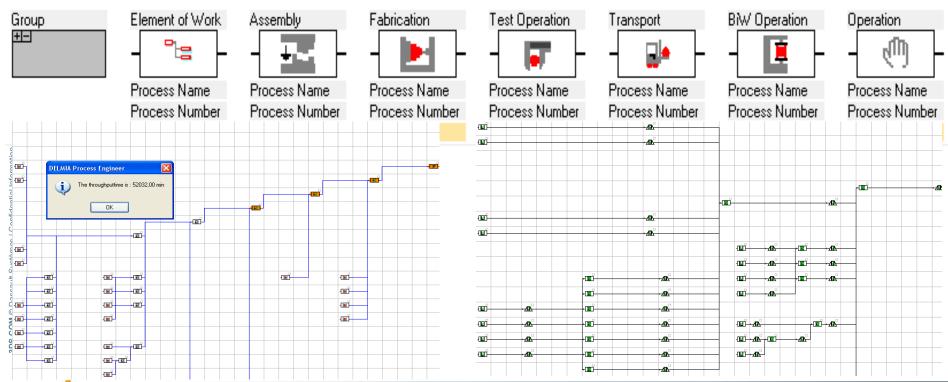


#### Построение логической модели



#### Проектирование материальных потоков

Группа компаний ГЕТНЕТ Консалтинг



#### Формирование перечня операций технологического процесса

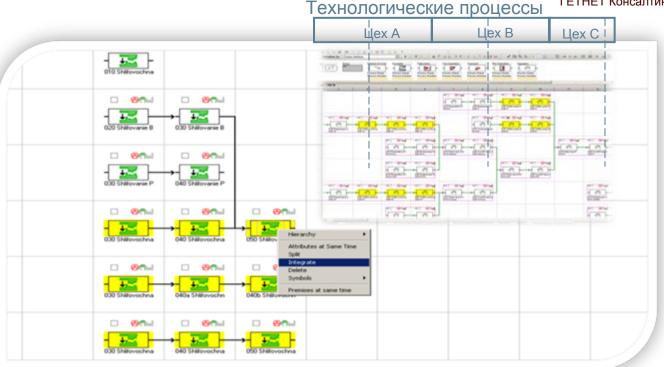


Группа компаний ГЕТНЕТ Консалтинг

Перечень Graph BOM 010 Shlifovochnaya CL, 1 010 Shlifovochnaya CR, 1 010 Shlifovochnaya MAsm, 1 010 Shlifovochnaya UL, 1 010 Shlifovochnaya UR, 1 020 Shlifovanie B, 1 020 Shlifovochnaya CL, 1 020 Shlifovochnaya CR, 1 030 Shlifovanie B. 1 030 Shlifovanie P. 1 030 Shlifovochnaya Kl`, 1 030 Shlifovochnaya KrPt, 1 030 Shlifovochnaya St, 1 040 Shlifovanje P. 1 040 Shlifovochnaya Kl`, 1 040 Shlifovochnaya St, 1 040a Shlifovochnava KrPt, 1 040b Shlifovochnaya KrPt, 1 050 Shlifovochnava Kl., 1 050 Shlifovochnaya St, 1 080 Shlifovochnaya MAsm, 1

> 120 Shlifovochnaya MAsm, 1 150 Shlifovochnaya MAsm, 1

> 180 Shlifovochnaya MAsm, 1







#### Имитационное моделирование.

нтцппс

Предварительное определение состава и количества оборудования для обеспечение заданной программы

Группа компаний ГЕТНЕТ Консалтинг

• Определение структуры цеха

 Определение состава и количества оборудования на любом участке

 Формирование предварительной планировки

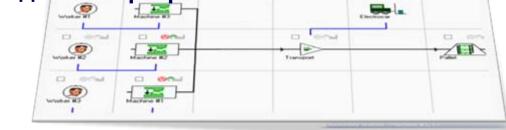
Определение технологической себестоимости изготовления комплексных деталей в каждом цехе

• Определение технологической

суммарной себестоимости изготовления комплексных деталей

Корректировка соста

оборудования



Формирование предварительной планировки цехов







#### Имитационное моделирование. Постановка экспериментов.

# Группа компаний ГЕТНЕТ Консалтинг

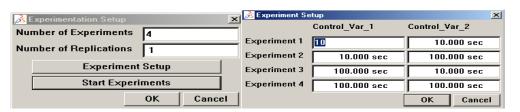
#### Моделирование сценария «что, если?»

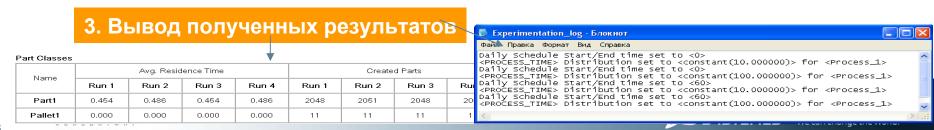
- 1. Постановка эксперимента
- 1.1. Определение управляемых переменных Модели (Control Variable)
- 1.2. Задание диапазона и шага изменения значений управляемы переменных



1.3. Задание параметров эксперимента

2. Запуск экспериментов

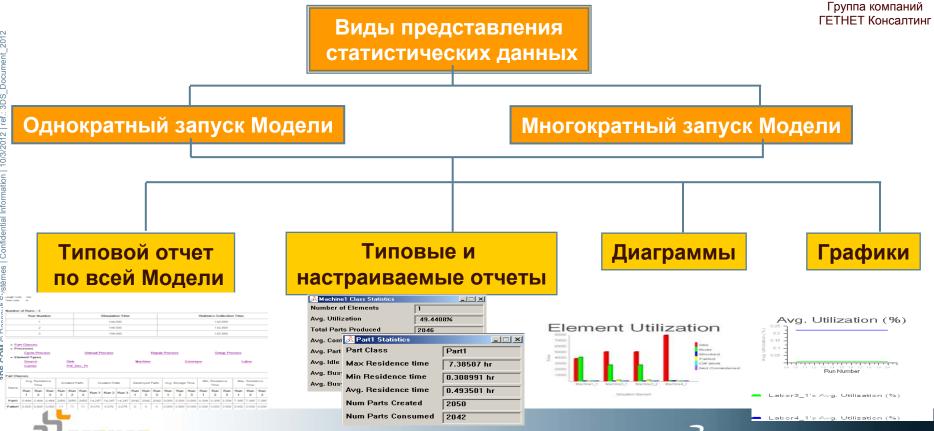




#### Имитационное моделирование. Вывод статистических данных



**IF WE** ask the right questions we can change the world.



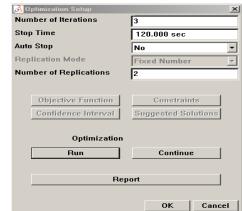
#### Алгоритм оптимизации модели

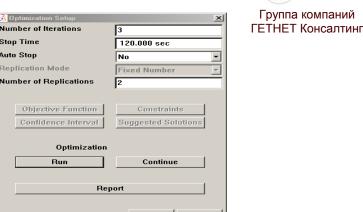


#### 1. Постановка оптимизационной задачи

Примеры постановок оптимизационных задач:

- Минимизация производственного цикла.
- Минимизация производственной себестоимости.
- 1.1. Задание диапазона и шага изменения значений параметров целевой функции – управляемых переменных (Control Variable) 1.2. Определение целевой функции







- 1.3. Задание количества итераций и повторений
- 1.4. Задание условий остановки процесса оптимизации
- .5. Задание граничных условий (Constraints)



Цель: найти экстремум целевой функции



#### Алгоритм оптимизации Модели

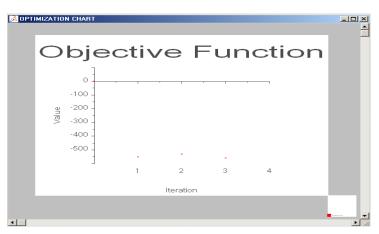


2. Запуск процесса оптимизации модели – модуля OptQuest

💰 Optimization Data Run No. Replication No. **Current Best Value** -533.835

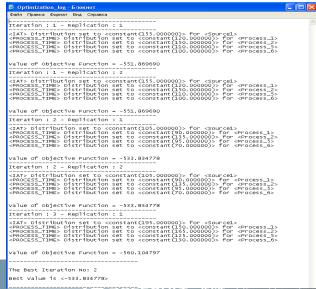
3. Вывод полученных результатов

На экран монитора



💰 Best	Solutions				×
	Iteration	Objective Value	Feasible	Control_Var_1	Control_Var_2
1	2	-533.835	Yes	105.000 sec	90.000 sec
					Þ

#### В файл Optimization log



DASSAULT | IF WE ask the right questions **TEMES** we can change the world

# © Dassa

#### Стоимостной анализ вариантов планировок производственной системы

Entered Manufacturing Cost Multiplier

Calculated Manufacturing Cost Multiplier is Valid

Группа компаний

Расчет стоимости производственного оборудования ГЕТНЕТ Консалтинг Анализ вариантов планировок и выбор оптимального File Salestine. решения Default Values Select Goup of Workplaces for the Manufacturing Cost Calculation Shall Model Schedenodel UNIENFERITISUNG Engra 305 WORKCELL PRODUCTION Production convent Wage Group Dennistation. Assemble air filter and cover, 1 BOM Entry General Investment Simulation Turn engine block on tote board (180°), 1 Premium Principes Hota XX Investment · Attach label, 1 (W. Manufacturing Cost Multiplier (House) Flate) Pul Curves TPZ OVIEWERTIGUNG . Cut engine block off tote board an put into pack Explicituation: Calculate Manufacturing Cost Using Cost Multiplies (Hundy Rists) The Cost Multiplies is Calculated from Freed and Variables Costs and the Sum of the Direct Impubilities Cost of the Reviousies. Estimated Investment 0.00 € DAY: Resource View Engine 3.5 HP, 1 **Material Side Cost** Cum. Estimated Investment 0.00€ C. Assessment of Invest (True of Invest is Absted to Product). Conceptual Planning Engine 3.5 HP WORKCELL PRODUCT Imputed Interest Calculated Valid Invest Englanation: The Entre Invest of the Group of Workplaces is Assessed to the Product Taken are Account Depreciation and Product Flate. 0.00 € Flanning Variant Engine 3.5 HP V1 WORKCELL PROD Engine X35 WORKCELL PRODUCTION Production Calc. Investment is valid Calculation Incitating Material Costs Forklift, 1 Investment Type Not accessable Logistics Centrum\_VMI, 1 color of Percen Tutorial for the Usage of the Manufacturing Cost Calculation Software costs 0.00€ Select Output File for the Flagout Parts provision, 1 04.03.2011 Calculation Date Swinot Group of Workshotsons WORKCELL 1, 1 Select Calculation Method Please PVest Fixed Shares Defen Parameters for Production Plate WORKCELL 2, 1 Define Default Values WORKCELL 3, 1 Tool costs Street costs Stration 'T' attraction 0.00€ WORKCELL 4, 1 Calculate Installation. 0.00 % WORKCELL S. 1 Customs WORKCELL 6, 1 0.00 % Installation [T€] 0.0 Worker II, 1 Transport Customs [T€] 0.0 0.00 % Worker 12, 1 Transport [T€] 2.3 Spare parts 0.00 % Worker I3, 1 Spare parts [T€] 7.5 Risk allowance 0.00 % Worker 14, 1 Risk allowance [T€] 15,0 Worker 15, 1 Imputed Interest 0.00 % Sum [T€] 24.8 Worker 16, 1 Running Tool Costs 0.00 €/у Worker VMI1, 1 Maintenance Worker VMI2, 1 0.00 €/у Area [m2] 315 204 Duffer, 1 Area Costs [€] 315.. 20400 Company Engine King WORKCELL PRODUCTION, 1 Variable Shares Area Side Costs [€] 4729 3060 Flant Deroit WORKCELL PRODUCTION, 1 Other Variable Costs 0.00€/h Assembly shop WORKCELL PRODUCTION, 1 Running tool costs [€] Assembly WORKCELL PRODUCTION Layout Calculation Bereitstellwagen mit 2 Behaeltern, 1 Maintenance [€] 0 Depreciation Duration 0.00 a Manufacturing cell 1, 1 Valueweighted Occupancy 0.00 Depreciation Costs Arbeitsstuhl h=515mm, 1 0.00 €/у ■ Wall shelf 640x220x1000mm, 1 Fixed Manufacturing Cost Multiplier 0.00 €/h Wall shelf 640x220x1000mm, Variable Manufacturing Cost Multiplier 0.00 €/h Assembly table WORKCELL 1, 1 Investment [T€] 751.1 91.4 Assembly Table NEW, 1 Manufacturing Costs Multiplier 0.00 €/h Software Costs [T€] 0.0 0.0 Table trolley 3 level 1000x700x900

0.00 €/h

Tool Costs [T€]

Sum [T€]

0.0

751.1

U J JYJ I EITIES

2.4

we can change the world

the right guestions

Worker Wc1, 1

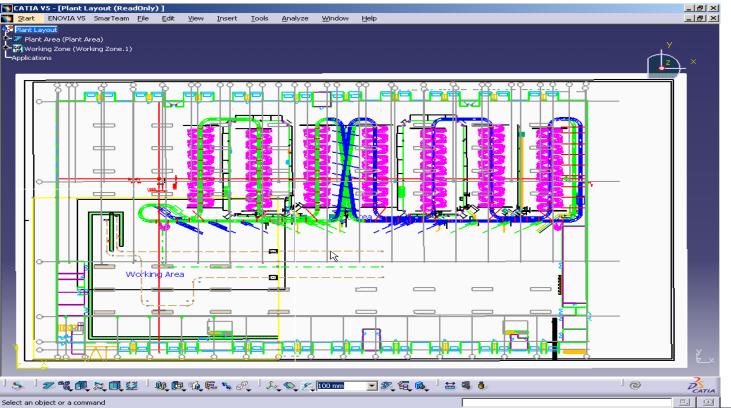
Pneumatic screwdriver, 1

консалтинг

#### Работа в DELMIA V5 Plant Layout. Разработка планировки цеха



ГЕТНЕТ Консалтинг







# Труппы производственно-технологических требований

- 1. Требования к фундаментам под основное и вспомогательное оборудование.
- 2. Требования к полам, исходя из значений нагрузки на них транспортных средств.
- 3. Требования к производственным помещениям по уровню влажности воздушной среды, температуре, запыленности и т.д.
- 4. Требования к коммуникациям для обеспечения работы производственного оборудования (электроснабжение, сжатый воздух, водоснабжение и т.д.).



#### Пример выполненного проекта технического перевооружения

Цель – обеспечение заданной производительности цеха. Группа компаний Принцип организации цеха – предметно-замкнутый.



#### Пример выполненного проекта технического перевооружения

#### Исходные данные:

- 1. Планировка цеха
- 2. Номенклатура цеха
- 3. Технологические процессы
- №
  А. Расчет производительности (статический) N, шт/год.

#### $\Gamma_{\text{Де:}}$ **N** = $\Phi_{\text{ЭР}}$ **x C**<sub>P</sub> **x K** / **Tц** = 44 шт./год

 $\Phi_{\rm 3P}$  – эффективный годовой фонд времени, ч.

Ср – принятое количество рабочих мест, шт.

Т<sub>ЦПР</sub> – технологический цикл изготовления изделия, ч.

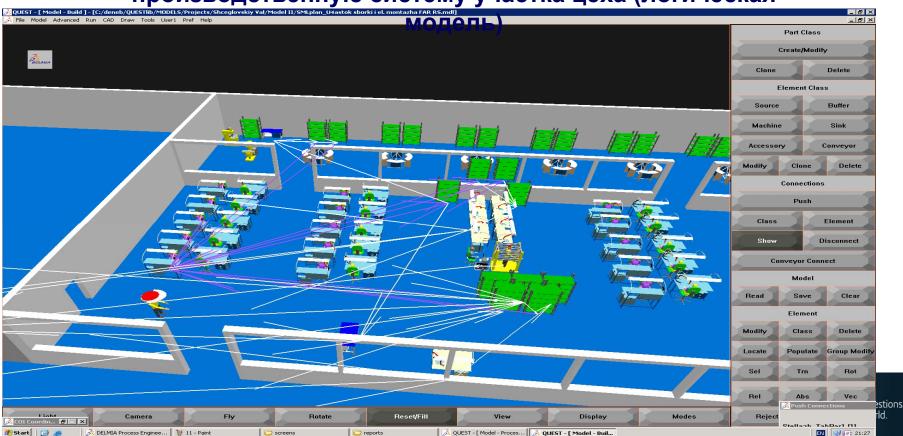




#### Пример выполненного проекта технического перевооружения



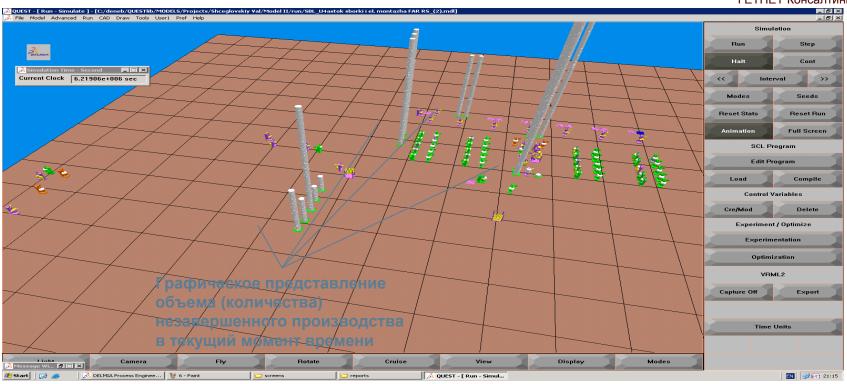
### Правила прохождения материальных потоков через производственную систему участка цеха (логическая



#### Визуализация моделирования



Группа компаний ГЕТНЕТ Консалтинг







#### Анализ результатов имитационного моделирования

нтцппс

Статические значения (расчет специалистов завода) Производительность цеха N = 44 шт/год

Динамические значения группа компаний (расчет путем моделирования) Производительность цеха N = 12 шт/год

Расхождение значений в 3,7 раза

Основные причины расхождения значений производительности цеха

Производственный цикл изготовления изделия принят равным технологическому циклу.

Производственный цикл изготовления изделия определяется путем имитационного моделирования.

Не учитываются потери времени по производственным причинам.

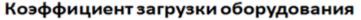
Учитываются взаимные влияния материальных потоков (сбои в комплектации сборочных операций, выполнение транспортных и складских операций, организационные простои транспортного и технологического оборудования и др.)

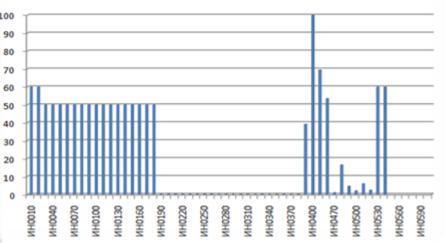
Не учитывается критический путь изготовления комплектующих, определяющих производственный цикп изделия.

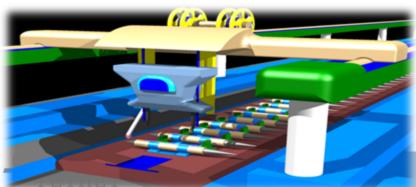
Учитывается критический путь изготовления комплектующих, определяющих производственный цикл изделия сприя в производственный цикл изделия сприя в производственный цикл изделия в прина в при

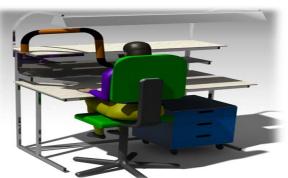
#### Сравнение решений по результатам моделирования





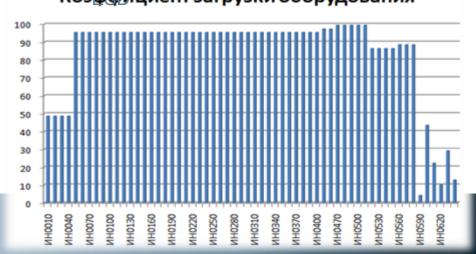








Рабочее место монтажника C4-1400K Коэффициент загрузки оборудования



3DS.COM © Dassault Systèmes

#### Сравнение решений по результатам моделирования



Группа компаний ГЕТНЕТ Консалтинг

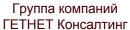
Планировочные решения по расчетам завода

Планировочные решения по результатам моделирования



#### НТЦ «Проектирование производственных систем»







#### СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



www.hetnet.ru









Группа компаний ГЕТНЕТ Консалтинг

www.hetnet.ru

