

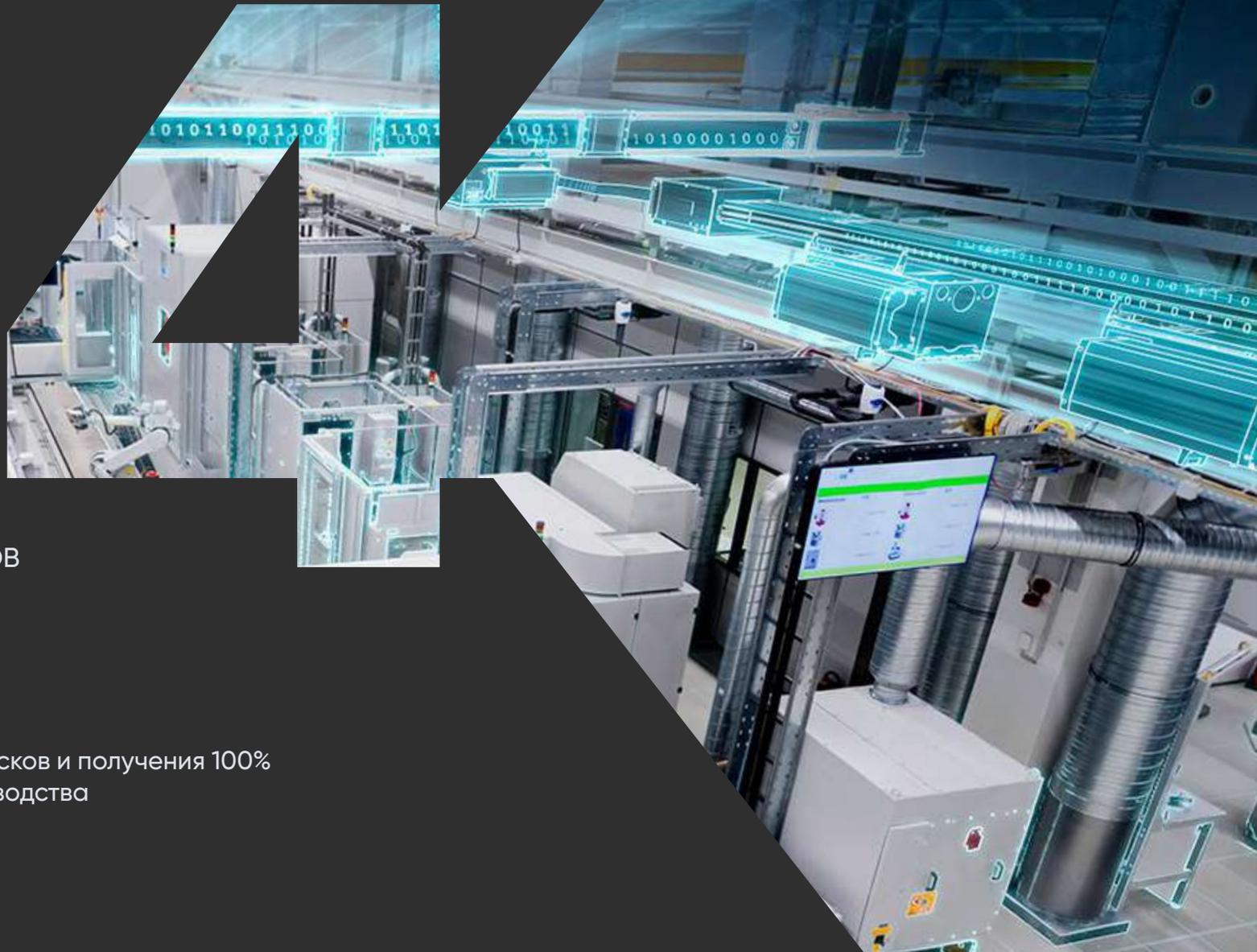
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ



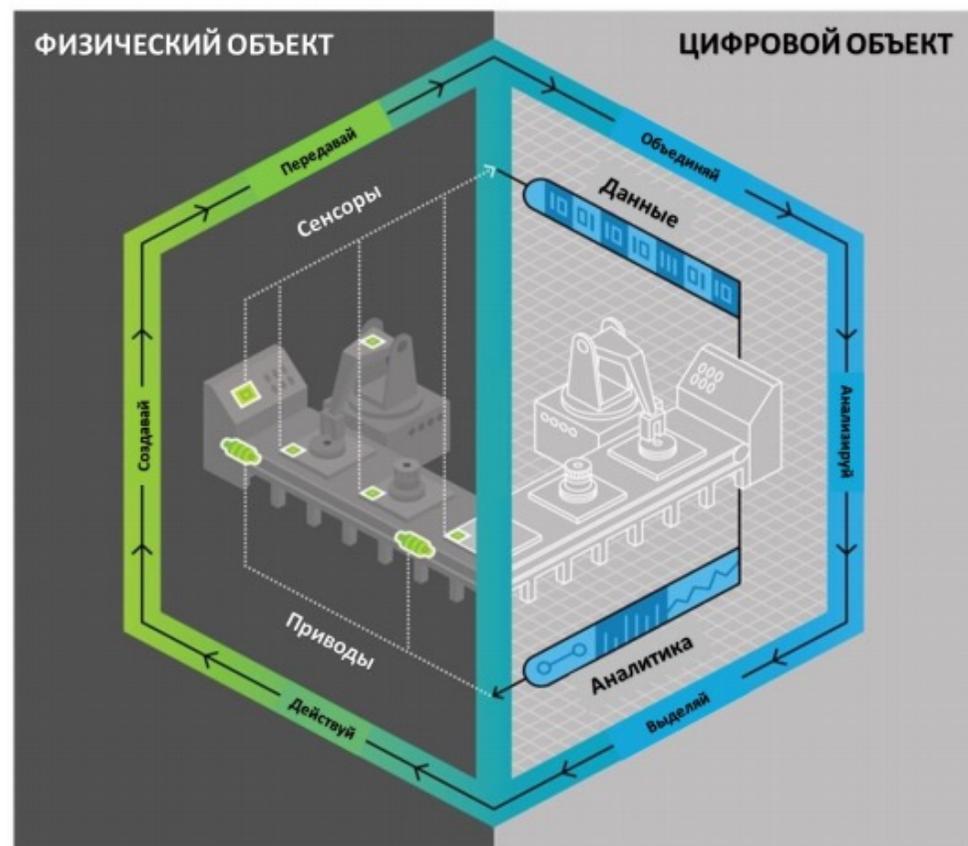
скачать
презентацию

Для уменьшения рисков и получения 100%
информации производства



Оценка возможностей производства

Цифровые модели / Двойники в производстве



Цифровые модели / двойники:

- Цифровая модель/двойник изделия
- Цифровая 3D модель/двойник пр-ва
- Цифровая модель производства

Цифровая тень
Цифровой след

Оценка возможностей производства

Цифровые модели / Двойники в производстве

Цифровой двойник:

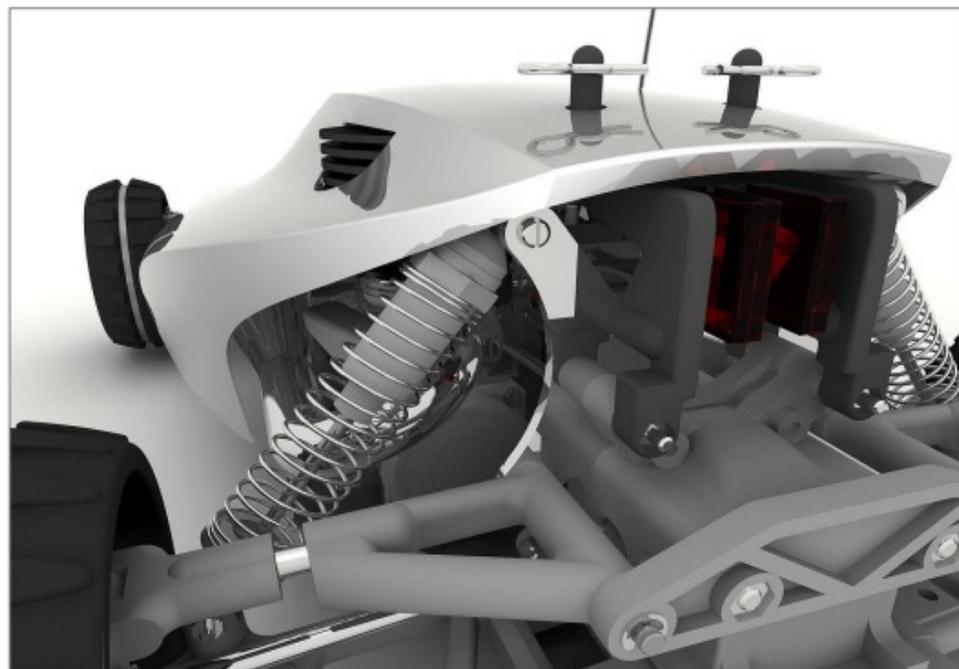
- Цифровая копия физического объекта или процесса, помогающая оптимизировать эффективность бизнеса. (*Wikipedia*)
- виртуальный прототип реального физического изделия, группы изделий или процесса.

Цифровая тень – система связей и зависимостей, описывающих поведение реального объекта.

Цифровой след – данные, отражающие какой-либо параметр или характеристику объекта.

Оценка возможностей производства

Цифровые модели / Двойники в производстве

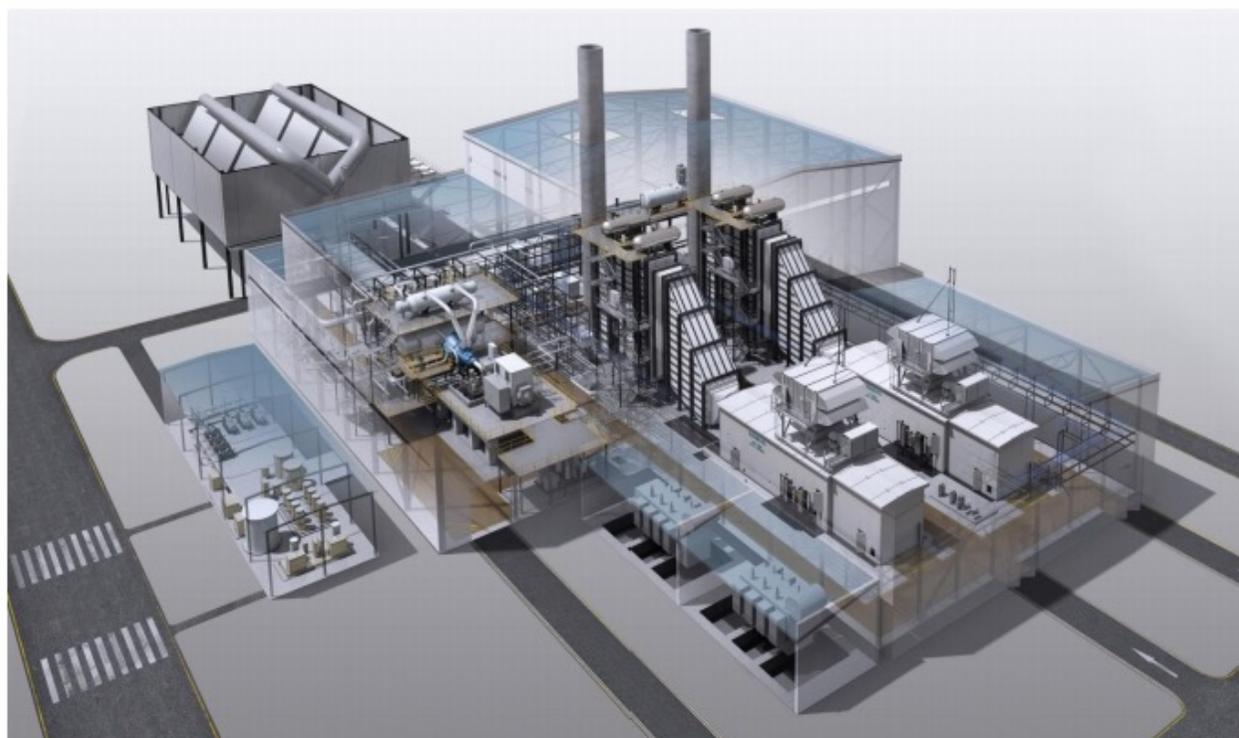


Цифровая модель / двойник - виртуальный прототип реального физического изделия, группы изделий или процесса

Оценка возможностей производства

Цифровая модель производства

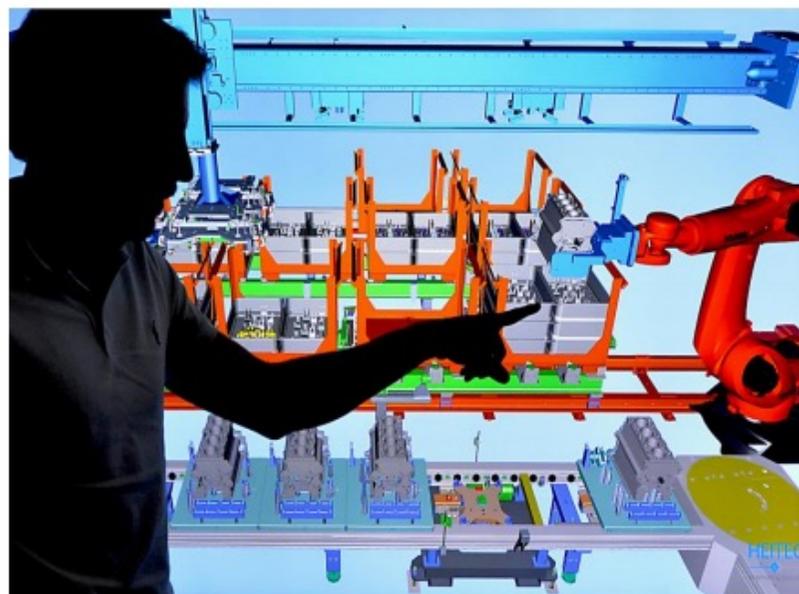
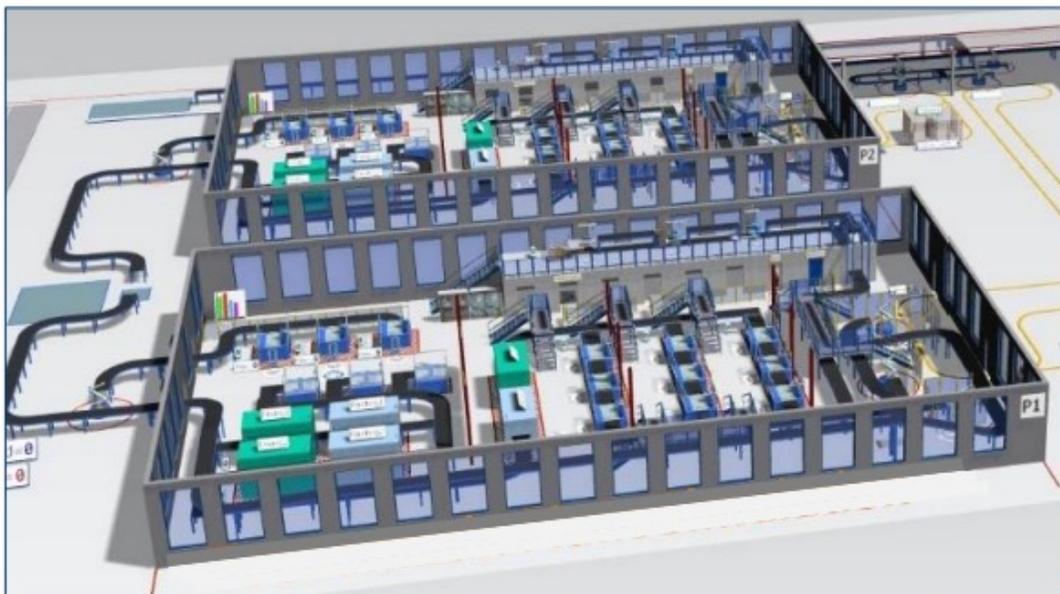
Цифровая модель производства - виртуальный прототип реального или проектируемого производства



Оценка возможностей производства

Цифровая имитационная модель производства

Цифровая имитационная модель производства – цифровая модель реального или проектируемого производства с учётом функциональных особенностей производства. Цель разработки цифровой модели – оценка и оптимизация возможностей и характеристик производства.



Оценка возможностей производства

Задача производства и связанные с ней вопросы



На большинстве предприятий оценка возможностей производства и расчёт потребности в оборудовании ведется по суммарной станкоёмкости операций, приходящихся на единицу / группу однотипного оборудования (ОНТП 14-96 «Отраслевые нормы технологического проектирования предприятий автомобильной промышленности. Механообрабатывающие цехи.»):

... для оборудования не в составе поточной линии:

$$O_p = \frac{C}{\Phi_s},$$

где
 O_p - расчетное количество оборудования;
 C - станкоёмкость обработки деталей по данной группе оборудования на годовую программу, ст. ч;
 Φ_s - эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч (принимается по отраслевым нормативам фондов времени работы оборудования ОНТП 15-93)

... для оборудования в составе поточной линии:

$$O'_p = \frac{t_{штк}}{\tau},$$

где
 O'_p - расчетное количество оборудования;
 $t_{штк}$ - штучно-калькуляционное время на операцию, мин;
 τ - такт выпуска деталей с линии, мин.

$$t_{штк} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{N} + t_{ожид}$$

где
 $t_{шт}$ - штучное время, мин.
 $t_{пз}$ - подготовительно-заключительное время, мин.
 N - количество ДСЕ в партии, шт.
 $t_{ожид}$ - ожидания, мин.

Расчет потребности в оборудовании по ОНТП 14-96

Что не так с оценкой возможностей производства по суммарной станкоёмкости?



Не учитывается время ожидания в очереди перед станками (непредсказуемость времени и очередности поступления ДСЕ на операцию в рамках обычных расчетных методов из-за пересечений / наложений техпроцессов изготовления ДСЕ)



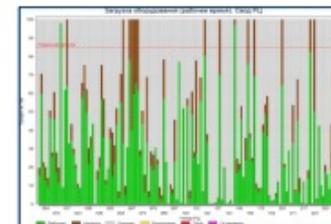
Не учитывается корректно время переналадки (для расчета потребности в оборудовании используется либо Тмаш, либо Тштк, что не позволяет корректно оценивать количество и продолжительность переналадок)



Для определения потребности во вспомогательном оборудовании используются коэффициенты (5...30% от количества основного технологического оборудования)



Переоценка возможностей существующего оборудования (например, при необходимости обрабатывать значительное количество ДСЕ в сжатые сроки на отдельных группах оборудования)



Невозможность выполнения изначально заложенных показателей производства



Потребность в дополнительных инвестициях



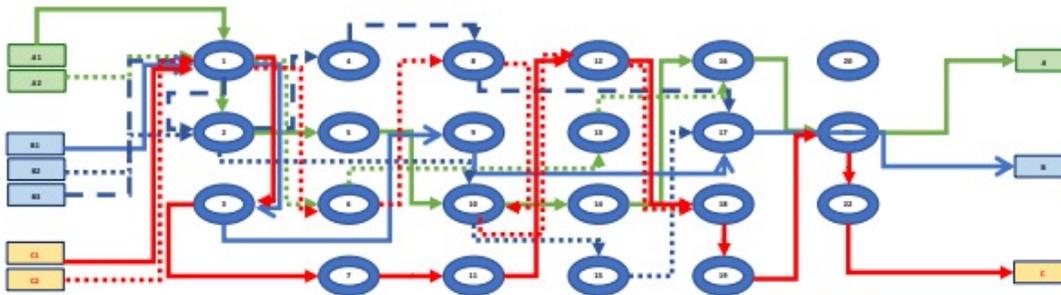
По статистике реализованных проектов, **ошибка** определения количества необходимого оборудования (в том числе и дополнительного) при расчёте по суммарной станкоёмкости может достигать **до 50-100% от реальных потребностей!**

Расчётные возможности производства по станкоёмкости **практически всегда завышают реальные возможности.**

Расчет потребности в оборудовании по ОНТП 14-96

Пример оценки возможностей производства по станкоемкости

Объект – механосборочный цех. 22 единицы оборудования
 Режим работы: 11 ед. оборудования – в 1 смену, 11 ед. – в 2 смены
 Производственный план в месяц, шт.: изделие А – 150, В – 100, С – 500
 Задача - оценить возможности производства по выполнению ежемесячного плана



Загрузка оборудования, %, при партии 50 шт.

Оборудование	Кол-во смен	Количество рабочих дней				
		22	23	25	27	30
1 Ножовка механическая	1	99%	94%	87%	80%	72%
2 Универсальный токарный станок	2	45%	43%	39%	36%	33%
3 Универсальный токарный станок	2	95%	91%	83%	77%	69%
4 Фрезерный станок универсальный	2	46%	44%	41%	38%	34%
5 Фрезерный станок с ЧПУ	2	28%	27%	25%	23%	21%
6 Универсальный токарный станок	1	97%	92%	85%	79%	71%
7 Универсальный токарный станок	2	55%	53%	48%	45%	40%
8 Фрезерный станок с ЧПУ	2	70%	67%	61%	57%	51%
9 Фрезерный обрабатывающий центр с	2	58%	56%	51%	47%	43%
10 Токарный станок с ЧПУ	1	98%	94%	87%	80%	72%
11 Токарный станок с ЧПУ	2	76%	73%	67%	62%	56%
12 Хонинговальный станок	1	92%	88%	81%	75%	67%
13 Глобо шлифовальный станок	1	57%	55%	50%	47%	42%
14 Электроэрозионный станок	1	54%	52%	48%	44%	40%
15 Электроэрозионный станок	1	38%	37%	34%	31%	28%
16 Сборочный стенд 1	1	25%	24%	22%	20%	18%
17 Сборочный стенд 2	2	60%	58%	53%	49%	44%
18 Сборочный стенд 3	1	91%	87%	80%	74%	67%
19 Верстак слесарный	1	77%	74%	68%	63%	56%
20 Верстак слесарный	1	0%	0%	0%	0%	0%
21 Термическое отделение	2	89%	85%	78%	73%	65%
22 Гальваническое отделение	2	79%	76%	70%	64%	58%
Кол-во ед. оборудования с загрузкой > 90 %		6	4	0	0	0
Средняя загрузка оборудования, %		65%	62%	57%	53%	48%

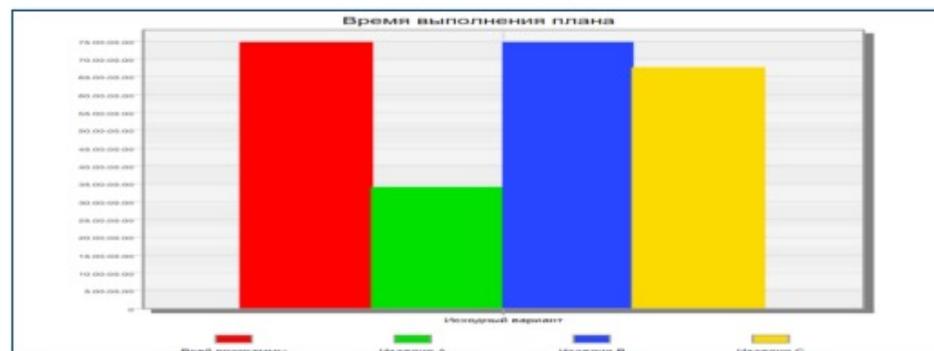
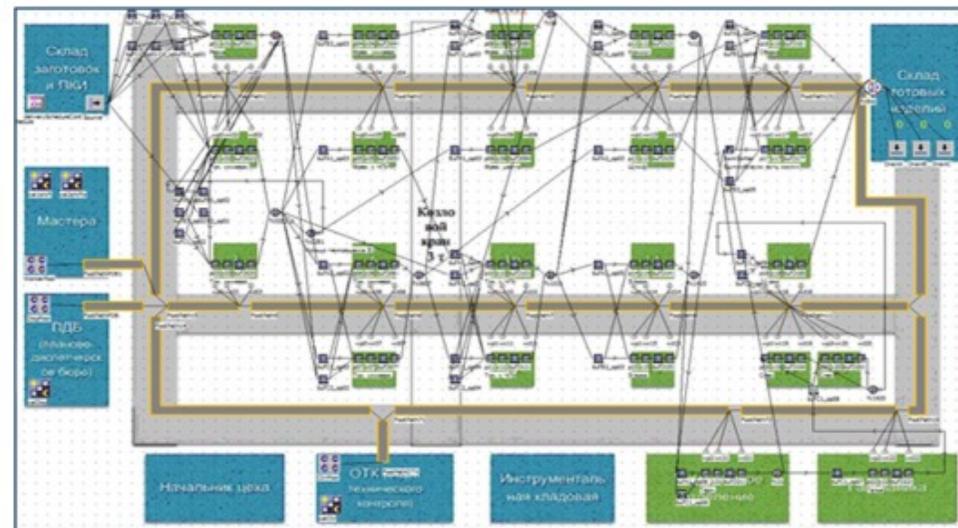
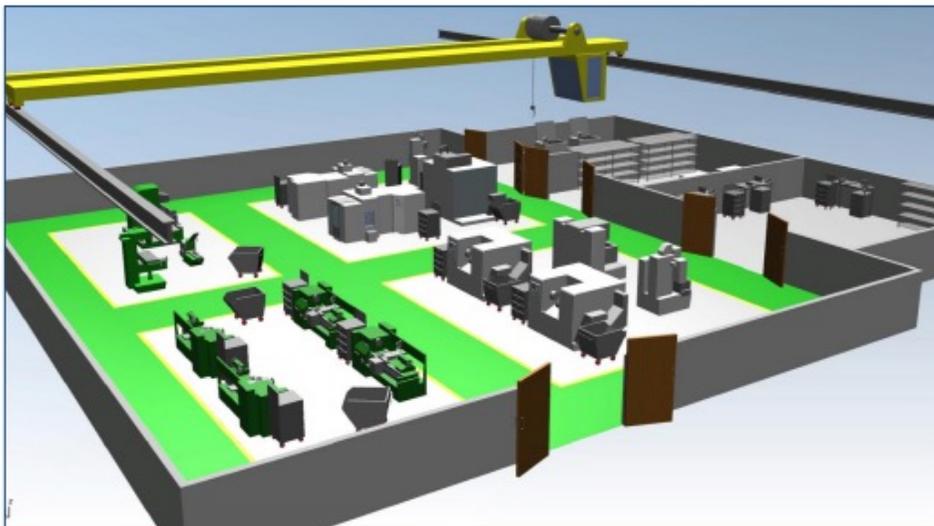
Расчёт трудоёмкости и загрузки оборудования механосборочного цеха

№ по плану	Наименование оборудования	Модель	Вид операции	Кол-во смен	Загрузка оборудования			Изделие А			Изделие В			Изделие С													
					Трудоёмкость, чел.ч	Т. загрузка, чел.ч/мес	И. загрузка, чел.ч/мес	План по А 150			План по В 100			План по С 500													
					Т	Т	И	Д.Д. 150	Д.Д. 300	Д.Д. 600	Д.Д. 100	Д.Д. 300	Д.Д. 500	Д.Д. 500	Д.Д. 500												
1	Ножовка механическая	BE72	Резка металла	1	176	173,7	99%	5	1	3	5	1	4	5	2	4	4	1	4	5	1	1	4	1	3		
2	Универсальный токарный станок	18K20	Токарные	2	352	157,2	45%	30	2	35				15	3	15											
3	Универсальный токарный станок	18K20	Токарные	2	352	333,6	95%																				
4	Фрезерный станок универсальный	Stalex LM1450	Фрезерные	2	352	162,5	46%																				
5	Фрезерный станок с ЧПУ	CompuMil HMC-410	Фрезерные	2	352	98,5	28%	120	25	12																	
6	Универсальный токарный станок	ROMI C620	Токарные	1	176	170,1	97%																				
7	Универсальный токарный станок	ROMI C620	Токарные	2	352	193,8	55%																				
8	Фрезерный станок с ЧПУ	CompuMil HMC-410	Фрезерные	2	352	246,0	70%																				
9	Фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ	Fadal VMC 4020	Фрезерные	2	352	205,0	58%																				
10	Токарный станок с ЧПУ	ROMI G30	Токарные	1	176	173,3	98%	20	5	12																	
11	Токарный станок с ЧПУ	ROMI G30	Токарные	2	352	268,5	76%																				
12	Хонинговальный станок	SET 300 YUM	Полеровальные	1	176	161,2	92%																				
13	Глобо шлифовальный станок	BE722	Шлифовальные	1	176	100,7	57%																				
14	Электроэрозионный станок	ACQ400L	Электроэрозионные	1	176	95,5	54%	10	3	35																	
15	Электроэрозионный станок	K3BL	Электроэрозионные	1	176	67,2	38%																				
16	Электроэрозионный станок	K3BL	Электроэрозионные	1	176	43,8	25%	5	2	15	0,1	0,1	0,1														
17	Сборочный стенд 1	СТ-5	Сборочные	2	352	212,3	60%																				
18	Сборочный стенд 2	СТ-5	Сборочные	1	176	160,9	91%																				
19	Сборочный стенд 3	СТ-5	Сборочные	1	176	135,4	77%																				
20	Верстак слесарный	В-74-96Б	Слесарские	1	176	0,0	0%																				
21	Верстак слесарный	В-74-96Б	Слесарские	1	176	0,0	0%																				
22	Термическое отделение	Н40-80А	Термообработка	2	352	313,7	89%	1	1	20	0,1	0,1	0,1														
22	Гальваническое отделение	ГВП-10	Гальванические	2	352	278,4	79%																				
					Параметры загрузки	50																					

- ВЫВОДЫ:**
1. ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНА В ТЕЧЕНИЕ МЕСЯЦА ПРИ ЗАДАННЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ВОЗМОЖНО
 2. При 22 р/д и установленной сменности, 6-ть единиц оборудования имеют загрузку в пределах 91 ÷ 99% от фонда рабочего времени
 3. Снизить риски невыполнения плана из-за чрезмерно высоких значений OEE для отдельных групп оборудования возможно за счёт дополнительных рабочих смен и перераспределения работ по однотипному оборудованию

Расчет потребности в оборудовании по ОНТП 14-96

Пример оценки возможностей производства по станкочемкости



Выводы:

1. **ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНА В ТЕЧЕНИЕ МЕСЯЦА ПРИ ЗАДАНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ НЕВОЗМОЖНО**
2. Расчетное время выполнения производственного плана составляет 54 календарных дней
3. Требуется реализация мероприятий по изменению фонда работы времени оборудования
4. Требуется добавление 1 ед. оборудования для выполнения производственного плана в течение месяца

Имитационное моделирование производства

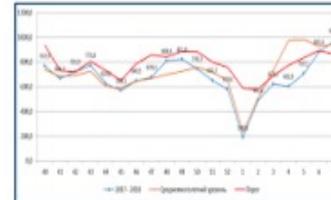
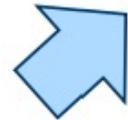
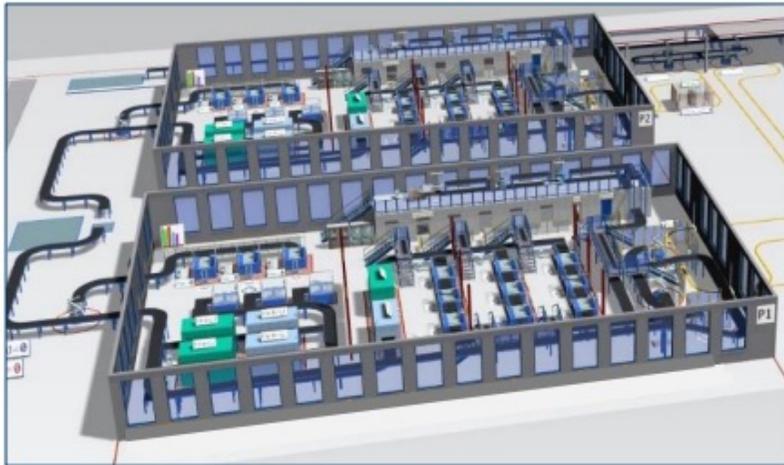
Факторы, учитываемый при имитационном моделировании



Имитационное моделирование производства

Результаты имитационного моделирования

Имитационная модель производства



Оценка выполнения плана
на существующих
мощностях



Инвестиционный план для
выполнения
производственной
программы



Оптимальные для
выполнения программы
размеры партий



Оптимальное время
запуска партий в
производство

Имитационное моделирование производства

Этап 1 – Подготовка исходных данных



Получение данных от Заказчика или сбор и проверка достоверности данных силами Исполнителя.
Предварительная проверка данных на достоверность и целостность.



Перевод в электронный вид, пригодный для использования в модели

ПРОТОКОЛ	
№	_____
Дата составления	_____
Место составления	_____
Исполнитель	_____
Заказчик	_____
Результаты проверки и оценки рисков	_____
Подпись	_____

Согласование правил моделирования (являются списком упрощений, которые будут присущи создаваемой модели):

- как определяется очередность поступления партий в обработку при наличии очереди перед оборудованием / рабочим местом
- как моделируются технологические операции
- учитываются ли альтернативные маршруты движения
- каков предельный коэффициент загрузки оборудования

Имитационное моделирование производства

Этап 2 – Создание базовой версии модели



Импорт подготовленных данных в модель



Проверка целостности и корректности данных

- все моделируемые ДСЕ имеют техпроцессы
- все моделируемые группы оборудования упомянуты в моделируемых операциях
- все моделируемые операции осуществляются на моделируемом оборудовании
- отсутствие оборудования с одинаковыми инв. номерами
- отсутствие операций с одинаковыми идентификаторами



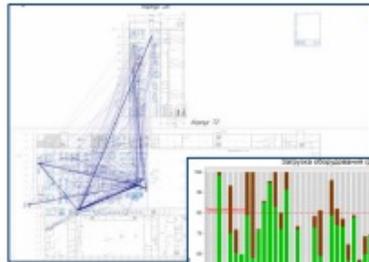
Прогон базовой версии с исходными предположениями

- количество и режим работы оборудования – фактический
- полная обеспеченность заготовками и персоналом
- запуск всей программы выпуска в полном объеме в начале каждого 30-тидневного периода на протяжении всего времени симуляции
- предельный размер партий одинаков для всех ДСЕ и составляет 10 ед. в партии
- до начала оценки времени выполнения производственной программы в модели создаются входящие очереди к оборудованию (так называемый «период разогрева» модели)

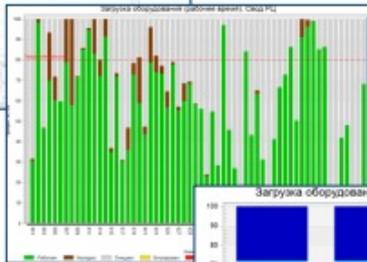
Имитационное моделирование производства

Этап 2 – Создание базовой версии модели: результаты

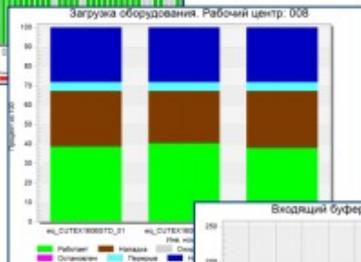
На данном этапе модель позволяет получить на выходе следующую информацию



Визуализацию маршрутов движения ДСЕ



Оценку степени (коэффициента) загрузки групп оборудования, исходя из структуры времен и фактических режимов работы



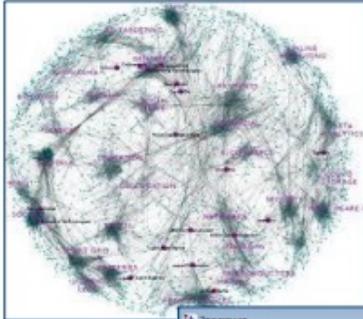
Оценку степени (коэффициента) загрузки отдельных единиц оборудования внутри заданной группы



Оценку продолжительности «периода разогрева» для дальнейшего использования при оптимизации

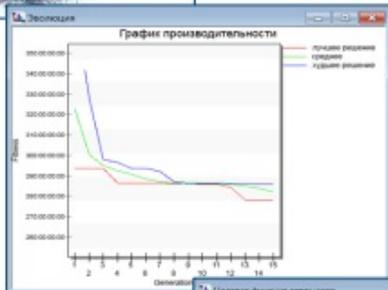
Имитационное моделирование производства

Этап 3 – Оптимизация размеров партий

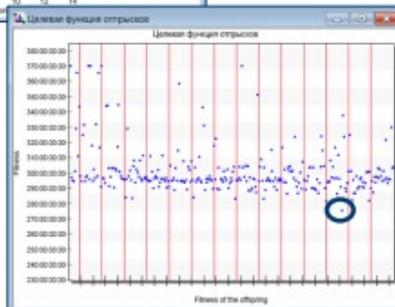


Оптимизация предельного размера партий для каждой ДСЕ в модели проводится с помощью генетических алгоритмов

Решение, найденное с использованием генетических алгоритмов, определено лучше базового варианта, но при этом может не являться наилучшим из всех возможных, поскольку задача оптимизации в данном случае имеет огромное количество возможных сочетаний исходных параметров, из-за чего, с одной стороны, простыми расчётными методами не может быть получено наилучшее решение, а с другой стороны, – перебор всех возможных вариантов не может быть осуществлен за приемлемое время.



Задачей является нахождение таких предельных размеров партий, при соблюдении которых достигается минимальное время выполнения производственной программы.



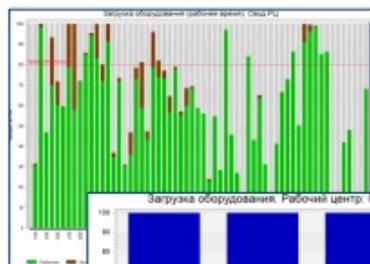
В ходе поиска решения анализируется большое количество вариантов (200-400), из которых выбирается тот, который продемонстрировал наилучшее время выполнения производственной программы.

В дальнейшем при оптимизации используется именно этот набор предельных размеров партий.

Имитационное моделирование производства

Этап 4 – Расчет потребности в оборудовании

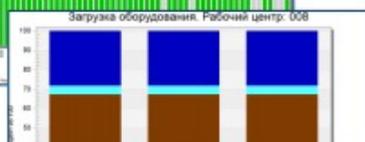
Расчет потребности в оборудовании базируется на последовательном определении и ликвидации «узких мест»



«Узкие места» определяются как группы оборудования, коэффициент загрузки которых превышает предельное значение (как правило, 75 - 80%)

Можно выделить два типа «узких мест»:

- оборудование перегружено и не справляется с месячным объемом работы (при этом максимальный размер очереди имеет тенденцию к росту)
- оборудование перегружено, но справляется с месячным объемом работы



«Узкое место» любого типа ставит под угрозу выполнение плана по причине:
(а) невозможности обеспечить в реальных условиях столь высокое значение коэффициента загрузки;
(б) увеличения суммарной продолжительности цикла производства готовой продукции из-за долгого времени ожидания обработки;

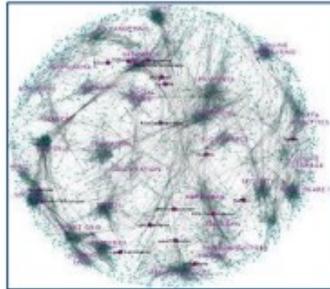


Последовательность шагов по ликвидации «узких мест»:

- максимально возможное задействование резервов рабочего времени:
 - переход с 1-сменного на 2-сменный режим работы (5 дней в неделю)
 - переход с 2-сменного на 3-сменный режим работы (5 дней в неделю)
- увеличение доступного количества оборудования (добавление оборудования, аналогичного существующему) при сохранении 3-хсменного режима работы

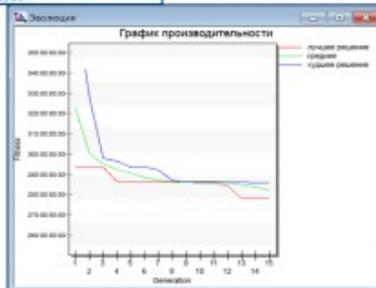
Имитационное моделирование производства

Этап 5 – Оптимизация времени запуска партий в производство

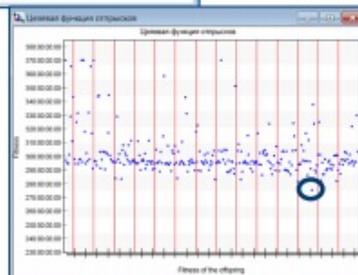


Оптимизация времени запуска производится для каждой партии с помощью генетических алгоритмов аналогично этапу 3

Решение, найденное с использованием генетических алгоритмов, определено лучше базового варианта, но при этом может не являться наилучшим из всех возможных, поскольку задача оптимизации в данном случае имеет огромное количество возможных сочетаний исходных параметров, из-за чего, с одной стороны, простыми расчётными методами не может быть получено наилучшее решение, а с другой стороны, – перебор всех возможных вариантов не может быть осуществлен за приемлемое время



Задачей является нахождение таких времён запуска партий, при которых достигается минимальное время выполнения производственной программы



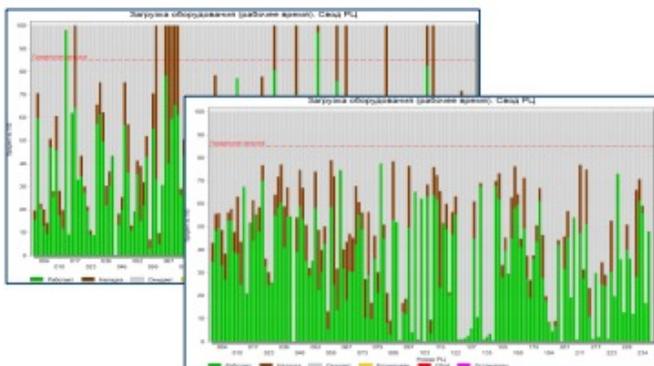
В ходе поиска решения анализируется большое количество вариантов (200-400), из которых выбирается тот, который продемонстрировал наилучшее время выполнения производственной программы

Имитационное моделирование производства

Этап 6 – Получение окончательных результатов

В состав итоговых материалов входят:

Шаг	Описание	Метрики модели	
		Время выполнения Целевого плана, к/д	Выполнение плана по ДСЕ за 30 дней
0.	Исходное состояние объекта	95 дней 15 часов	60,5%



Оценка возможных объемов производства на существующих мощностях;

Определение последовательности «узких мест» и оценка влияния их «расшивки» на пропускную способность производства;

Оценка необходимых ресурсов (в т.ч. дополнительного оборудования, операторов, контролёров, логистических мощностей) для выполнения производственных планов.

Оценка инвестиционной окупаемости приобретаемого дополнительного оборудования.

Имитационное моделирование производства

Этап 6 – Получение окончательных результатов (продолжение)

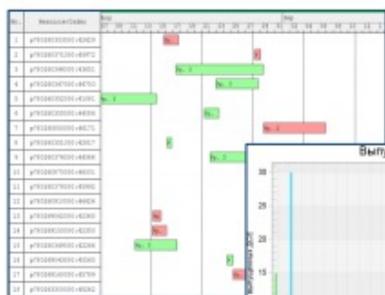
В состав итоговых материалов входят:

Код ДСЕ	Количество	День	Время	Код ДСЕ	Общая выпущенное количество	День	Время	Код ДСЕ	Общая выпущенное количество	День	Время
78014172901	5	1	00:00:00.0000	78014137002	10	11	12:09:36.1200	78014137002	10	20	10:00:00.0000
780141377002	10	1	00:39:28.5800	780141377002	10	11	12:50:26.8400	780141402003	15	20	11:59:43.3200
780141377002	10	1	01:06:06.7800	780141377002	10	11	12:16:04.0800	780141377002	40	20	12:00:00.0000

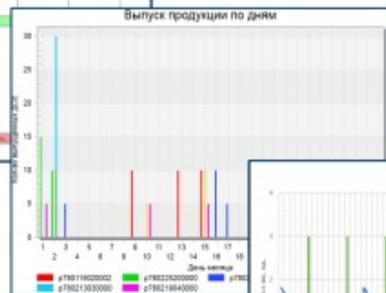
данные о времени запуска деталей в производство и размерах партий;

№.	Resource/Order	Jan			Feb			Mar			Apr			May			Jun			Jul			Aug			Sep																
		0	9	15	21	27	03	09	14	20	26	04	10	16	22	28	03	09	15	21	27	03	09	15	21	27	02	08	14	20	26	02	08	14	20	26	01	07	13	19	25	31
1	СУТЕХ160ВМС_01	[Gantt chart showing production cycles across months]																																								

циклограммы работы оборудования;



циклограммы производства готовой продукции;



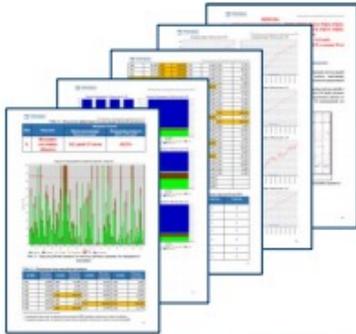
данные о выходе готовой продукции из производства в течение месяца;



графики отгрузки готовой продукции и объём остатков продукции на складе.

Имитационное моделирование производства

Состав материалов, передаваемых клиенту



Отчет по результатам моделирования с описанием возможностей существующего производства, результатов расчетов, последовательностью шагов по достижению выполнения производственного плана и данными об оптимальных размерах партий и временах запуска в производство

Файл с моделью (ограниченная лицензия для просмотра):

- работоспособность всех алгоритмов
- работоспособность части элементов управления
- возможность самостоятельной оценки сценариев «что если»
- без возможности сохранения внесенных изменений



Руководство по использованию с описанием возможностей и порядка работы с клиентской версией файла

ВАЖНО

Причины проблем при оценке пропускной способности производства:

- не информированность руководства предприятий о сложностях в определении пропускной способности производства;
- не распространённость применения программ имитационного моделирования среди предприятий, управляющих, консалтинговых и инжиниринговых компаний, отсутствие специалистов;
- отсутствие у предприятий исходных данных, необходимых для оценки пропускной способности.

Реализованный проект по наращиванию объема производства цеха окончательной сборки

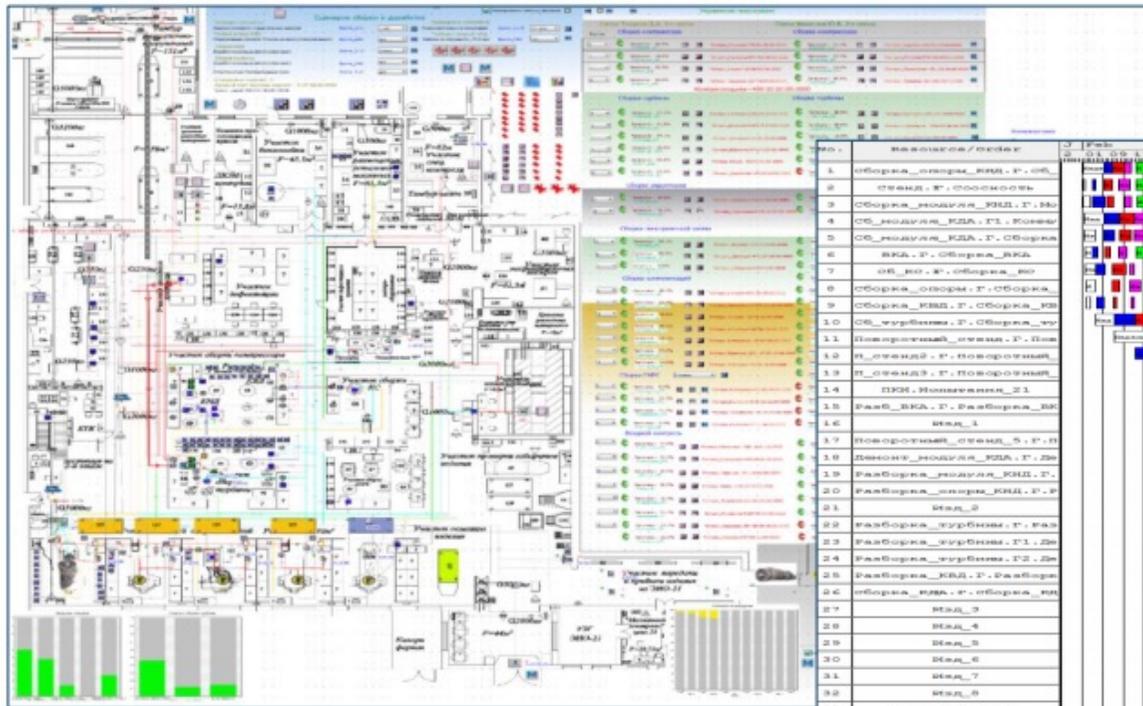
Цели проекта:

- Определить максимальную пропускную способность производства;
- Разработать мероприятия по наращиванию объемов производства в 2 раза.

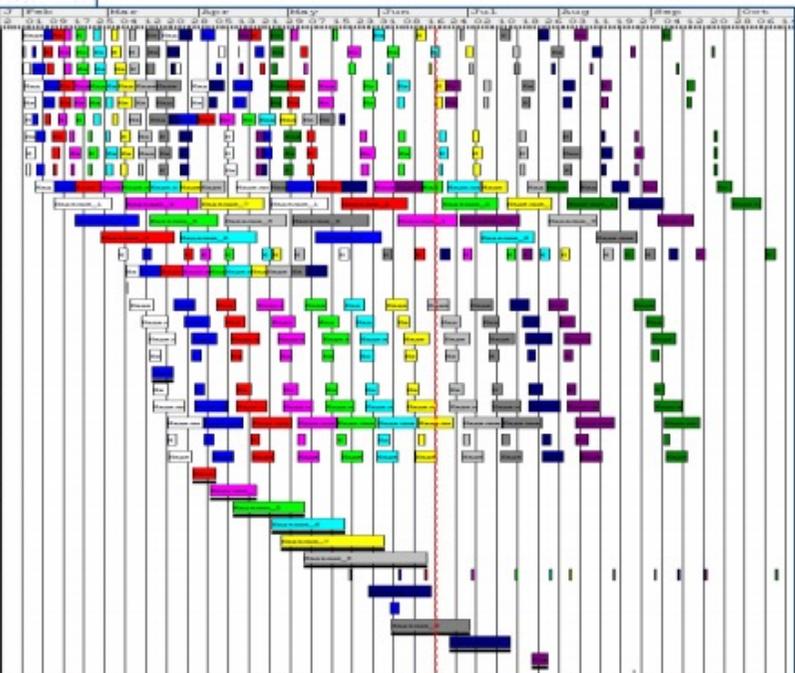
Имитационное моделирование производства

Оценка пропускной способности производства

Имитационная модель сборочного производства



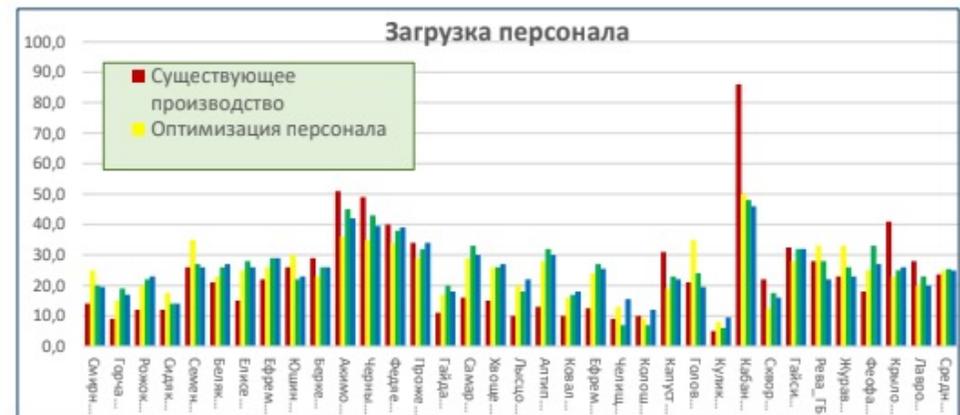
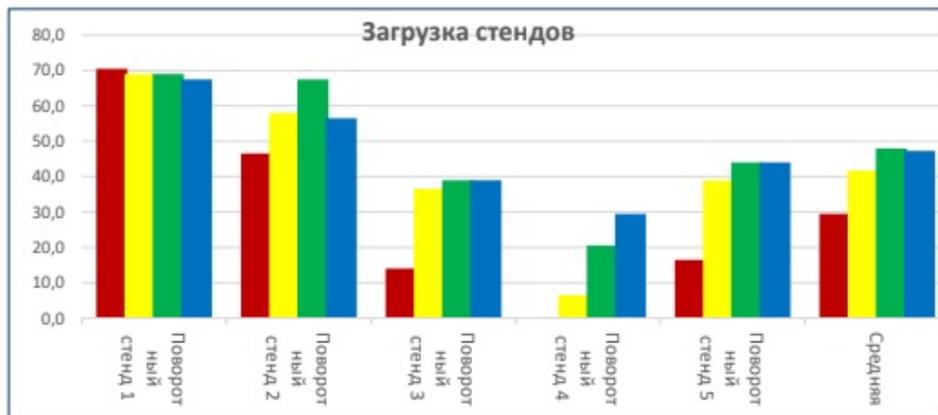
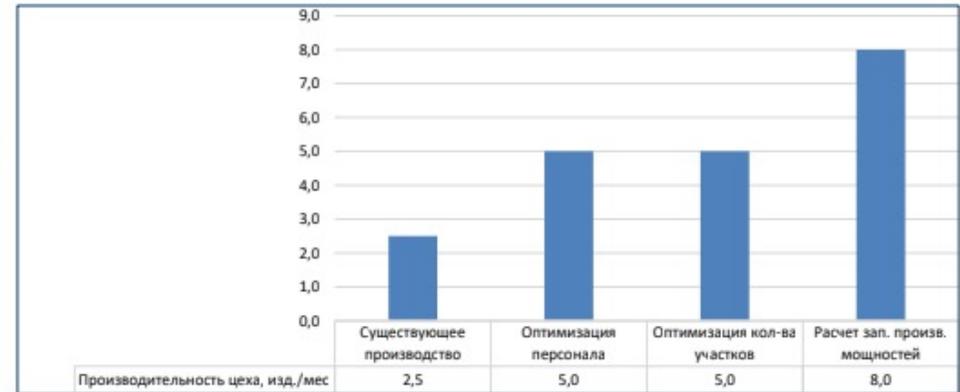
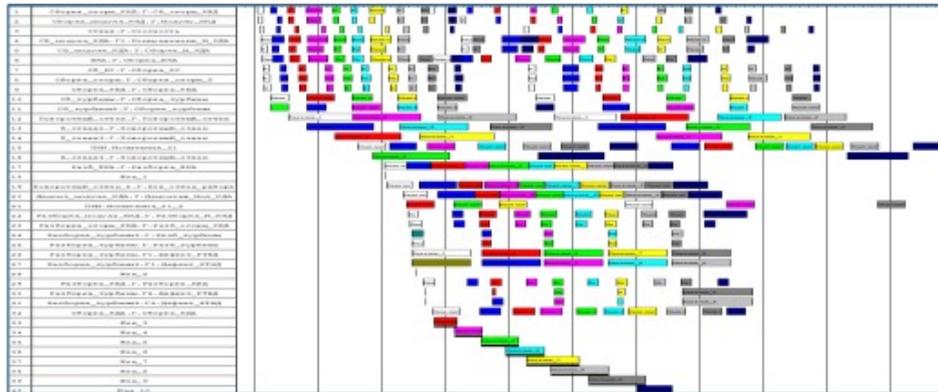
Циклограмма производства на существующих мощностях



Имитационное моделирование производства

Оценка пропускной способности производства

Показатели производства после оптимизации мощностей



Реализованный проект по наращиванию объема производства механосборочного цеха

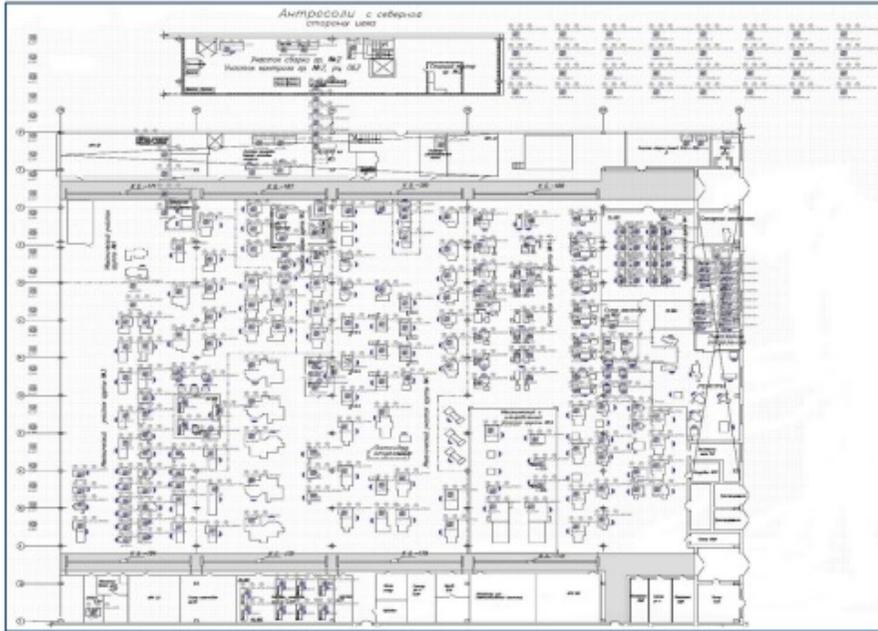
Цели проекта:

- Определить максимальную пропускную способность производства;
- Разработать мероприятия по наращиванию объемов производства в 2,5 раза.

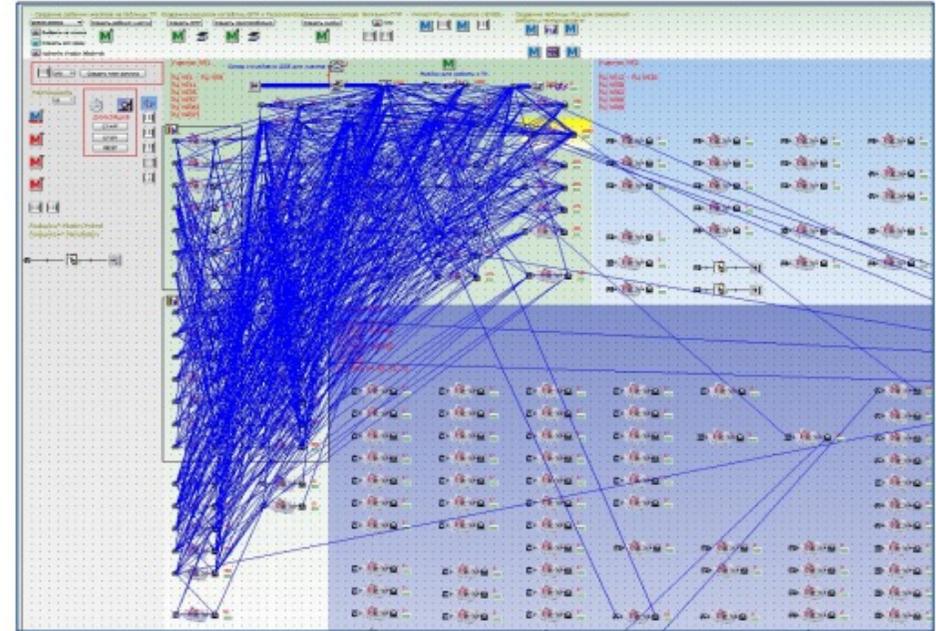
Имитационное моделирование производства

Примеры реализованных проектов

Вид модели



Планировка цеха

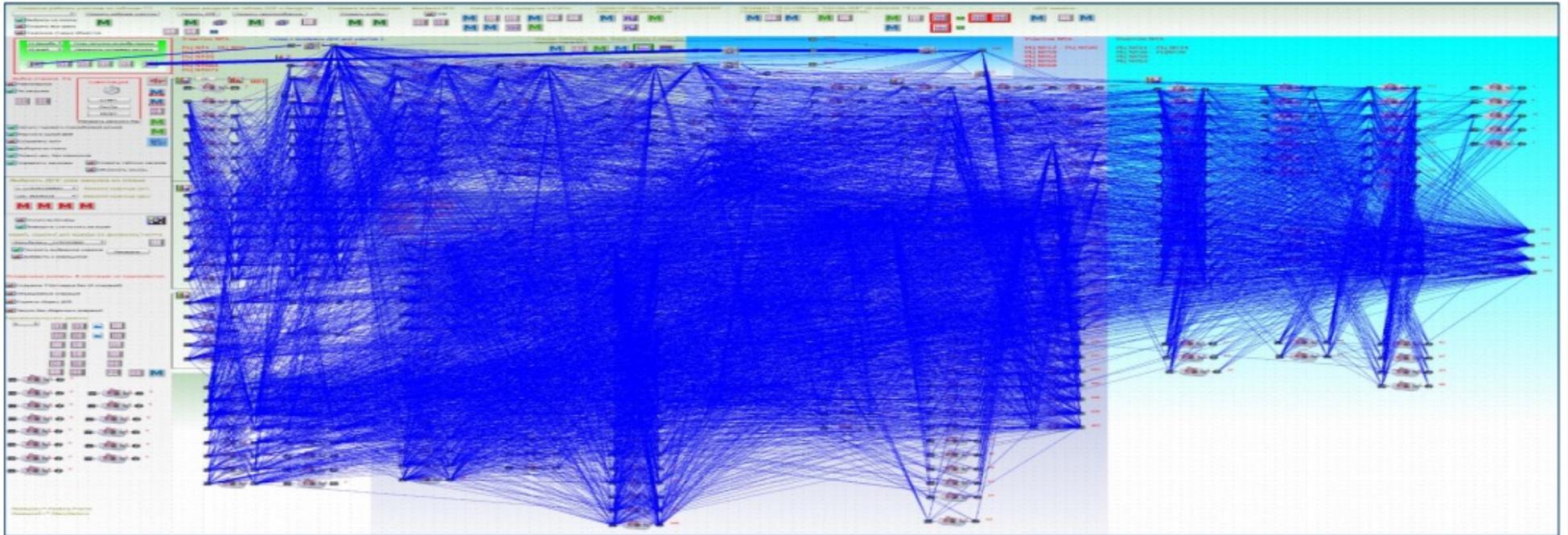


Технологические маршруты на 1-ом участке цеха

Имитационное моделирование производства

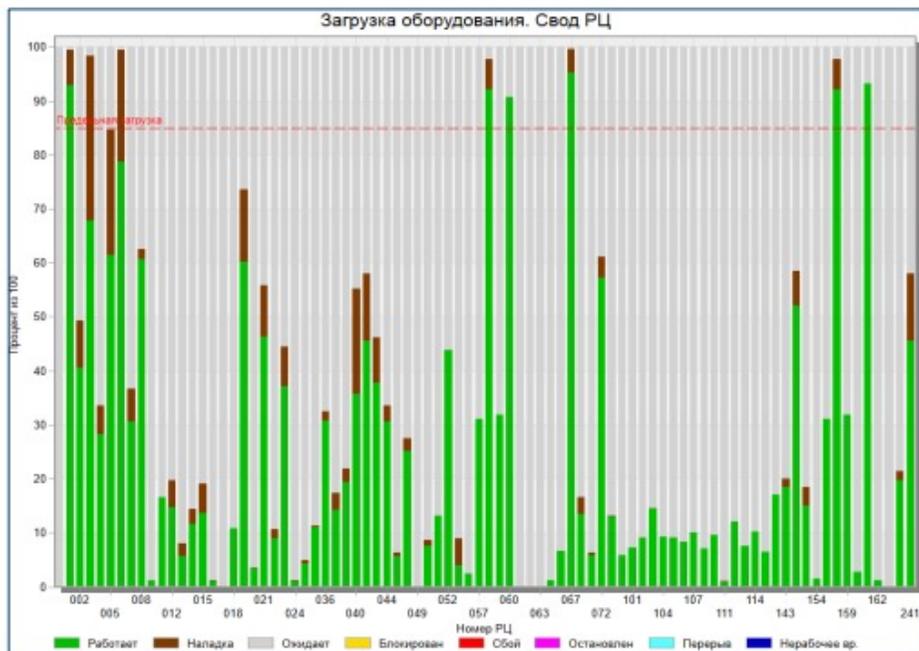
Оценка пропускной способности производства

Объект –	Механосборочный цех, 1 участок, 47 единиц оборудования
ДСЕ -	370 (всего в цехе 560)
Технологические операции, ед.:	2550 (всего в цехе > 13 500)
Задача -	оценить возможности производства по выполнению ежемесячного плана



Имитационное моделирование производства

Исходное состояние модели цеха. Режим работы 7 x 24



Исходная загрузка РЦ цеха. УЗ - 8

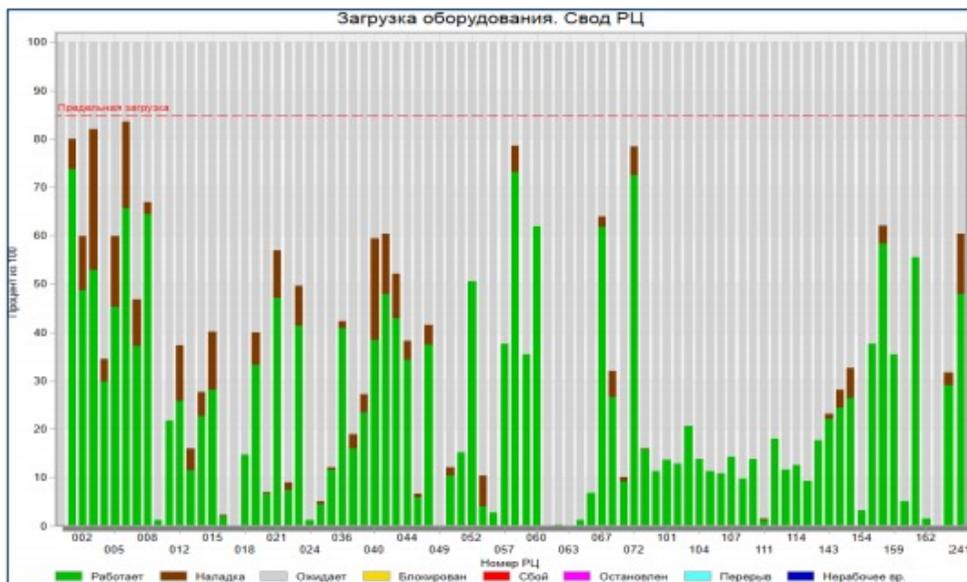
Исходная загрузка РЦ цеха

№ РЦ	Коеф-т загрузки	№ РЦ	Коеф-т загрузки	№ РЦ	Коеф-т загрузки	№ РЦ	Коеф-т загрузки
001	99,5%	023	44,4%	059	31,9%	110	9,6%
002	49,3%	024	1,1%	060	90,7%	111	1,0%
003	98,3%	025	4,9%	061	0,0%	112	12,1%
004	33,6%	035	11,3%	062	0,1%	113	7,5%
005	84,6%	036	32,4%	063	0,0%	114	10,2%
006	99,5%	037	17,3%	064	1,2%	115	6,5%
007	36,7%	038	21,8%	066	6,6%	141	17,1%
008	62,6%	040	55,3%	067	99,6%	143	20,0%
009	1,2%	041	58,0%	068	16,5%	144	58,5%
011	16,5%	043	46,2%	071	6,2%	14A	18,5%
012	19,8%	044	33,5%	072	61,1%	154	1,5%
013	7,9%	046	6,2%	073	13,1%	157	31,1%
014	14,4%	048	27,4%	100	5,8%	158 (058)	97,6%
015	19,1%	049	0,1%	101	7,3%	159	31,9%
016	1,2%	050	8,6%	102	9,1%	160	2,6%
017	0,0%	051	13,2%	103	14,5%	161	93,1%
018	10,8%	052	43,9%	104	9,3%	162	1,2%
019	73,6%	054	9,0%	105	9,1%	164	0,0%
020	3,4%	056	2,5%	106	8,3%	177	21,4%
021	55,8%	057	31,1%	107	10,1%	241 (041)	58,0%
022	10,7%	058	97,6%	109	7,1%		

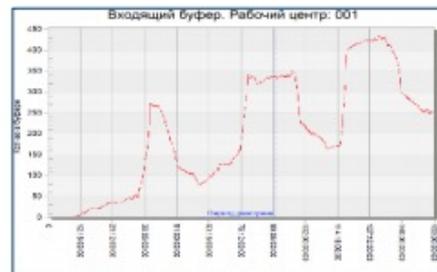
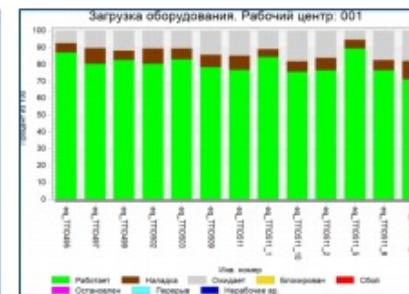
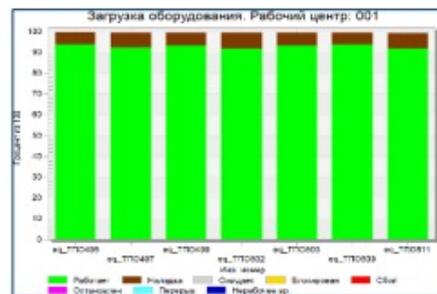
Шаг	Описание	Метрики модели	
		Время выполнения Целевого плана, к/д	Выполнение плана по ДСЕ за 30 дней
0.	Исходное состояние объекта	62 дня 12 часов	80,7%

Имитационное моделирование производства

Итоговое состояние модели цеха



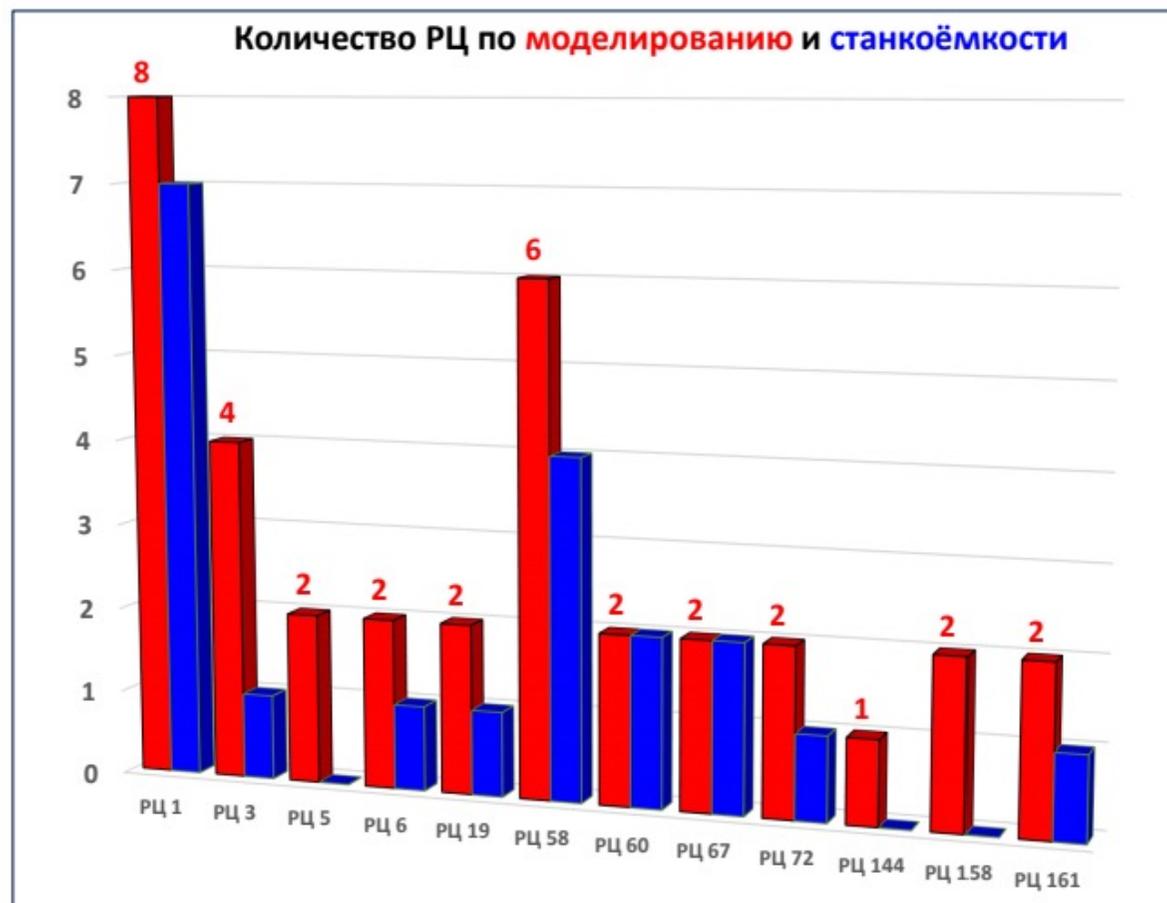
Итоговая загрузка РЦ цеха



Шаг	Описание	Метрики модели	
		Время выполнения Целевого плана, к/д	Выполнение плана по ДСЕ за 30 дней
16.	Состояние после оптимизации количества оборудования	30 дней 6 часов	99,8%
17.	Состояние после оптимизации времени запуска партий в производство	29 дней 23 часа	100,0%

Имитационное моделирование производства

Итоговое состояние модели цеха



Расчёты:

1. Кол-во необходимых дополнительных станков:
 - по станкоёмкости – 20;
 - по моделированию – 35.
2. При закупке 20 единиц дополнительного оборудования выполнение плана составит **64,5% (макс)**.

Имитационное моделирование производства

Влияние брака на пропускную способность цеха

Характеристики производства

Количество кодов готовых изделий	362
Количество ДСЕ, входящих в состав готовых изделий	770
Количество кодов ДСЕ с выявленным браком	51
Диапазон процента брака, % от запущенных в производство	от 0,5% до 70%

Задача: оценить влияние брака на показатели предприятия

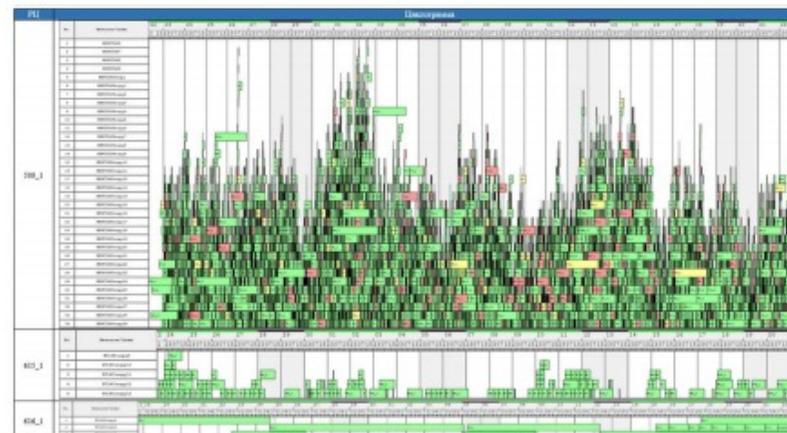
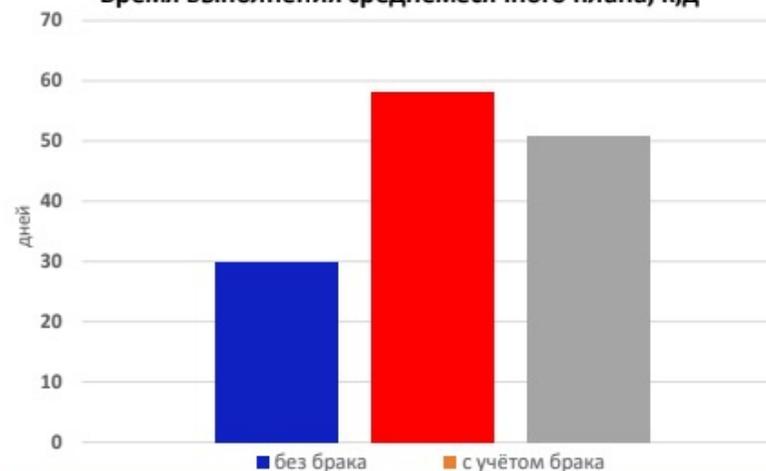
Протестированные варианты решения:

1. при обнаружении брака запускать в производство новые комплектующие на замену бракованных
2. увеличить план выпуска на расчётное количество бракованных ДСЕ.

Результат: наличие брака всего в 14% общего количества ДСЕ:

- увеличивает время выполнения производственного плана цеха больше чем в 1,7 раза;
- суммарные годовые финансовые потери предприятия составляют более 660 млн. руб. !!!

Время выполнения среднемесячного плана, к,д



Имитационное моделирование производства

Правила и требования к модели производственного процесса

Описание требований и характеристик	Модель
Цель создания модели	Оценить максимальную пропускную способность производства и разработать мероприятия по увеличению объемов производства
Объект моделирования	Производство – механосборочный цех АО «ххххххх»
Количество кодов готовых изделий	244
Количество ДСЕ, входящих в состав готовых изделий	1724
Количество технологических операций	48834
Определение Уз (Узких звеньев)	Да
Количество Уз	Все
Оценка влияния расшивки Уз на объемы производства	Да
Учет оборудования	Да
Учет технологических операций	Да
Учет сборочных операций	Да
Учет ОПР и наладчиков оборудования	Да
Учет ИТР – участников технологического процесса (контролеров)	Да
Учет режима работы оборудования (сменность)	Да
Учет ОПР – многостаночников	Да
Учет альтернативных технологических маршрутов	Да
Учет работы смежных цехов	Да
Учет выхода из цеха и возврата ДСЕ в цех для дальнейших операций	Да

Реализованный проект по наращиванию объема производства механосборочного цеха

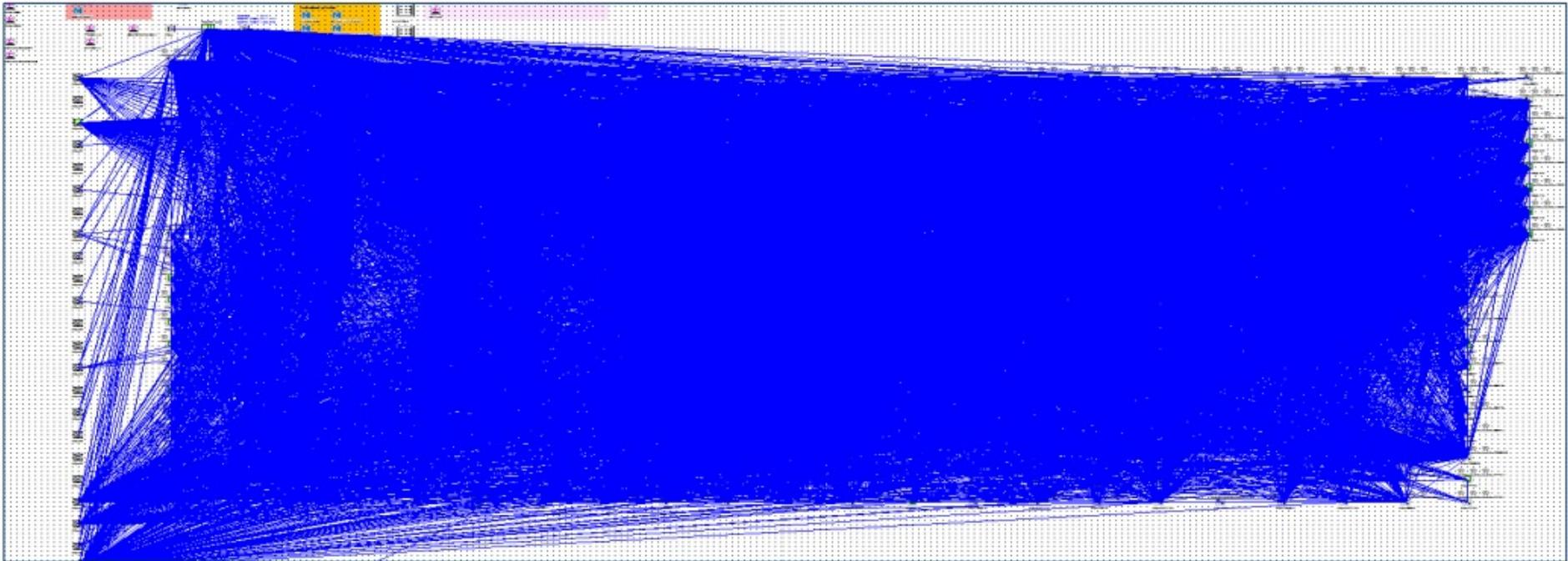
Цели проекта:

- Определить максимальную пропускную способность производства;
- Разработать мероприятия по наращиванию объемов производства в 2 раза.

Имитационное моделирование производства

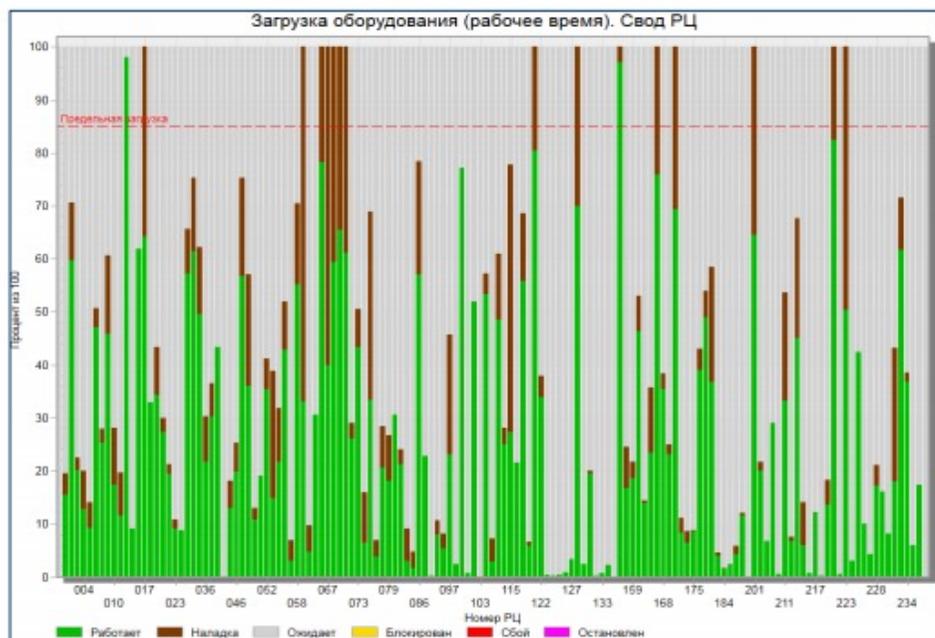
Вид модели

Объект –	Механосборочный цех, 7 участков, 380 единиц оборудования.
Коды ДСЕ -	244;
Технологические операции, ед.:	> 48 000;
Задача -	оценить возможности производства по выполнению ежемесячного плана



Имитационное моделирование производства

Исходное состояние модели цеха. Режим – как есть



Исходная загрузка РЦ цеха. УЗ - 16

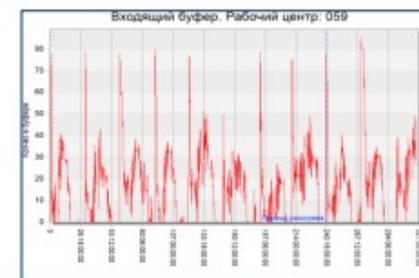
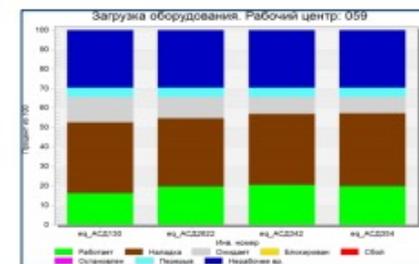
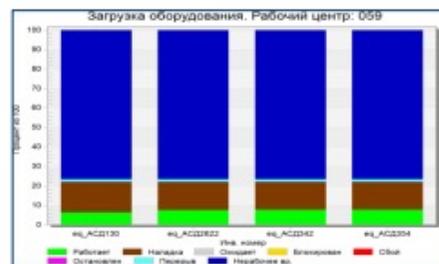
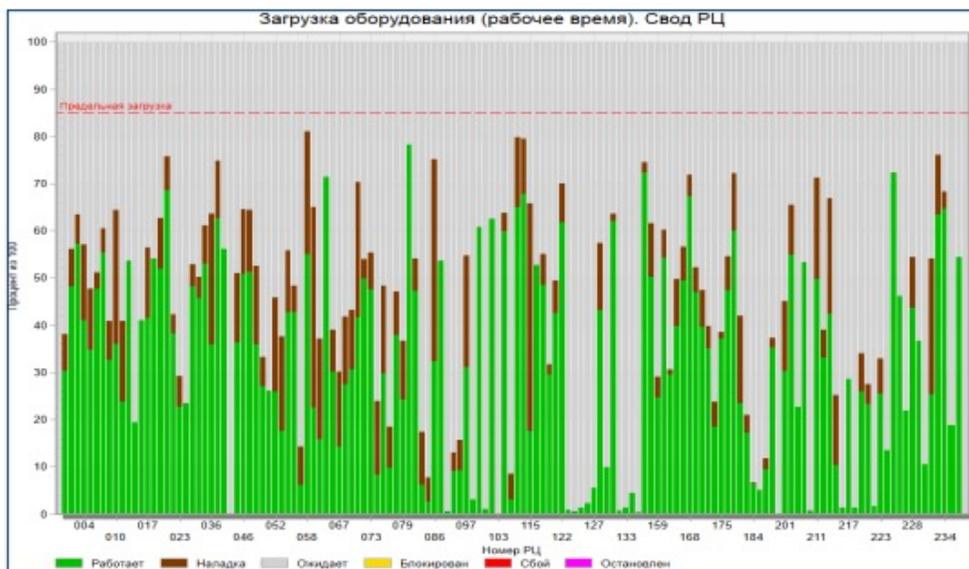
№ РЦ	Коеф-т загрузки						
001	19,6%	056	52,0%	113	28,2%	184	1,6%
002	70,6%	057	6,9%	115	77,8%	193	2,4%
003	22,5%	058	70,5%	117	21,6%	194	5,8%
004	20,1%	059	100,0%	118	68,6%	195	12,0%
005	14,0%	060	9,7%	119	6,7%	197	0,0%
006	50,7%	062	30,6%	121	100,0%	201	100,0%
008	28,0%	066	100,0%	122	37,9%	202	21,7%
009	60,6%	067	100,0%	123	0,4%	203	6,7%
010	28,1%	068	100,0%	124	0,2%	204	29,1%
011	19,7%	069	100,0%	125	0,4%	210	0,6%
013	98,1%	070	100,0%	126	0,9%	211	53,7%
014	9,1%	072	29,1%	127	3,4%	212	7,6%
015	61,8%	073	50,5%	128	100,0%	213	67,6%
017	100,0%	074	15,9%	130	2,4%	214	14,1%
018	33,0%	075	68,9%	131	20,0%	216	0,7%
019	43,3%	076	6,9%	132	0,2%	217	12,2%
020	29,9%	078	28,4%	133	0,7%	218	0,3%
022	21,3%	079	26,7%	134	2,3%	219	18,3%
023	10,9%	080	30,5%	155	0,1%	220	100,0%
024	8,7%	081	24,0%	156	100,0%	222	0,5%
030	65,6%	084	9,1%	157	24,5%	223	100,0%
031	75,3%	085	4,7%	159	21,7%	224	3,0%
033	62,2%	086	78,4%	160	53,0%	225	42,5%
036	30,3%	087	22,7%	165	14,5%	226	10,1%
037	36,6%	088	0,2%	166	35,8%	227	4,3%
038	43,4%	089	10,6%	167	100,0%	228	21,1%
040	0,0%	095	8,2%	168	38,5%	229	16,1%
045	18,2%	097	45,7%	169	25,1%	231	8,2%
046	25,3%	098	2,4%	170	100,0%	232	43,1%

Исходная загрузка РЦ цеха

Шаг	Описание	Метрики модели	
		Время выполнения Целевого плана, к/д	Выполнение плана по ДСЕ за 30 дней
0.	Исходное состояние объекта	141 день	60,5%

Имитационное моделирование производства

Итоговое состояние модели цеха. Режим до 7 x 24



Итоговая загрузка PC цеха

Шаг	Описание	Метрики модели	
		Время выполнения Целевого плана, к/д	Выполнение плана по ДСЕ за 30 дней
8.	Состояние после оптимизации количества оборудования	30 дней 9 часов	97,7%
9.	Состояние после оптимизации времени запуска партий в производство	29 дней 14 часов	100,0%

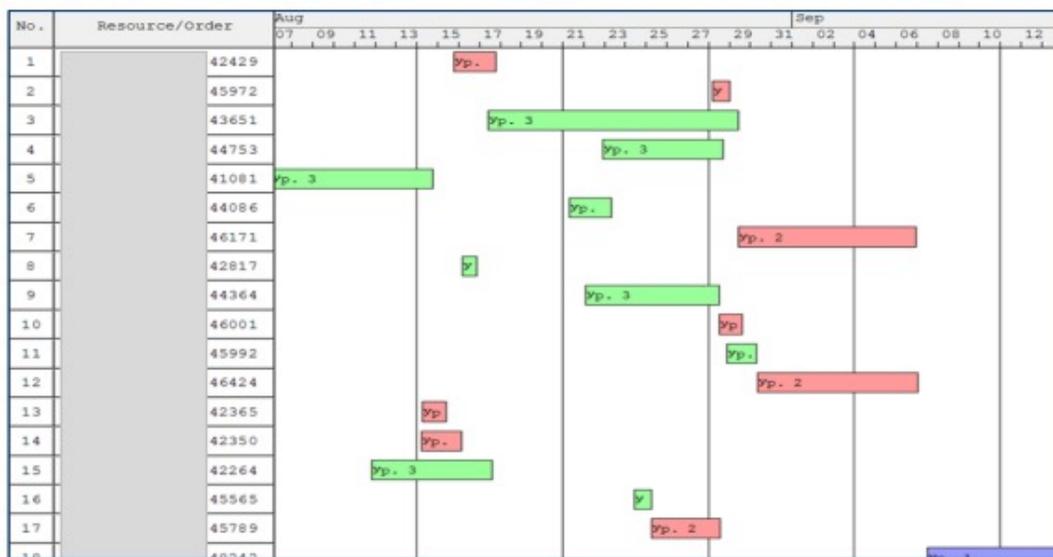
Имитационное моделирование производства

Температурная карта загрузки оборудования, времени и партии запуска ДСЕ в производство, циклограммы выпуска изделий



■ - $K_z > 60\%$, ■ - $K_z 40 - 60\%$

Код ДСЕ	Кол-во	День	Время	Код	Наименование	Размер партии
Хххх41272001	5	1	08:00:00	ххх140391000	ГАЙКА М5 ЛЕВАЯ	20
Хххх41377002	10	1	08:00:00	ххх140817000	МУФТА	10
Хххх41377002	10	1	08:00:00	ххх144040000	УХО СО СФЕРОЙ	5
Хххх41377002	10	1	16:00:00	ххх140283000	СФЕРА	15
Хххх41376002	20	1	16:00:00	ххх140329001	ОБОЙМА	5
Хххх41377002	50	1	16:00:00	ххх140752001	ВТУЛКА	5
Хххх41402001	10	2	00:00:00	ххх149017000	УШКО	15
Хххх41401001	90	2	00:00:00			



Имитационное моделирование производства

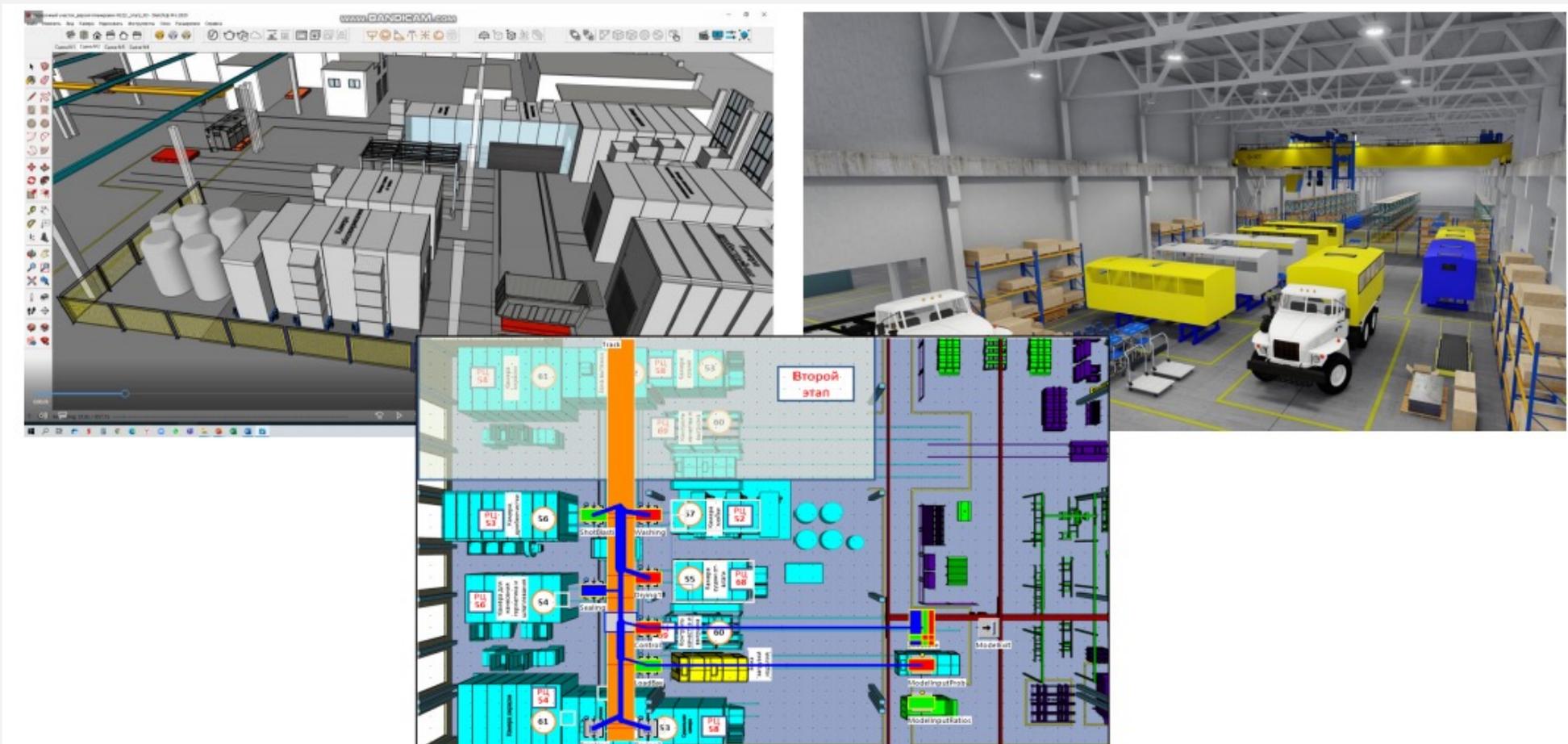
Клиентская модель

The image displays a software interface for production simulation, divided into three main sections:

- Left Panel (Model View):** Shows a detailed floor plan of a factory floor, color-coded by area (orange, yellow, green, blue). The title bar indicates 'Models.Frame (25%)'.
- Middle Panel (Statistics and Options):**
 - STAT (Statistics):** Includes a 'Выбор РЦ для диаграмм' (Select RC for diagrams) section with a 'ОТЧЕТ' (Report) button and icons for 'diagProcCenters' and 'diagEquipment'.
 - ПАР (Parameters):** Lists several options with checkboxes:
 - Использовать календарь рабочего времени
 - Учет графика ПТР
 - Остановка при выполнении плана
 - Остановка при достижении максимума
 - Учетывать период разогрева
 - Bottom: 'Предельные значения загрузки:' (Maximum load values:)
- Right Panel (Report Cover Page):**
 - Logo: **ФИНВАЛ** ГРУППА КОМПАНИЙ
 - Text: 'Проектная документация №010-441/19 от 25/04/17 г. Имитационное моделирование производства цеха №6'
 - Section: **Имитационное моделирование производства цеха №6**
 - Section: **Руководство по использованию клиентской версии модели**
 - Fields: 'Заказчик:' (Client), 'Разработчик:' (Developer), 'Контакты:' (Contacts)
 - Location: 'г. МОСКВА 2018 г.'

Имитационное моделирование производства

Клиентская модель - автомобилестроение



Имитационное моделирование производства

Выводы

Имитационное моделирование в среде Tecnomatix Plant Simulation:

- ✓ является инструментом анализа возможностей и оптимизации производства и служит для стратегического планирования работы предприятия и инвестиций в его развитие;
- ✓ позволяет определить максимально эффективную модель производства за счёт оптимизации и балансировки мощностей: оборудования, специалистов, режимов работы, а также партионности и времени запуска деталей в производство;
- ✓ является современным и безальтернативным методом определения возможностей производства:
 - определение максимального объёма выпуска готовой продукции на существующих мощностях;
 - определение дополнительных необходимых ресурсов и условий их использования для выполнения планов производства;
 - определение оптимальных партий и времени запуска деталей в производство с минимизацией НЗП;
 - определение узких звеньев в производстве, а также загрузки оборудования и операторов;
 - определение циклов и графика производства готовой продукции;
 - определение необходимых складских мощностей;
 - определение влияния ППР на выполнение плановых обязательств;
 - определение окупаемости инвестиций (ROI);
 - и другие важные параметры и характеристики производства.
- ✓ является точным, быстрым и дешевым (по сравнению со стоимостью экспериментов в реальном производстве) методом оценки различных производственных сценариев - «что будет с выполнением плана, если ...».

Результаты имитационного моделирования – оптимизированное производство, являются основой для проектов повышения эффективности системы управления производством и предприятия в целом.



КОНТАКТЫ ГК «ФИНВАЛ»

Россия, 115088, г. Москва, 2-й Южнопортовый пр., д.

14/22 Тел: +7 (495) 647-88-55

Факс: +7 (495) 647-88-56

sale@finval.ru