



**KAZAN
DIGITAL
WEEK 2022**
21–24 СЕНТЯБРЯ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ



ПОД ЭГИДОЙ
ПРАВИТЕЛЬСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



УЧРЕДИТЕЛЬ
КАБИНЕТ МИНИСТРОВ
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН



ГОД ЦИФРОВИЗАЦИИ
В РЕСПУБЛИКЕ
ТАТАРСТАН

**Тематическое направление:
«Цифровые технологии в сфере
государственного управления»**

**Thematic areas:
«Digital technologies in public administration»**

Казань, 2022



**Начальник отдела информационных технологий,
АО «Центр технологии судостроения и судоремонта»,
(АО «ЦТСС»), Санкт-Петербург, Россия**

**Deputy chief of IT Department, JSC «Shipbuilding &
Shiprepair Technology Center», Saint-Petersburg**

**Плотников Александр Михайлович
Plotnikov Aleksandr Mihailovich**

**Особенности применения средств
имитационного моделирования в отечественном судостроении**

Features of the use of simulation tools in Russian shipbuilding

Особенности судостроительного производства

- Длительный процесс проектирования и постройка
- Рабочее проектирование – параллельно с постройкой
- Комплектующих – до нескольких тысяч наименований
- Запуск серии – до окончания постройки головного судна
- Трудоемкость постройки – до миллионов нормо-часов
- Число контрагентов – до несколько сотен
- Стоимость контрагентских работ и поставок в стоимости судна может превышать 50%
- Одновременно в постройке суда разных проектов



Наиболее значимые проекты АО «ЦТСС»

- Корпусообработывающий цех АО «Адмиралтейские верфи», Санкт-Петербург
- Корпусостроительное производство комплекса подводного кораблестроения АО «Адмиралтейские верфи», Санкт-Петербург
- Корпусообработывающее и сборочно-сварочное производства АО «СЗ «Северная верфь», Санкт-Петербург
- Судостроительное производство АО «ПСЗ «Янтарь», Калининград
- Типовой построечно-спусковой комплекс с сухими доками и инфраструктурой
- Типовой комплекс цехов укрупнения и насыщения блоков и стапельного производства предприятий средне- и крупнотоннажного судостроения
- Производство прямотрубных парогенераторов ОАО «ОКБМ им. Африкантова», Нижний Новгород
- Рыбообработывающий цех среднего рыболовного траулера-ярусника, КБ «Восток»
- Судостроительное производство АО «Средне-Невский судостроительный завод», Санкт-Петербург

Инструменты: GPSS World, AnyLogic, АС «Сириус»

ОАО «Адмиралтейские верфи», Санкт-Петербург (корпусообработывающий цех)

Цели моделирования:

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

```

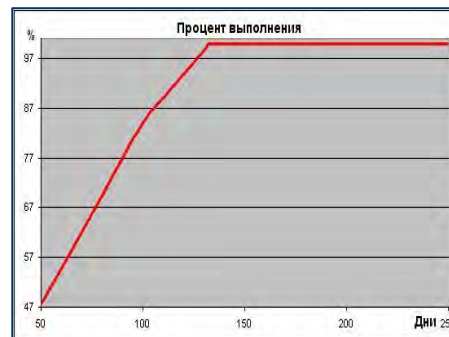
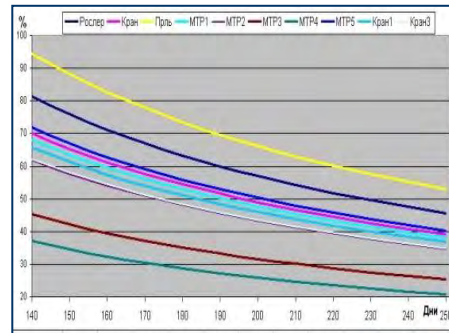
Проект 93104 Статистика по картам раскроя Нов 27 2001 11-12 ***
--- При толщине <= 30.0 мм - плазменная резка
--- При толщине > 30.0 мм - лазерная резка
--- Коэффициент обхода для газовой резки = 1.10
--- Коэффициент обхода для плазменной резки = 1.05
--- Режим машинной газовой резки = 1.0мкл - адат, углерод, в инертном газе
--- Режим машинной плазменной резки = 1.0 кислород, низкотемпературная и типа
--- Скорость холостого перебега = 12.00 м/мин
--- Время на установку листа = 3.00 мин
--- Время на одну пробную = 0.50 мин
--- Время настройки Э резак, блока = 1.50 мин
--- Время подготовительных операций = 1.50 мин
--- Время вкл, опрац, после резки = 2.50 мин

```

N	Карта	Толщ	Газобет	Дет	Лр(м)	Лх(м)	Пр	Толщ	Материал
1	0801_0001	8.0	8000 *2100	1	9.35	15.33	1	15.36	НВА
2	1801_0001	10.0	8000 *2100	1	9.35	15.33	2	25.04	НВА
3	1101_0001	11.0	8000 *2100	4	9.06	9.56	4	28.74	НВА
4	1201_0001	12.0	8000 *2100	20	200.04	28.30	44	306.11	НВА
5	1201_0002	12.0	8000 *2100	53	79.66	12.44	17	153.67	НВА
6	1301_0001	13.0	8000 *2100	4	49.62	27.12	24	72.44	НВА

N	Карта	Толщ	Газобет	Дет	Лр(м)	Лх(м)	Пр	Толщ	Материал
44	4001_0004	40.0	8000 *2100	2	20.12	15.43	2	81.00	НВД
45	4001_0005	40.0	8000 *2100	1	20.12	15.43	1	81.00	НВД
46	4001_0006	40.0	8000 *2100	8	42.16	16.77	11	161.65	НВД
47	5501_0001	55.0	8000 *2100	1	37.99	0.89	1	82.75	НВД
48	5501_0002	55.0	8000 *2100	1	37.99	0.89	1	82.75	НВД
49	8201_0001	20.0	12000 *1700	1	21.67	19.81	5	50.35	НВАЛ2

Всего карт раскроя 45 в них деталей 571
 Карт раскроя на лист 49 в них деталей 571
 Коэф. раскроя средний 0.420
 Всего деталей отходов 1
 Средняя длина реза 1649.8 м
 Средняя длина холостых 118.6 м
 Общее число пробных 373
 Среднее время обработки (49 карт) = 71.74 мин
 Среднее время обработки при плазменной резке (41 карт) = 60.1 мин
 Среднее время обработки при газовой резке (8 карт) = 100.7 мин



Результаты моделирования:

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



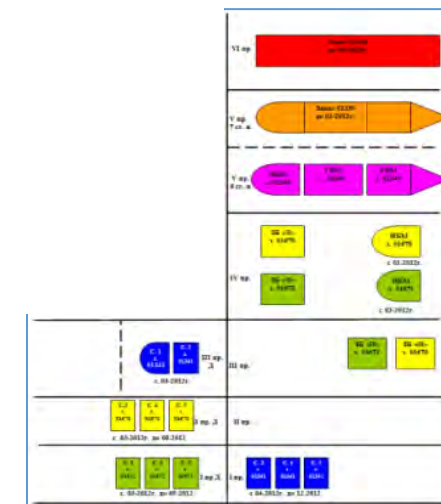
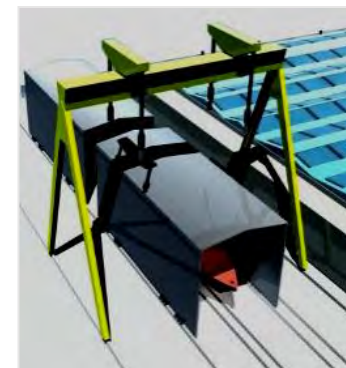
Среда разработки GPSS World

Целевая направленность моделирования

Основные запросы предприятий к имитационным исследованиям

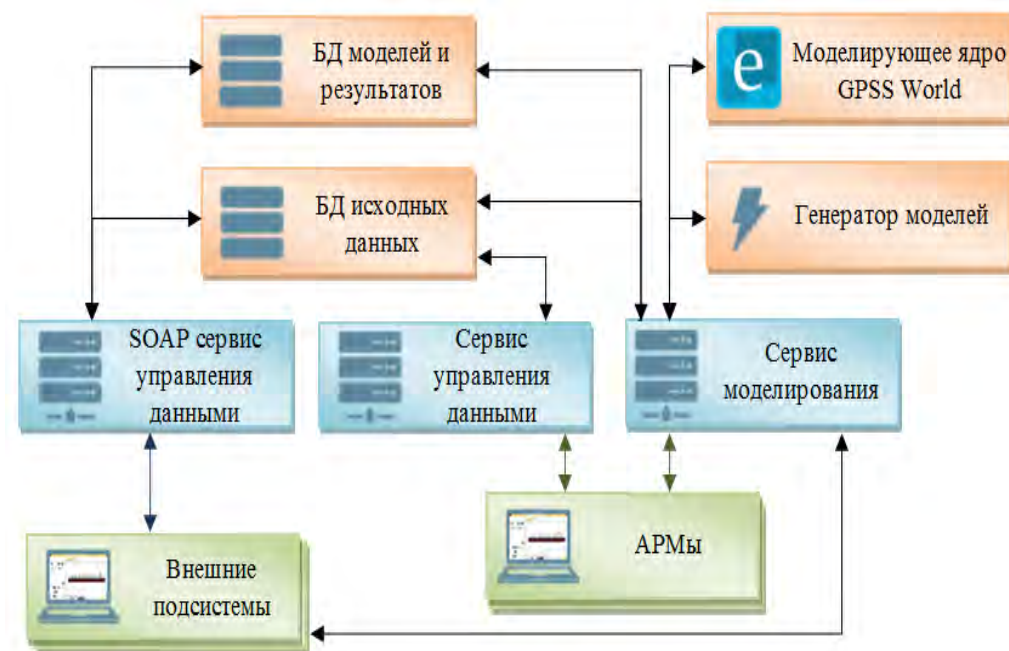
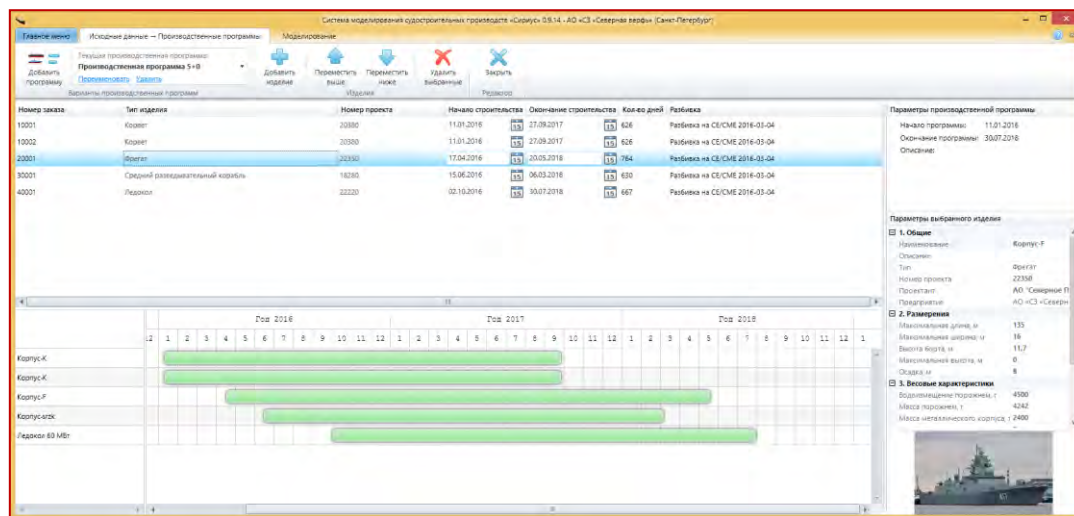
- оценка эффективности функционирования верфи (вида производства, цеха)*
- поиск «узких мест» производственной системы
- оценка выполнимости производственной программы
- сокращение сроков строительства изделий
- оценка возможности строительства новых заказов в заданные сроки
- оптимизация загрузки производственных мощностей
- оценка влияния на выполнение производственной программы возмущающих факторов (например, вывод оборудования на капитальный ремонт)
- оценка влияния на выполнение программы срывов поставок комплектующих
- оценка влияния изменений в технологиях на сроки выполнения программы
- проверка эффективности принимаемых решений по развитию и модернизации производства

* решение задачи требует предварительного согласования показателей эффективности



Автоматизированная система «Сириус»

Система имитационного моделирования функционирования производственных комплексов и оценки выполнимости производственных программ



- Ввод и обработка исходных данных о предприятии, технологиях, оборудовании, производственной программе и изделиях
- Автоматическая генерация имитационной модели на основе выбранных для эксперимента данных
- Проведение экспериментов (серии экспериментов)
- Анализ и интерпретация результатов экспериментов
- Импорт/экспорт данных и моделей

Приоритетные направления наших разработок

- Создание имитационной модели судостроительной отрасли
- Включение в систему средств оптимизации
- Интеграция с КИС судостроительных предприятий
- 3D визуализация результатов имитационного моделирования
- Генерация исходных данных в условиях их неполноты
- Оценка рисков и прямых затрат на дооснащение предприятий

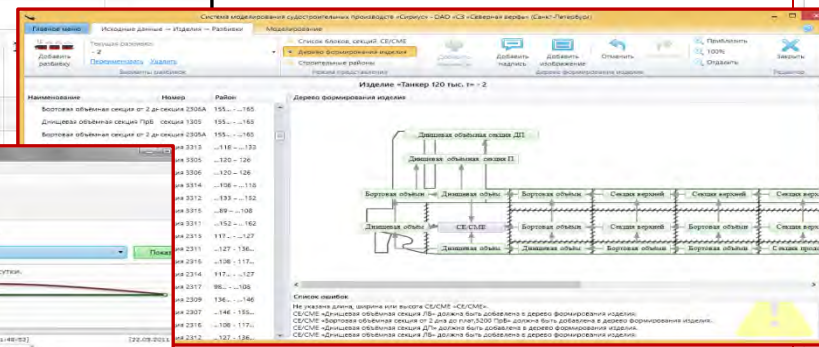
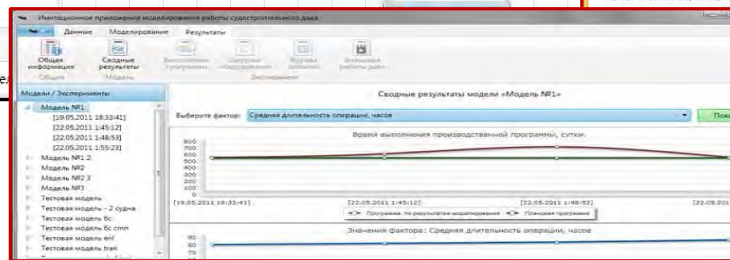
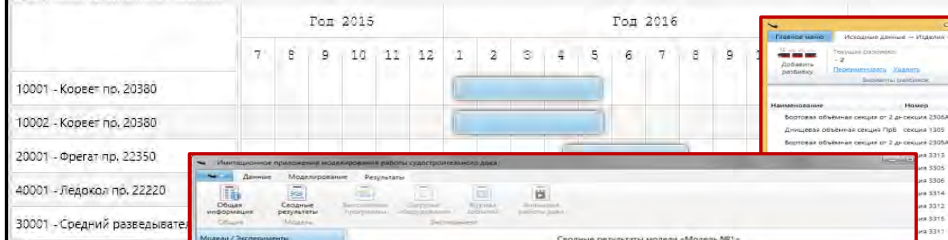


Приоритетные направления наших разработок

Создание имитационной модели судостроительной отрасли

- Проверка выполнимости перспективной судостроительной программы
- Планирование производственной программы в рамках группы предприятий с учётом производственных структур, оборудования, технологий постройки и ресурсов
- Анализ влияния различных факторов на выполнимость перспективной судостроительной программы
- Оценка производственного потенциала группы предприятий в части возможностей реализации ими перспективной судостроительной программы
- Оценка и обоснование перспектив развития научно-производственного потенциала отрасли

Диаграмма строительства заказов



Графики постройки судов с 2021 по 2026 гг

Адмиралтейские верфи", АО (г. Санкт-Петербург)

Заказчик	Тип судна, проект	Зав.№, имя судна	Годы												Статус											
			2021			2022			2023			2024				2025			2026							
ООО "Русская рыбопромышленная компания"	Большой перерабатывающий траулер, пр. СТ-192	02480, 1/10, "Капитан Бродиченко"	31.10.2017	30.11.2018	23.01.2019	27.03.2020															11.07.2022	Статус: Судно сдано				
		02481, 2/10, "Механик Масляк"	31.10.2017		08.04.2019	23.06.2020																31.12.2022	Статус: Судно спущено			
ООО "Русская рыбопромышленная компания"	Большой перерабатывающий траулер, пр. СТ-192	02482, 3/10, "Механик Сизов"	31.10.2017			30.06.2020	28.07.2021															31.12.2022	Статус: Судно спущено			
		02483, 4/10, "Капитан Мартынов"	31.10.2017		05.08.2020	24.09.2021																	31.12.2022	Статус: Судно спущено		
ООО "Русская рыбопромышленная компания"	Большой перерабатывающий траулер, пр. СТ-192	02484, 5/10, "Капитан Юна"	31.10.2017		05.06.2021	31.05.2022																	31.12.2023	Статус: Судно спущено		
		02485, 6/10, "Механик Шербаков"	31.10.2017		29.09.2021	24.10.2022																		31.12.2023	Статус: Судно заложено	
ООО "Русская рыбопромышленная компания"	Большой перерабатывающий траулер, пр. СТ-192	02486, 7/10	31.10.2017																					31.12.2024	Статус: Заключен контракт	
		02487, 8/10	31.10.2017																						31.12.2024	Статус: Заключен контракт
ООО "Русская рыбопромышленная компания"	Большой перерабатывающий траулер, пр. СТ-192	02488, 9/10	31.10.2017																						31.12.2025	Статус: Заключен контракт

Обозначения: ■ контракт ■ резка металла ■ постройка на стапеле ■ достройка на плаву

Приоритетные направления наших разработок

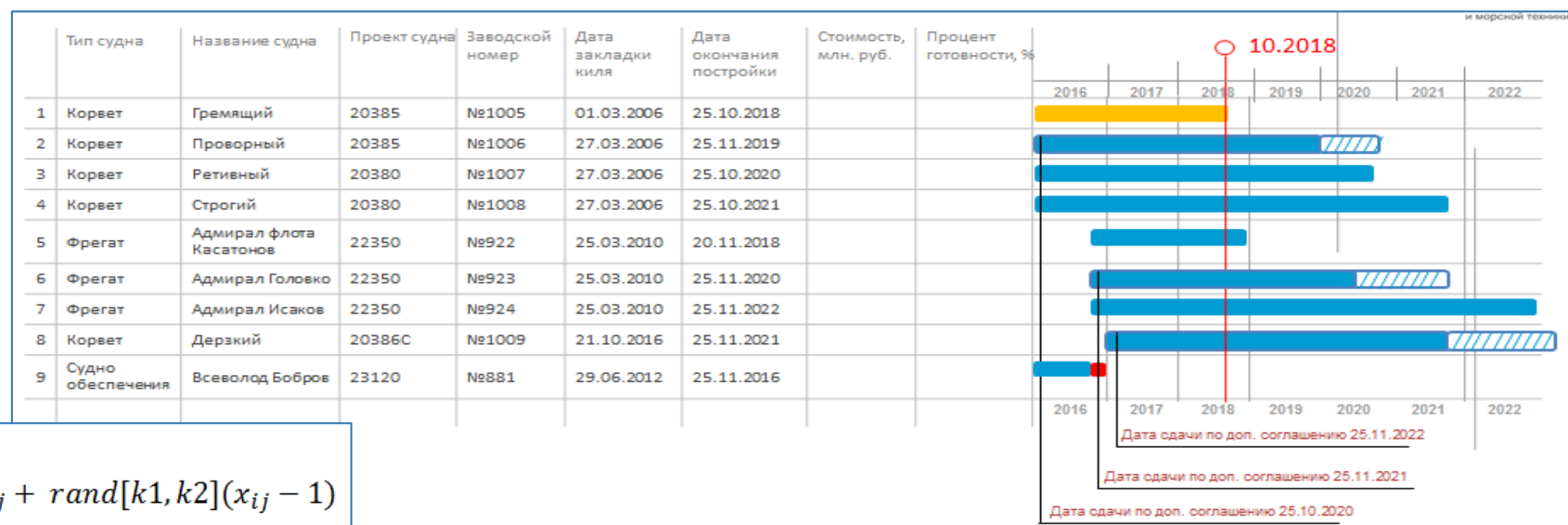
Включение в систему средств оптимизации

Образец одной из возможных форм представления результатов решения оптимизационной задачи

Фрагмент математической постановки задачи поиска экстремума

$$L(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_j + (c_{ij} + \text{rand}[-m1, m2])x_{ij} + \text{rand}[k1, k2](x_{ij} - 1)$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m g_{ij}x_{ij} \leq r_i - r_{i0}, & i = \overline{1, n} \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} = q_j, & j = \overline{1, m} \\ x_{ij} = \begin{cases} 0, \\ 1, \end{cases} & i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m} \end{cases}$$

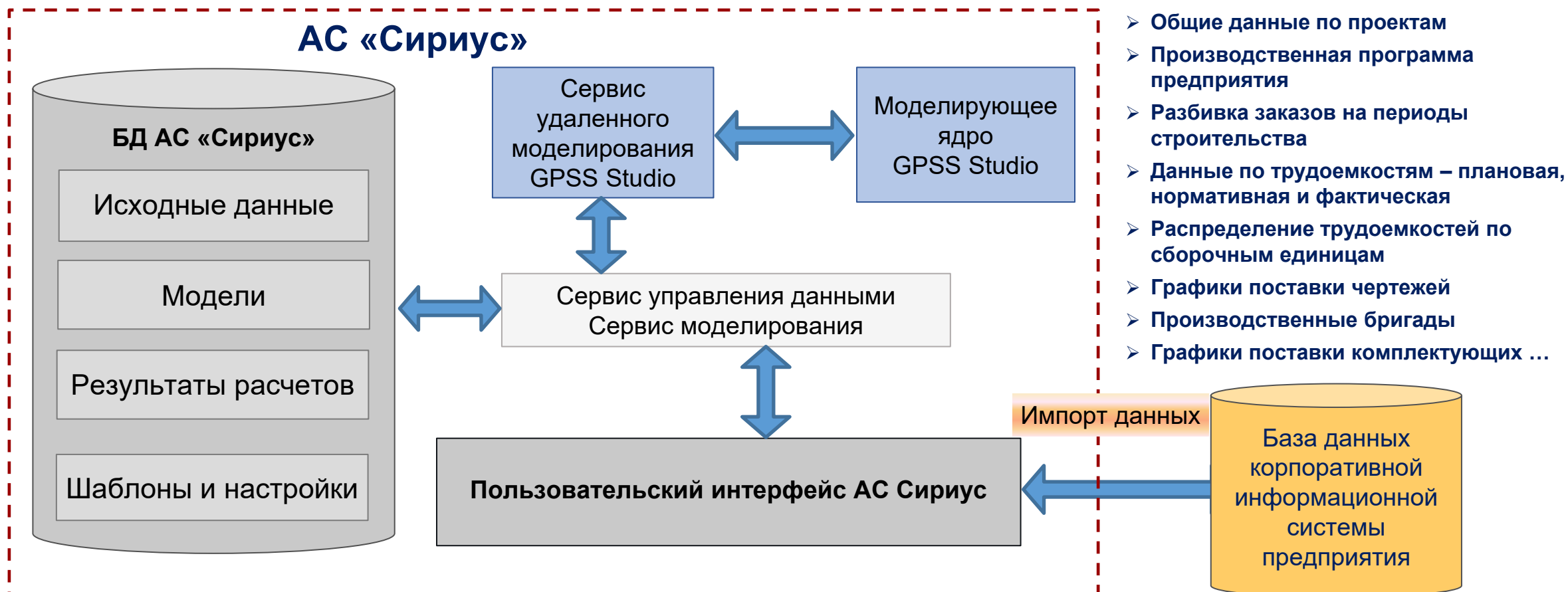


Учет сопутствующих факторов:

- межзаводская кооперация
- текущая производственная загрузка
- территориальные предпочтения
- предпочтения по верфям
- социальные факторы

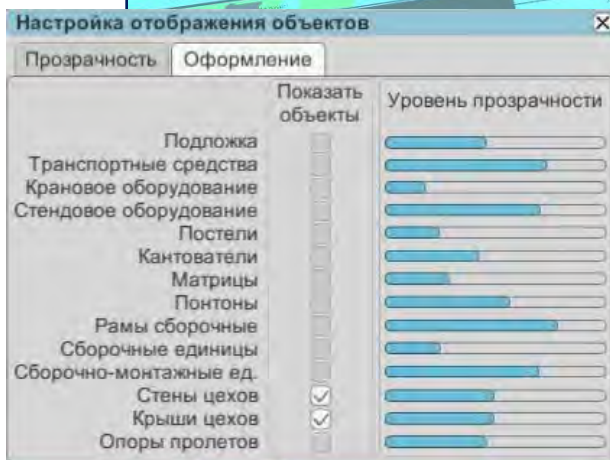
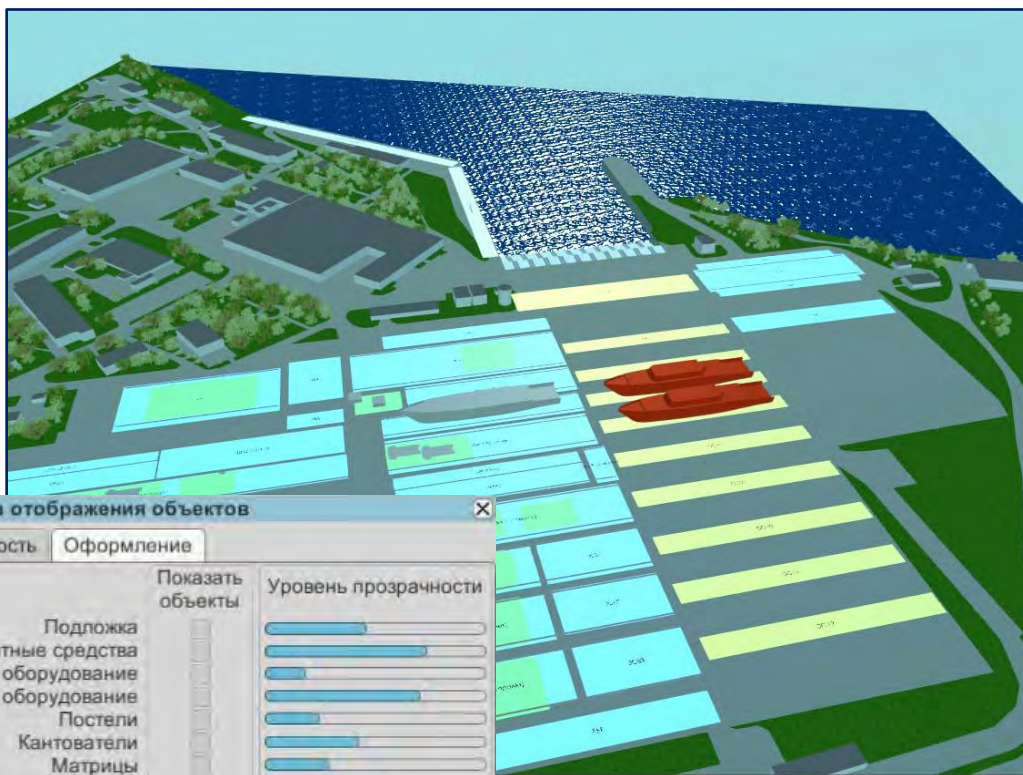
Приоритетные направления наших разработок

Интеграция с КИС судостроительных предприятий



Приоритетные направления наших разработок

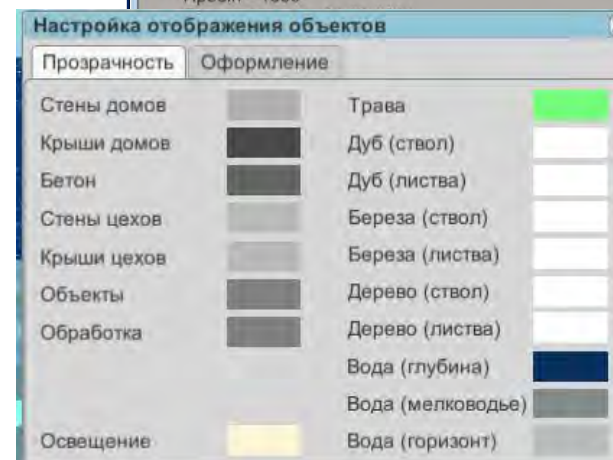
3D визуализация результатов имитационного моделирования



SBDDataWindow

Список моделируемых заказов

Изделие №1	7%	<input type="button" value="Подробнее"/>
Проект - 12700		
Дата закладки - 12.06.2021		
Плановая дата завершения строительства - 12.06.2022		
Изделие №2	4%	<input type="button" value="Подробнее"/>
Проект - 12700		
Дата закладки - 21.09.2021		
Плановая дата завершения строительства - 22.10.2022		
Изделие №3	Завершено	<input type="button" value="Подробнее"/>
Проект - 1650		
Дата закладки - 15.06.2021		
Плановая дата завершения строительства - 12.11.2021		
Изделие №4	60%	<input type="button" value="Подробнее"/>
Проект - 1650		





Спасибо за внимание

