

Опыт применения методов и программных средств электронного макетирования, эргономического анализа и технологии виртуальной реальности в отечественном судостроении

Долматов Михаил Анатольевич,

главный специалист отдела ИТ НТФ «Судотехнология»,
руководитель Центра виртуальных исследований АО «ЦТСС»



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

**ЦЕНТР ТЕХНОЛОГИИ
СУДОСТРОЕНИЯ И СУДОРЕМОНТА**

Моделирование виртуального человека и анализ эргономики

- ❖ Построение виртуальной модели окружения
- ❖ Создание модели виртуального человека
- ❖ Позиционирование модели человека в виртуальной реальности
- ❖ Определение поведения виртуальной модели
- ❖ Эргономический анализ

Система класса MPM – Manufacturing Process Management

Компоненты системы



Области применения системы

- ❖ Оценка операций обслуживания в т.ч. маршрутов движения персонала
- ❖ Контроль безопасности выполнения работ
- ❖ Проектирование техпроцессов монтажа/демонтажа и обслуживания сложного оборудования в затесненных условиях
- ❖ Проектирование сложных изделий
- ❖ Оценка собираемости
- ❖ Построение тренингов

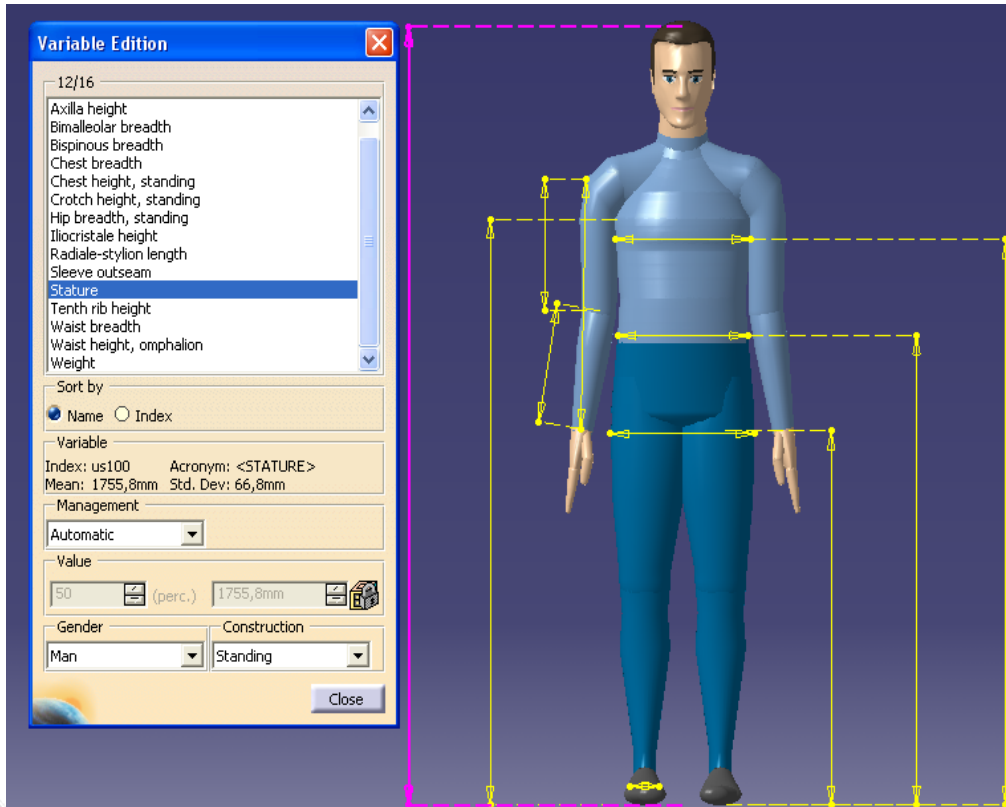
Инструменты анализа

- ❖ Планирование статических усилий
- ❖ Предопределенный анализ времени
- ❖ Анализ на «усталость»
- ❖ Анализ рабочих положений
- ❖ Анализ комфортности
- ❖ Анализ зон досягаемости
- ❖ Анализ зон видимости

Возможности системы

- ❖ Работа с «глазами» (установка обзора)
- ❖ Создание библиотек (положение рук, позы ...)
- ❖ Контроль коллизий окружающей среды
- ❖ Выполнение измерений
- ❖ Управление цветом/текстурой
- ❖ Создание анимаций
- ❖ Работа с неточными моделями

Создание электронного манекена рабочего/оператора



Характеристики манекена:

- европейский тип;
- среднестатистический человек;
- рост – 175,6 см;
- вес – 78,5 кг;
- ширина грудной клетки – 32,1 см;
- длина руки – 60,2 см;
- расстояние между разведенными руками – 182,3 см;
- углы зрения:
 - горизонтальный (1 глаз) – 100°
 - горизонтальный (2 глаза) - 120°
 - вертикальный - 35°

Среда - пакет Human (DELMIA)

Теоретические основы электронного эргономического анализа

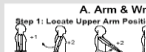
1. NIOSH 1981 и NIOSH 1991 (стандарты, разработанные Национальным институтом охраны труда и здоровья – National Institute for Occupational Safety and Health, США)
2. Snook and Ciriello (основан на исследованиях S. Snook и V. Ciriello)

RULA Employee Assessment Worksheet

Complete this worksheet following the step-by-step procedure below. Keep a copy in the employee's personnel folder for future reference.


A. Arm & Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position




Step 1a: Adjust...

Step 2: Locate Lower Arm Position




Step 2a: Adjust...

Step 3: Locate Wrist Position



Step 3a: Adjust...

Step 4: Wrist Twist



Step 5: Look-up Posture Score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score

Step 7: Add Force/Load Score

Step 8: Find Row in Table C

SCORES

Table A

Wrist	Forearm	Upper Arm
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	10	10

Table B

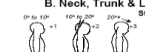
Trunk Posture	1	2	3	4	5	6
1	1	2	3	4	5	6
2	2	3	4	5	6	7
3	3	4	5	6	7	8
4	4	5	6	7	8	9
5	5	6	7	8	9	10
6	6	7	8	9	10	11
7	7	8	9	10	11	12
8	8	9	10	11	12	13
9	9	10	11	12	13	14
10	10	11	12	13	14	15

Table C

Final Wrist & Arm Score	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
10	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

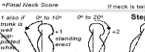
B. Neck, Trunk & Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position



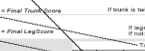
Step 9a: Adjust...

Step 10: Locate Trunk Position



Step 10a: Adjust...

Step 11: Legs



Step 11a: Adjust...

Step 12: Look-up Posture Score in Table B

Step 13: Add Muscle Use Score

Step 14: Add Force/Load Score

Step 15: Find Column in Table C

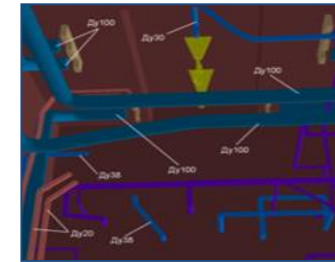
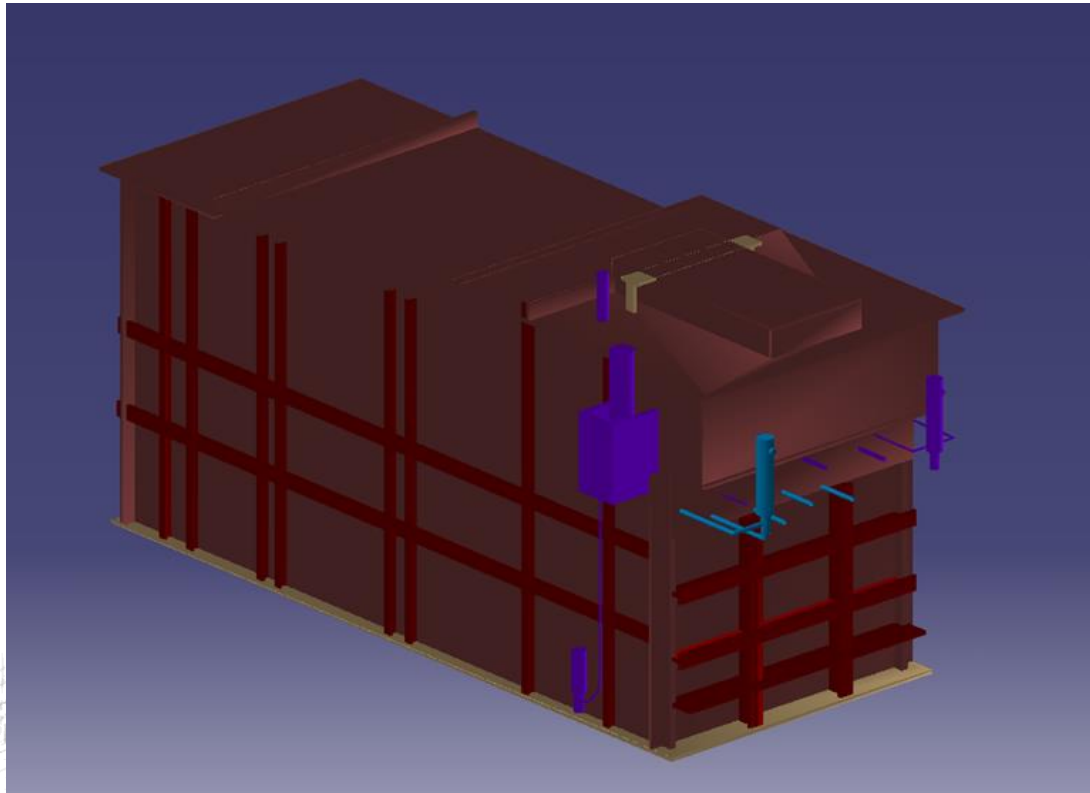
Final Score = _____

Subject: _____ Company: _____ Department: _____ Scorer: _____ Date: / / _____

FINAL SCORE: 1 or 2 = Acceptable; 3 or 4 investigate further; 5 or 6 investigate further and change soon; 7 investigate and change immediately

Source: McAtamney, L. & Corlett, E.N. (1993) RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, Applied Ergonomics, 24(2) 91-99.
© Professor Alan Hedge, Cornell University, Feb. 2001

Анализ технологии монтажа/демонтажа оборудования в судовом помещении



Среды разработки и анализа: Rhinoceros, Human (DELMIA)

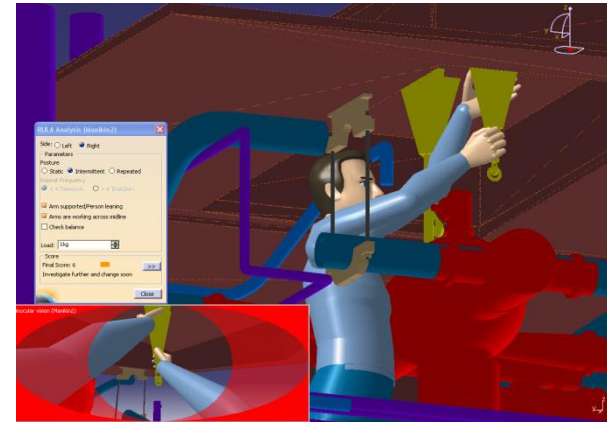
Результаты выполненных исследований

- ❖ **Выполнен пошаговый анализ предлагаемой технологии:**
 - **удобства и зон видимости рабочих при установке труборезов (без привода) на отрезаемых трубах, располагаемых в особо затесненных частях помещения**
 - **нагрузок, испытываемых рабочими при установке труборезов на отрезаемых трубах, располагаемых в особо затесненных частях помещения**
 - **удобства, а также зон видимости и досягаемости рабочих при установке штанг вместо болтового соединения для спуска устройства перед строповкой**
 - **удобства и зон видимости рабочих при установке комплекта приспособлений для строповки устройства перед спуском на настил**
- ❖ **Определены места реза труб, зафиксированы координаты реза**
- ❖ **Для заданных резов трубопроводов проверена (верифицирована) возможность демонтажа оборудования**

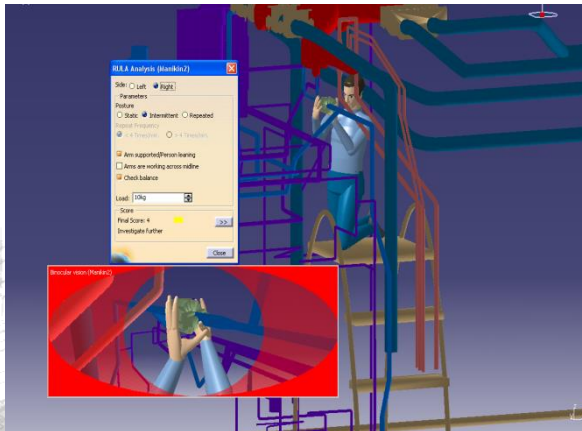
Моделирование и анализ технологических операций



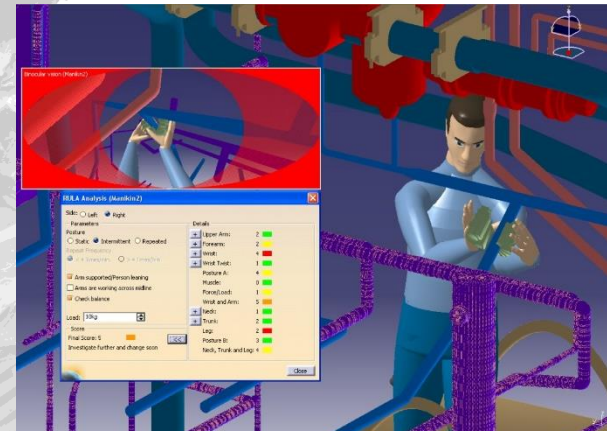
Установка приспособлений для строповки



Спуск устройства на штангах

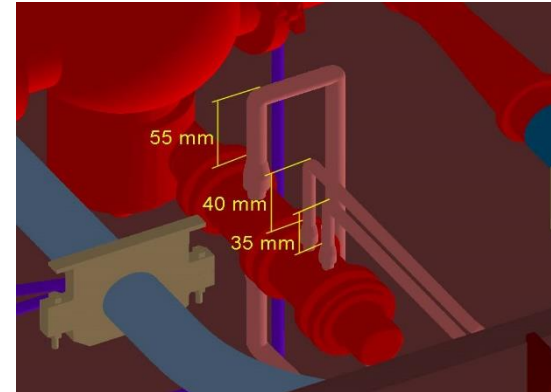
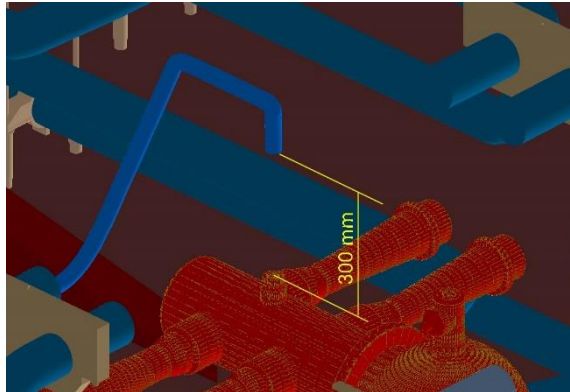


Установка трубрезцов на трубопроводы

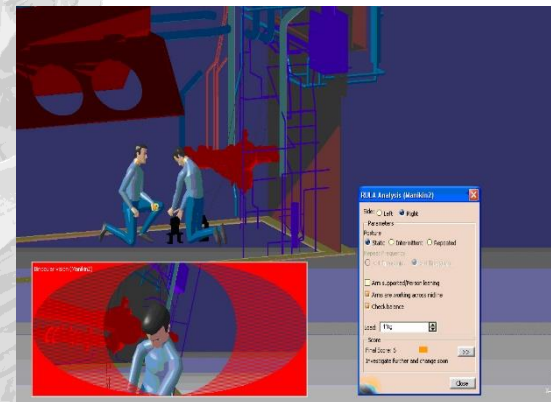
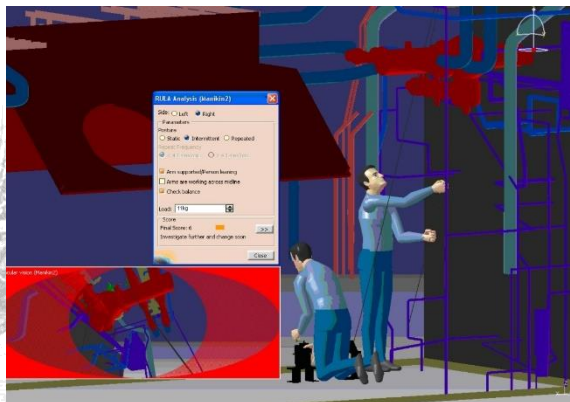


Моделирование технологических операций

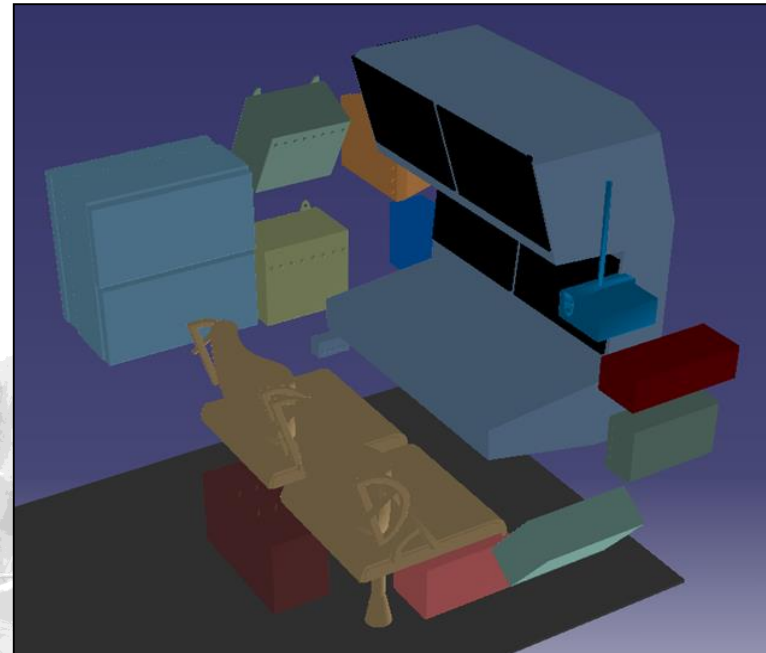
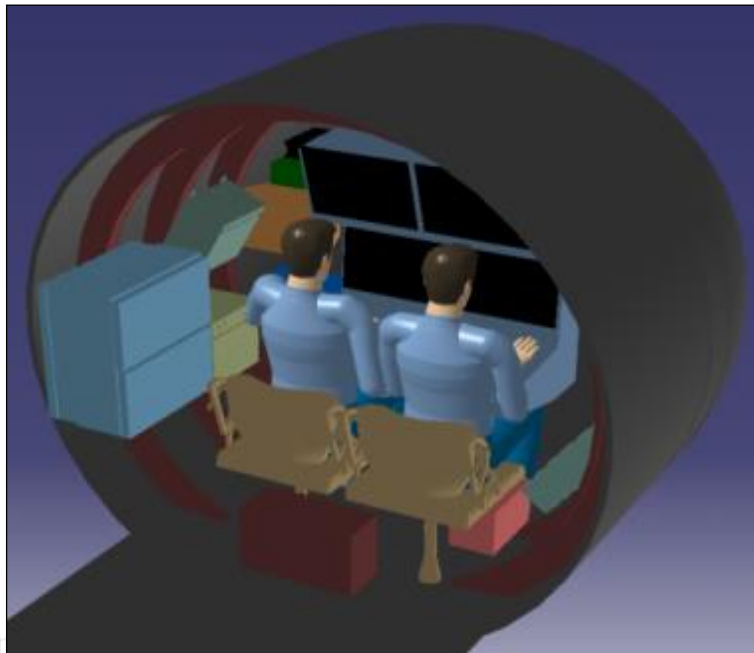
Определение места реза труб



Верификация процесса спуска демонтированного оборудования (трассировка)



Анализ компоновки элементов управления глубоководного аппарата



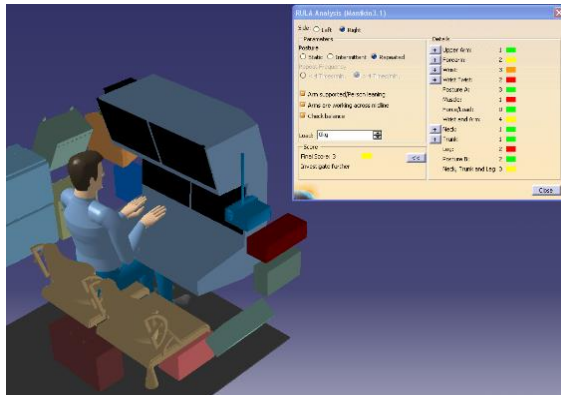
Среды разработки и анализа: Rhinoceros, Human (DELMIA)

Перечень* выполненных исследований:

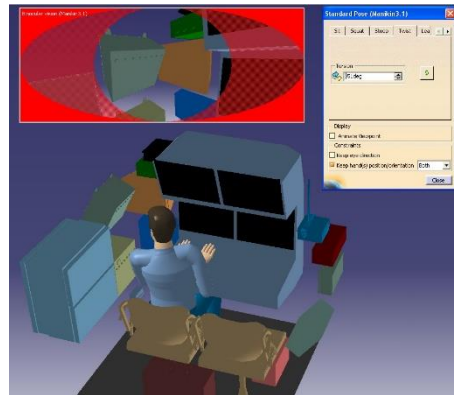
- ❖ анализ коллективного или индивидуального рабочего места оператора на соответствие требований
- ❖ анализ компоновки пульта управления с учетом удобства работы оператора и требований
- ❖ анализ размещения часто используемых средств отображения информации
- ❖ анализ зоны досягаемости до средств отображения информации и соответствующих органов управления в случае немедленных действий в ответ на поступающий сигнал
- ❖ анализ нагрузок между руками с учетом расположения органов управления
- ❖ анализ зоны видимости средств отображения информации во время манипулирования органами управления

* определен в соответствии с отраслевыми стандартами, определяющих требования по эргономике и технической эстетике

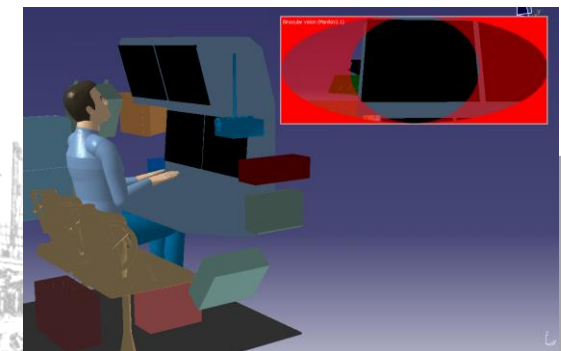
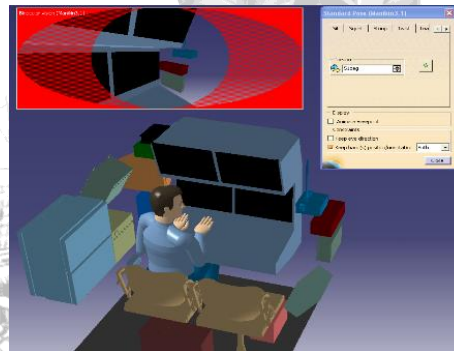
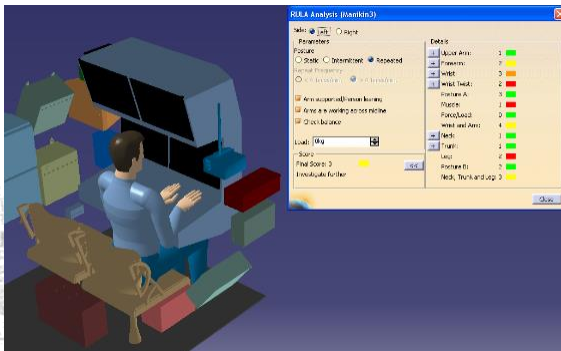
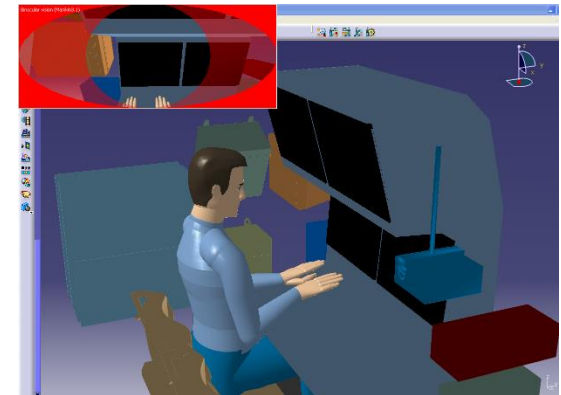
Анализ удобства позы оператора при работе с элементами управления



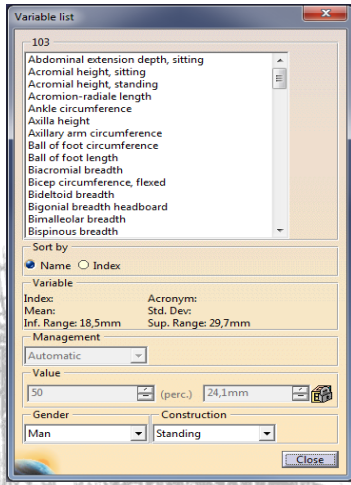
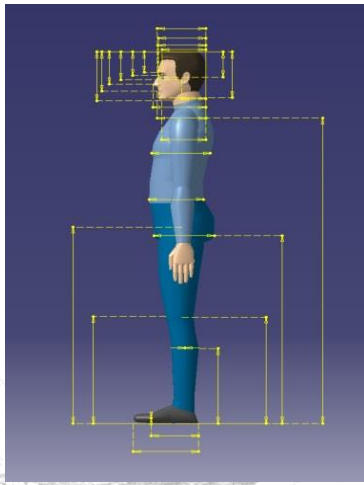
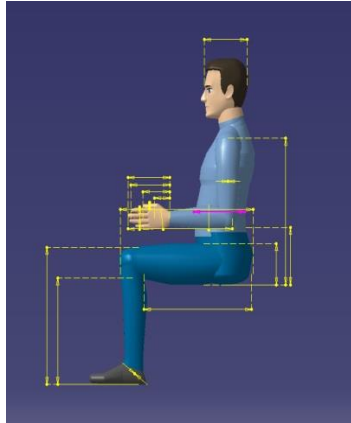
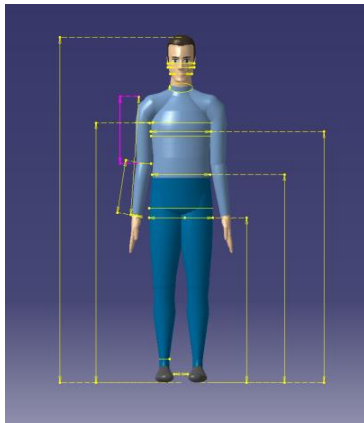
Анализ углов обзора оператора



Анализ зон видимости оператора при работе с информационными панелями



Электронная библиотека трехмерных моделей типовых цифровых манекенов персонала



Среда разработки: Пакет Human (DELMIA)

Исходная информация:

- нормативная документация, определяющая требования к антропометрическим параметрам персонала в т.ч.:
- техническая документация на специализированное ПО
- статистические данные по персоналу судов и кораблей

Основные характеристики:

- охватывает следующие целевые группы персонала:
 - ростовые – 5:
 - возрастные – 4
 - должностные – 2
- адаптирована к требованиям ГОСТ Р ИСО 7250-2007 «Базовые измерения человеческого тела в технологическом проектировании»

Понятие «виртуальной реальности»



Технология выполнения манипуляций и экспериментов в виртуальном пространстве с электронными аналогами объектов реального мира.

«Погружение» оператора в это пространство с обеспечением «эффекта присутствия»

Физические основы технологии:

- ✓ объемный стерео эффект - разнесении изображения отдельно для каждого глаза
- ✓ стереоскопический эффект - цветовое разделение внутри спектра цветов

Люди запоминают 20 % того, что они видят,
40 % того, что видят и слышат,
70 % того, что видят, слышат и делают

DCNS*, Франция



BAE*, Великобритания



* Вышеприведенные иллюстрации заимствованы из статей, размещенных в открытых источниках в т.ч. сети Интернет

Комплекс виртуального прототипирования ЦВИ



- ❖ 4-х экранная проекционная система 3D визуализации
- ❖ система генерации изображения (графический кластер)
- ❖ система трекинга и интерактивного взаимодействия в т.ч.:
 - «костюм» виртуальной реальности
 - система обратной тактильной связи
 - пространственный манипулятор
 - активные 3D-очки



Режимы функционирования



**Работа
с виртуальным
образом
3D модели**



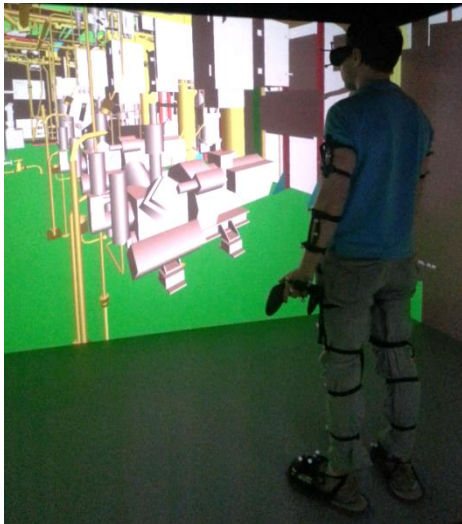
**Работа с
возможностью
корректировки
исходной
3D модели**



Поддерживается работа с 3D моделями:
CATIA/DELMIA, Foran, AVEVA Marine, SolidWorks, Creo (Pro/ENGINEER),
Autodesk Inventor, Компас 3D, Rhinoceros, 3DsMax, ...

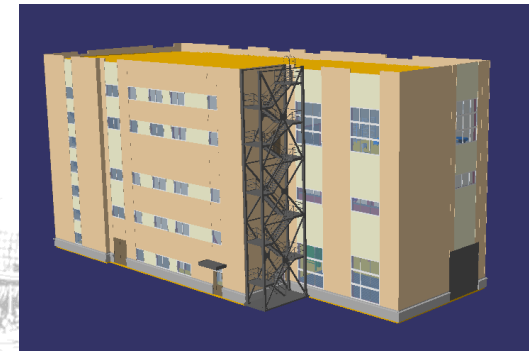
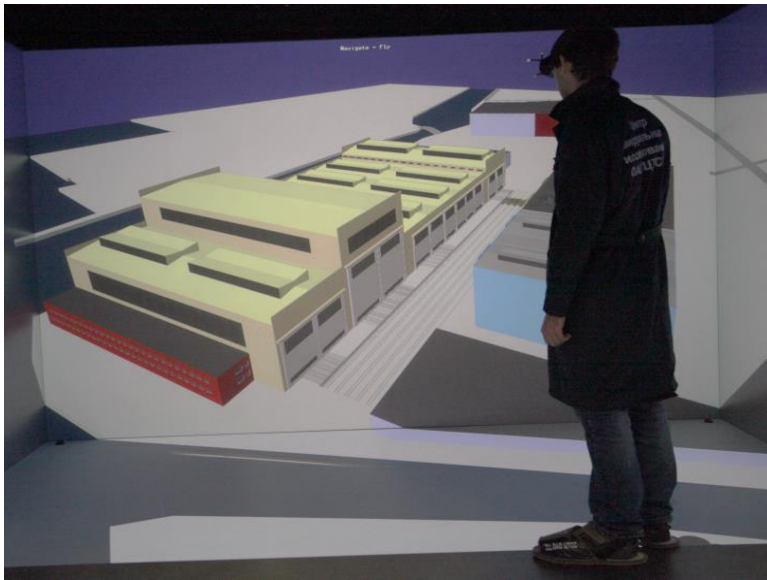
Основные решаемые задачи:

- ❖ проектирование и верификация рабочих технологий на ранних этапах создания изделий морской техники
- ❖ оценка выполнимости работ в судовых помещениях с высокой степенью затесненности
- ❖ отработка технологий монтажа/демонтажа оборудования с использованием электронных манекенов, включая анализ зон видимости и досягаемости, удобства персонала при выполнении операций, нагрузок на персонал при работе со средствами технологического оснащения
- ❖ анализ оптимальности размещения трубопроводов, элементов систем вентиляции и оборудования в судовых помещениях с точки зрения обеспечения собираемости и последующего обслуживания
- ❖ «виртуальные прогулки» по трехмерным моделям изделий
- ❖ ...



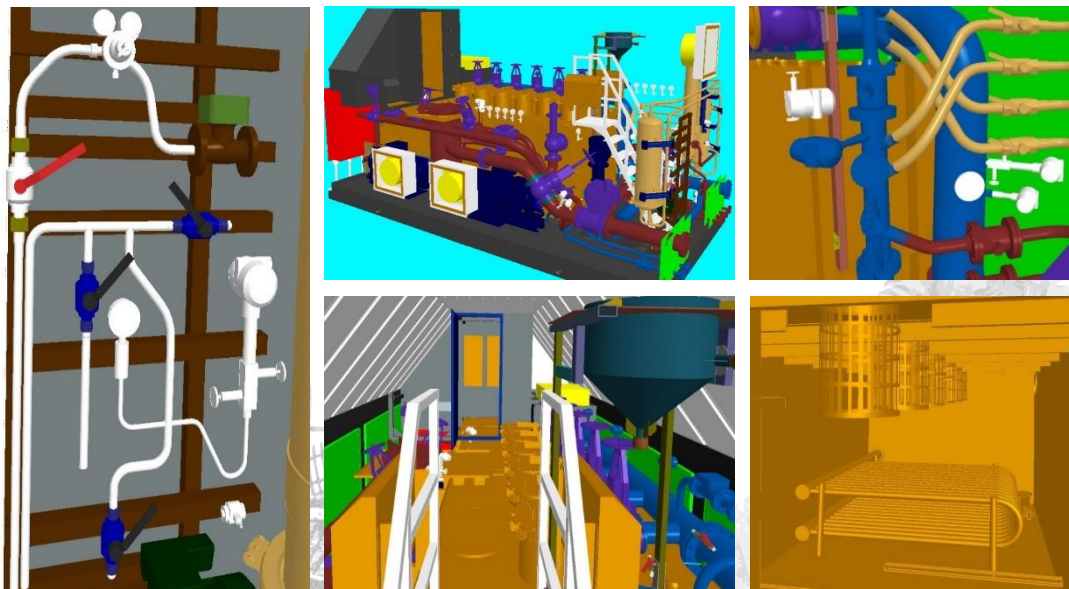
Проектирование зданий и сооружений

- ❖ Обеспечение проведения оперативных совещаний по согласованию проектных решений
- ❖ Проектирование и анализ компоновочных решений в т.ч. по производственным участкам
- ❖ Подготовка иллюстративных материалов для отчетной документации по проекту
- ❖ Презентация результатов работ Заказчику



Отработка конструкторско-технологических решений стендового оборудования в среде виртуальной реальности

Оценка принимаемых конструктивных решений на трехмерном макете, анализ собираемости и технологичности



Анализ технологий монтажа и обслуживания оборудования с применением системы обратной тактильной связи



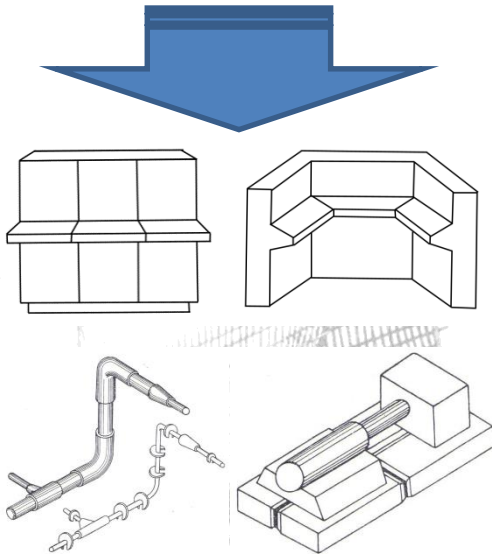
Среды разработки и анализа: Creo (Pro/ENGINEER), DELMIA

Полномасштабное натурное макетирование (традиционный метод)

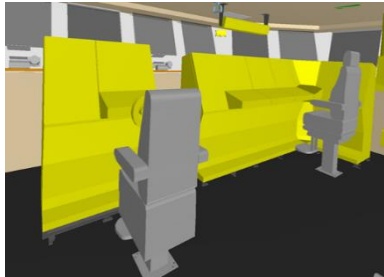
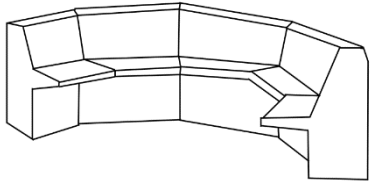


Перечень исследований на натуральных макетах при приемке компоновочных решений судовых помещений в соответствии требованиями отраслевых стандартов*:

- ❖ анализ компоновки пультов управления с учетом удобства работы персонала
- ❖ анализ размещения часто используемых средств отображения информации
- ❖ оценка зон досягаемости до средств отображения информации и соответствующих органов управления
- ❖ анализ нагрузок на персонал с учетом расположения органов управления
- ❖ оценка зон видимости средств отображения информации во время манипулирования органами управления
- ❖ ...

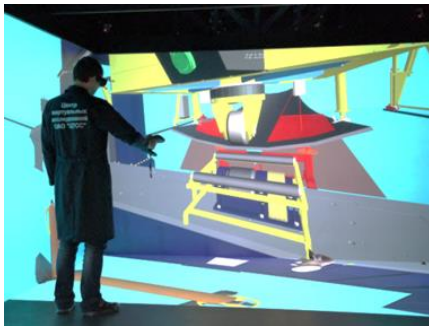
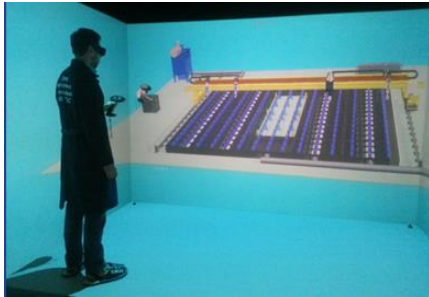


Преимущества перехода от натурального и трехмерного макетирования к технологии виртуальной реальности



- ❖ отказ от натурального макетирования при приемке проектов изделий
- ❖ возможность использования имеющихся в распоряжении проектных организаций трехмерных моделей
- ❖ возможность применения программных средств электронного эргономического анализа
- ❖ эффект «погружения» в пространство трехмерной модели изделия
- ❖ возможность прямого взаимодействия с трехмерной моделью изделия («обратной» связь)

Выполнение пилотных проектов* с отраслевыми КБ:



- ❖ анализ проектов технологического оборудования и СТО
- ❖ оценка возможности выполнения монтажа оборудования и регламентных работ
- ❖ анализ отраслевых методик создания натуральных макетов судовых помещений и их приемки
- ❖ оценка компоновочных решений судовых помещений и рубок, а также постов управления в соответствии с утвержденными методиками приемки

* в т.ч. в рамках заключенных и заключаемых с предприятиями и организациями отрасли соглашений о сотрудничестве

Спасибо за внимание

Тел.: +7 (812) 610-64-69, 610-65-32

E-mail: dolmatov@sstc.spb.ru, vr@sstc.spb.ru



А К Ц И О Н Е Р Н О Е О Б Щ Е С Т В О

**ЦЕНТР ТЕХНОЛОГИИ
СУДОСТРОЕНИЯ И СУДОРЕМОНТА**