

---

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОДСБОРКИ УСТАНОВКИ ТНВД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.Г. Ефимов, И.В. Макарова (Набережные Челны)

### Введение

Автомобилестроение относится к тем отраслям экономики, которые, создавая высокотехнологичную продукцию, в то же время во многом определяют развитие и других отраслей, поскольку автомобильная техника решает проблему мобильности населения, осуществляет доставку грузов «от двери до двери», кроме того, практически во всех отраслях представлена широкая гамма техники на автомобильных шасси. Автомобилизация, уровень которой достиг как в мире, так и в России критических размеров, создает целый ряд проблем, которые вынуждают производители находить все новые решения, постоянно совершенствуя как конструкцию, так и технологии производства, поскольку выдержать значительную конкуренцию на рынках можно только путем непрерывного развития и применения инновационных решений.

Поскольку производство автомобилей – процесс сложный и трудоемкий, – необходимо исследовать технологические процессы и совершенствовать их, для того чтобы снизить физическую нагрузку на сборщика, снизить уровень травматизма на производстве и риски возникновения профессиональных заболеваний.

### Имитационное моделирование

Имитационное моделирование является тем инструментом, который позволяет выполнить не только качественный анализ процессов, но и исследовать последствия тех или иных изменений в них, а также выбрать вариант, удовлетворяющий всем задаваемым ограничениям, получая при этом те параметры системы, которые будут при заданных условиях оптимальными. Программное обеспечение, разрабатываемое для этих целей, позволяет строить модели, отображающие процессы так, как они проходили в действительности, а затем провести ряд виртуальных экспериментов, задавая модельное время, причем это может быть как единичное испытание, так и некоторое заданное их множество. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов [1].

Нами были исследованы производственные процессы сборочного участка завода двигателей ОАО «КАМАЗ», а именно – производство силовых агрегатов для грузовых автомобилей. Основная задача, решаемая при этом, заключалась в совершенствовании технологического процесса под сборки установки ТНВД.

Поскольку процесс сборки является заключительным этапом изготовления автомобиля и в значительной степени определяет его эксплуатационные качества, очевидна особая важность и ответственность данного этапа. Метод имитационного моделирования в этом случае является оптимальным с той точки зрения, что позволяет учесть множество параметров и получить нужный результат не прибегая к натурному эксперименту [2].

На начальном этапе проектирования процесса необходимо выполнение следующих работ: подготовка данных (идентификация, спецификация и сбор данных); определение условий проведения виртуального эксперимента с имитационной моделью. После того как выполнено моделирование деятельности пользователей, проводится анализ результатов имитационного эксперимента для подготовки выводов и рекомендаций по решению проблемы. Затем, при необходимости, выполняется оптимизация имитационной модели, после чего разрабатываются и реализуются рекомендации, полученные на основе имитации, а также составляется документация по модели и ее использованию [3].

Программное обеспечение, используемое для моделирования рассматриваемого технологического процесса под сборки установки ТНВД, и структурная схема информационных потоков представлена на рис. 1. Здесь отображены входные и выходные данные.

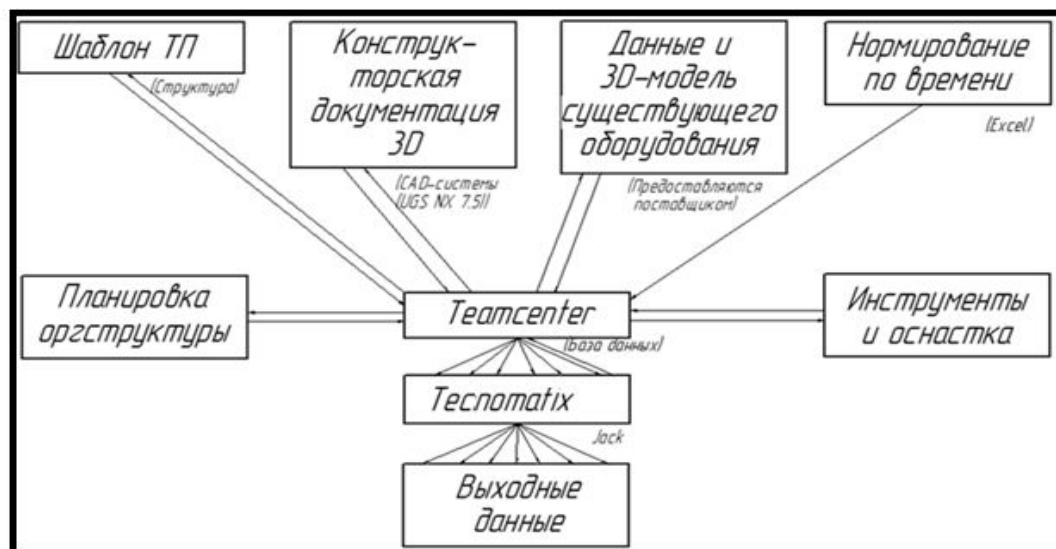


Рис. 1. Схема взаимодействия программных модулей

Конструкторская документация выполнена в системе автоматизированного проектирования «Unigraphics NX». Система представляет собой среду моделирования и прочих операций с трехмерными объектами, используемыми в имитационной модели. В этой среде происходит моделирование оборудования, инструментов, оснастки, а также прочих трехмерных объектов интерактивной планировки сборочного конвейера, используемых в реальном производстве.

Teamcenter с программным пакетом Tecnomatix позволяет использовать данные о технологической подготовке производства для анализа, моделирования и имитации производственных процессов. Сервис-ориентированная архитектура системы Teamcenter обеспечивает интеграцию данных из применяемых на предприятии систем CAM, ERP и MES в среду PLM.

Система моделирования цифровых манекенов «TecnomatixJack» представляет собой набор решений, предназначенный для моделирования цифровых манекенов и оценки соответствия требованиям эргономики конструкции изделия, технологических процессов и операций технического обслуживания [4].

После детального изучения необходимой информации, такой как технологический процесс под сборки ТНВД, комплектность установки, рабочие инструкции, требования завода-изготовителя, планировка рабочей зоны и используемые инструменты, проектируется имитационная модель в среде TecnomatixJack (рис. 2). В состав данной модели входят 3D-объекты, спроектированные ранее в среде Unigraphics NX (рис. 3), включающие в себя все оборудование и инструменты, находящиеся на данном сборочном участке, а также все детали, комплектующие ТНВД и операторов сборки.

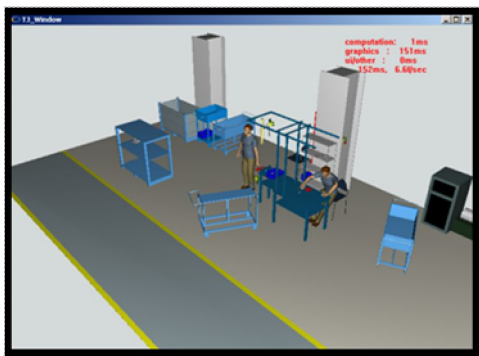


Рис. 2. Построение имитационной модели в среде TescnomatixJack

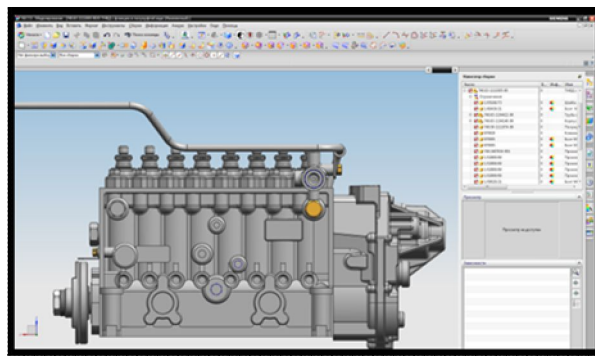


Рис. 3. Проектирование 3D моделей в среде Unigraphics NX

Далее в трехмерной среде TescnomatixJack задаются необходимые операции для манекена-сборщика, а также перемещения, осуществляемые им при выполнении сборочного процесса. Помимо этого задаются значения весов для всех активных объектов, которые использует сборщик (рис. 4).

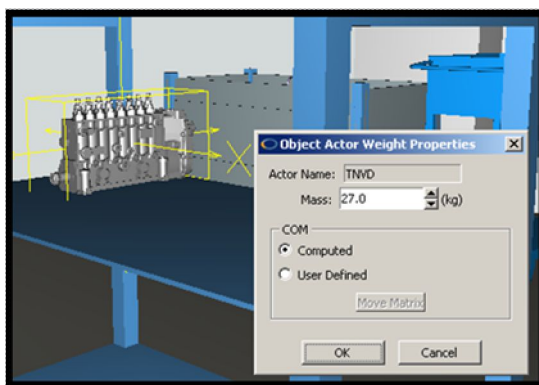


Рис. 4. Назначение весов для используемых объектов

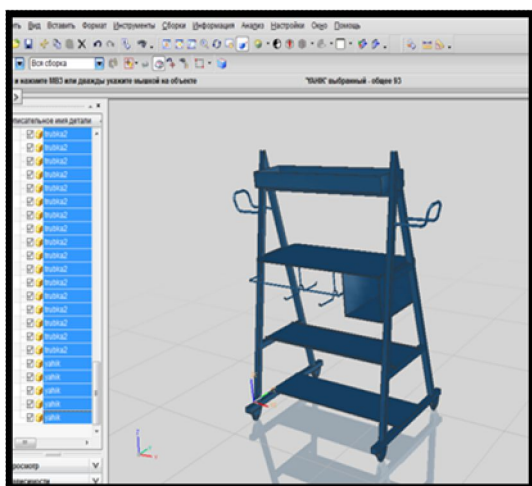


Рис. 5. Эргономическая оснастка

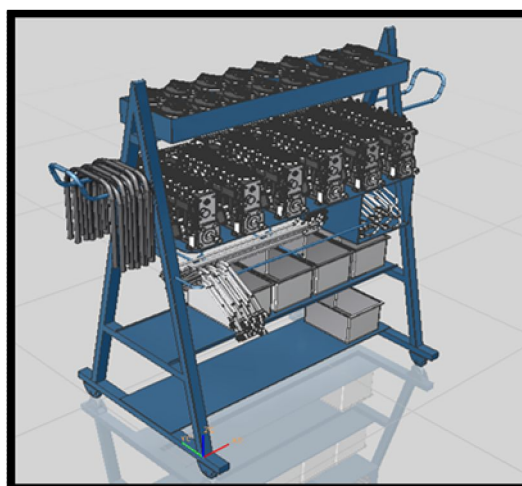
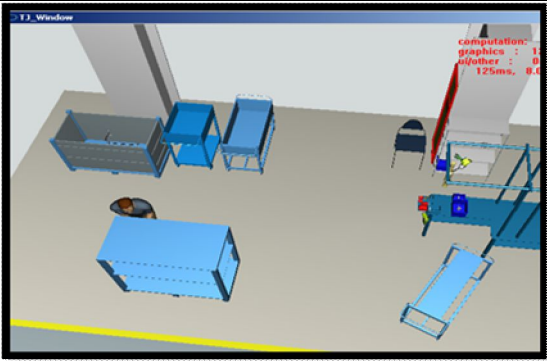
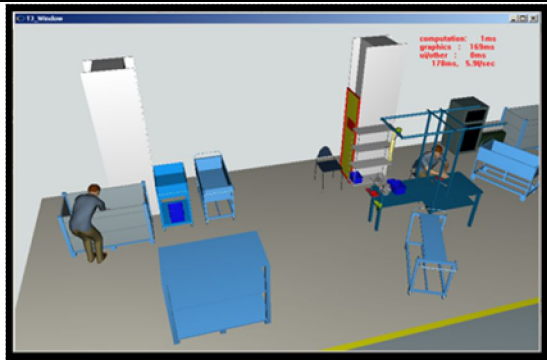
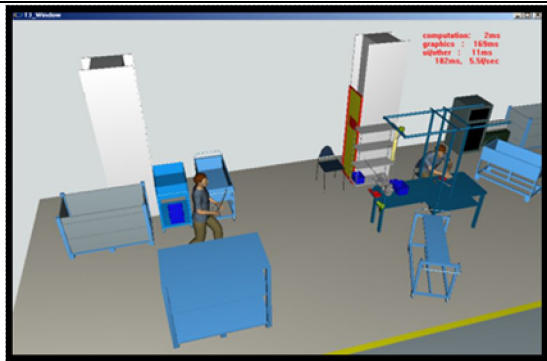
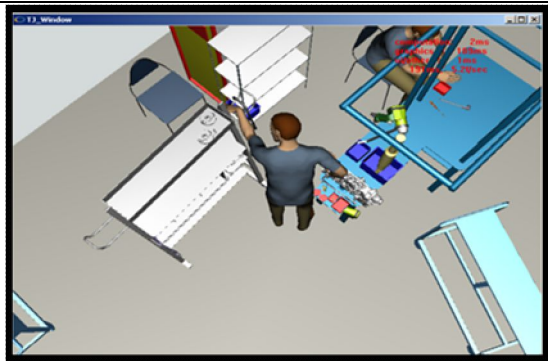


Рис. 6. Эргономическая оснастка (загруженная)

Таблица 1

## Сборочные операции

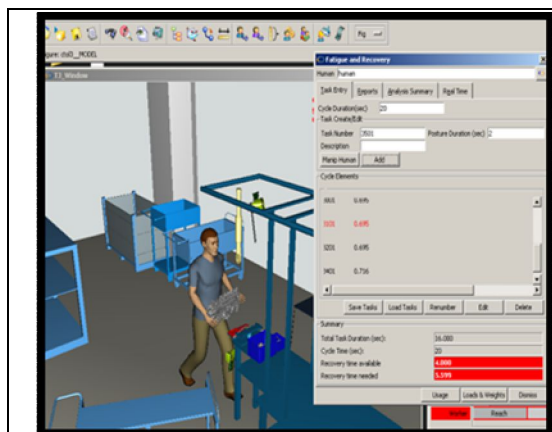
| До внедрения оснастки                                                               | После внедрения оснастки                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| а) закрепление ТНВД на специальную подставку                                        |                                                                                      |
|   |   |
| установка полумуфты                                                                 |                                                                                      |
|  |  |
| б) установка топливной трубки                                                       |                                                                                      |
|  |  |
| в) установка управляющего электропровода                                            |                                                                                      |

После изменения параметров имитационного эксперимента, внесения изменений в

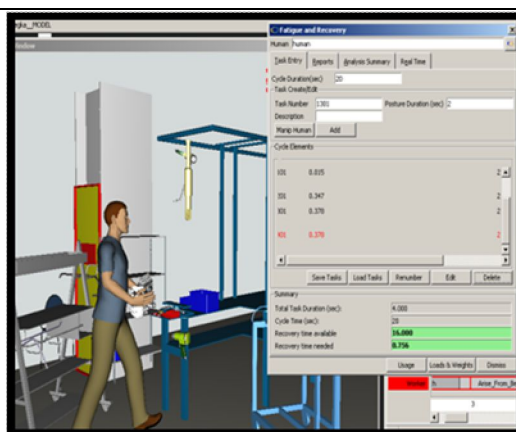


операции и перемещения с учетом созданной оснастки манекена-сборщика были проведены эргономические анализы, предусмотренные в среде TecnomatixJack, после чего фиксировалось время, затрачиваемое манекеном на сборку и транспортировку ТНВД.

Анализ степени усталости и параметров восстановления работоспособности в процессе выполнения технологической операции закрепления ТНВД на специальную пластину показал, что при периоде такта сборки 20 секунд, оператор не имеет времени на восстановление (рис. 7). В то время как при внедрении эргономической оснастки, оператор успевает восстановить свои силы, иметь значительный запас времени (рис. 8).

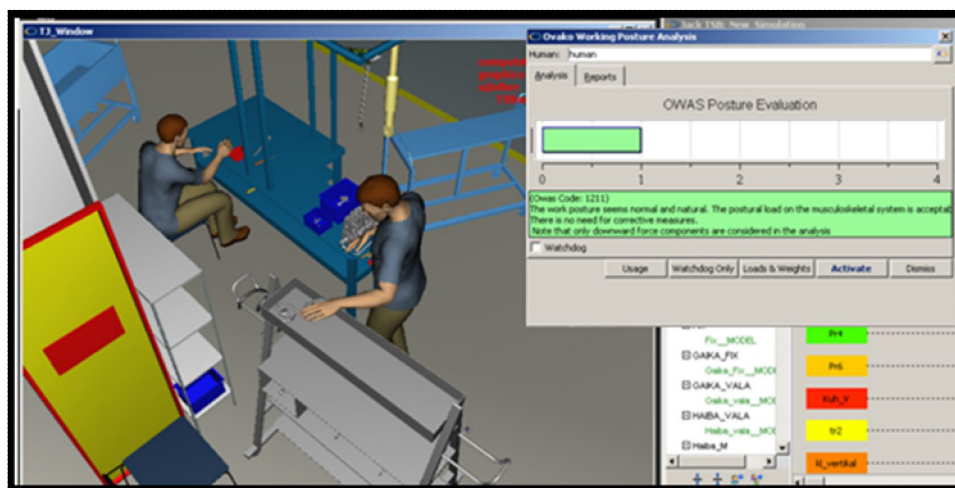


**Рис. 7. Операция установки ТНВД на спец. подставку**



**Рис. 8. Операция установки ТНВД на спец. подставку после внедрения оснастки**

Помимо этого, был проведен анализ «OWAS PostureEvaluation» – оценивание положений тела по степени риска получения травм, который показал положительный результат, все показатели находятся в допустимом диапазоне (рис. 9).



**Рис. 9. Анализ операции установки полумуфты по положению тела по степени риска**

## Вывод

---

Таким образом, было установлено, что в результате совершенствования технологической операции путем внедрения эргономической оснастки, общее время подборки установки ТНВД сократится на 15%, снизится степень усталости и риск получения травм, что было подтверждено результатами экспериментальных исследований с применением имитационной модели.

### Литературы

1. Имитационное моделирование. URL<http://www.simulation.su/uploads>. Дата обращения: 19.09.2013.
2. Литературный портал онлайн № 1. URL<http://bookzooka.com/book/152-texnologiya-sborki-i-montazha-konspekt-lekcij-martynov-yez/3-tema-1-sborochnye-processy-v-mashinostroenii.html> . Дата обращения. 20.09.13.
3. Научная библиотека избранных естественнонаучных изданий. URL [http://www.sernam.ru/method\\_im.php?id=3](http://www.sernam.ru/method_im.php?id=3). Дата обращения: 20.09.2013.
4. Свободная энциклопедия Википедия. URL<http://ru.wikipedia.org/wiki/Jack>. Дата обращения: 19.09.2013.