

# MACHINE SIMULATION – РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Июнь 2017

POWERED BY MASTERCAM'S  
DYNAMIC MOTION™ TECHNOLOGY



***Mastercam***®  
Be Dynamic.

# MACHINE SIMULATION – РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Июнь 2017

© 2017 CNC Software, Inc. – Все права защищены

Программное обеспечение: Mastercam 2018

## Условия использования

Использование этого документа оговорено в лицензионном соглашении конечного пользователя Mastercam. С лицензионным соглашением конечного пользователя также можно ознакомиться по следующей ссылке:

<http://www.mastercam.com/companyinfo/legal/LicenseAgreement.aspx>



**Авторизованный дистрибьютор Mastercam в России и СНГ.**

Тел./факс: +7 (495) 602-47-49. [info@mastercam-russia.ru](mailto:info@mastercam-russia.ru)

[www.mastercam.ru](http://www.mastercam.ru)

## Убедитесь, что Вы используете актуальную версию пособия!

С момента издания данного пособия информация могла быть изменена или дополнена. Последняя версия учебника поставляется с Mastercam или же ее можно получить у регионального дистрибьютора. Файл ReadMe (ReadMe.pdf) который поставляется в комплекте с каждым релизом системы, включает в себя актуальную информацию о возможностях и усовершенствованиях Mastercam.

# Содержание

<b>Введение</b> .....	<b>5</b>
Общие рекомендации по работе с пособием.....	5
Запуск приложения Machine Simulation.....	6
<b>1 Введение в Machine Simulation</b> .....	<b>9</b>
Упражнение 1: Запуск Mastercam.....	10
Упражнение 2: Предварительные настройки симуляции.....	12
Упражнение 3: Запуск симуляции.....	18
Упражнение 4: Выбор модели станка.....	26
<b>2 Функционал приложения Machine Simulation</b> .....	<b>29</b>
Упражнение 1: Бэклот траектории.....	30
Упражнение 2: Симуляция траектории.....	34
Упражнение 3: Просмотр симуляции.....	38
Упражнение 4: Определение геометрии оснастки.....	43
Упражнение 5: Симуляция обработки с удалением материала.....	44
<b>3 Анализ траекторий</b> .....	<b>47</b>
Упражнение 1: Анализ траектории до выбора метода закрепления.....	48
Упражнение 2: Анализ траектории до выбора модели станка.....	51
<b>4 Симуляция обработки на 3-осевом оборудовании</b> .....	<b>61</b>
Упражнение 1: Симуляция обработки с удалением материала.....	62

Упражнение 2: Определение геометрии оснастки и заготовки.....	66
Упражнение 3: Симуляция обработки с использованием различных типов конфигурации станочной оснастки.....	70
<b>Заключение.....</b>	<b>77</b>
Ресурсы.....	77
Обратная связь.....	78

# Введение

Приложение Mastercam Machine Simulation является эффективным средством верификации фрезерной обработки на 3-, 4- или 5-осевых станках. Используя функционал Machine Simulation, можно на этапе программирования операций выявить соударения инструмента и рабочих органов станка с заготовкой или элементами оснастки. К тому же симуляция операций позволяет на ранних этапах определить и устранить конструктивные недостатки станочных приспособлений. Таким образом, приложение Machine Simulation является эффективным инструментом для обеспечения точности и производительности при технологической подготовке операций обработки на фрезерных станках с ЧПУ.

## Основные задачи учебного пособия

- Ознакомление с интерфейсом приложения Machine Simulation.
- Описание функционала и приемов работы с Machine Simulation.
- Демонстрация преимуществ использования станочной симуляции.
- Анализ траектории средствами Machine Simulation.
- Демонстрация верификации 3- и 5-осевых траекторий.

**Внимание:** С целью улучшения качества изображений в данном пособии изменены цвета иллюстраций; таким образом, вид элементов интерфейса Mastercam может отличаться от приведенного в руководстве. Данное несоответствие не оказывает влияния на результаты работы.

**Ориентировочное время, необходимое на проработку пособия, составляет 2 часа**

## Общие рекомендации по работе с пособием

Для работы с пособиями по Mastercam 2018 необходимо:

- Обладать навыками работы с ОС Windows®.

Для полноценной работы с пособием не подойдут демонстрационная и домашняя версии Mastercam (Demo/Home Learning Edition) по причине разных форматов файлов (`emcam` – в демоверсии, `mcam` – в коммерческой и учебной лицензии). Также в демонстрационной версии заблокирована функция постпроцессирования и конвертация файлов.

- Каждое последующее упражнение базируется на материале предыдущих. Поэтому рекомендуется выполнять их по порядку.
- К пособию прилагаются файлы примеров. Их можно разместить в любой директории, доступной для Mastercam, если в учебнике не оговорены иные инструкции.
- Для просмотра видеоматериалов, на которые приведены ссылки в пособии, необходимо Интернет-соединение. Со всеми видеоматериалами можно ознакомиться на нашем канале в YouTube:  
[www.youtube.com/user/MastercamTechDocs](http://www.youtube.com/user/MastercamTechDocs)
- Необходимо настроить конфигурацию Mastercam для работы в метрической или дюймовой системе. В пособии приведены инструкции по соответствующей настройке программы.

## Запуск приложения Machine Simulation

Для работы с приложением станочной симуляции необходимо:

- Установленный Mastercam Mill или Router
- Проект Mastercam с минимум одной созданной операцией и заданной геометрией заготовки.

Приложение Machine Simulation на данный момент *не поддерживает* следующие типы операций:

- Токарные (Lathe)
- Электроэрозионные (Wire)
- 5-осевое сверление (Drill 5-axis)

- 5-осевое Круговое фрезерование (Circle Mill 5-axis)
- Операции Трансформации (Transform) – Сместить (Translate), Повернуть (Rotate) и Отразить зеркально (Mirror)
- Блочное сверление
- Операции с заменой осей
- Работа с агрегатными головками
- Подготовительные FBM операции без перемещений

**Внимание:** В Machine Simulation верификация траекторий выполняется на основании NCI-кода Mastercam. Данный продукт не предназначен для симуляции G-кода. Также необходимо учитывать, что в Machine Simulation не используется описание станка, указанное в проекте Mastercam. Такой подход позволяет быстро выполнить симуляцию обработки на любой из доступных моделей станков.





# Введение в Machine Simulation

В данном разделе показаны базовые приемы работы с Machine Simulation, такие как выбор модели станка, запуск симуляции, а также настройка параметров отображения обрабатываемой детали.

## Цели занятия

- Запуск приложения Machine Simulation
- Ознакомление с интерфейсом Machine Simulation
- Выбор модели станка

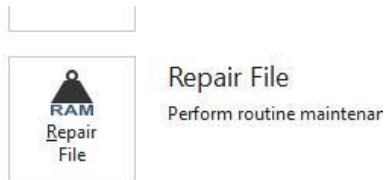
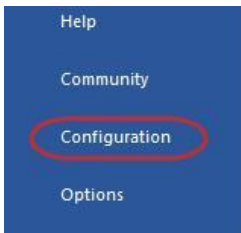
## Упражнение 1: Запуск Mastercam

1. Запустите Mastercam предпочтительным для Вас способом:
  - a. Выполнив двойной клик на ярлыке Mastercam на рабочем столе.



ИЛИ

- b. Запустив Mastercam из меню Пуск.
2. Установите стандартную метрическую систему измерения:
    - a. Выберите вкладку **Файл (File)**.
    - b. В появившемся меню выберите **Конфигурация (Configuration)** для запуска диалога Конфигурация системы (System Configuration).

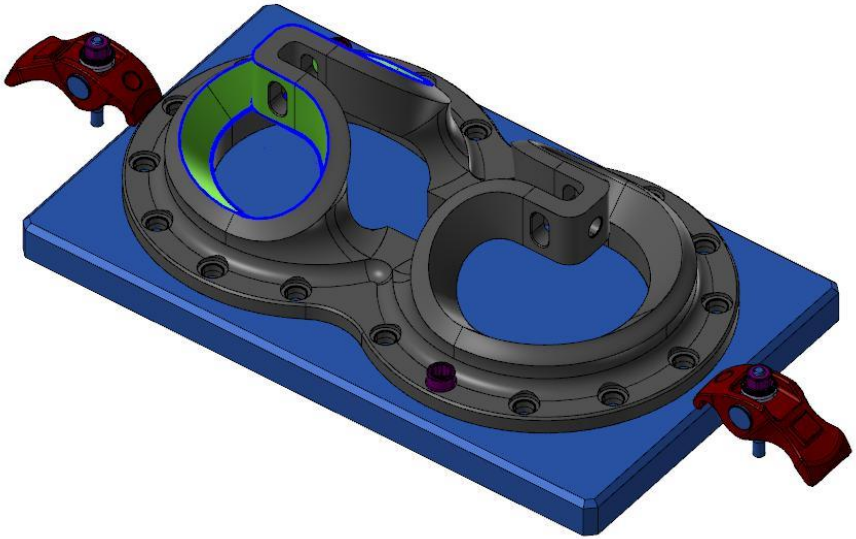


- c. Выберите `... \mcamxm.config <Metric>` из выпадающего списка **Текущий (Current)**.



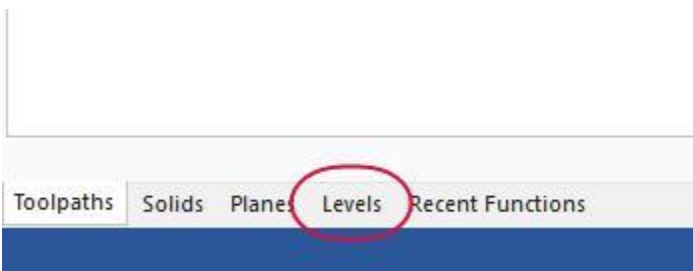
- d. Нажмите **ОК**.

3. Откройте проект Mastercam SWARE, поставляемый с данным пособием.



**Примечание:** Для работы с приложением Machine Simulation требуется геометрия детали, заданная твердотельной или поверхностной 3D-моделью.

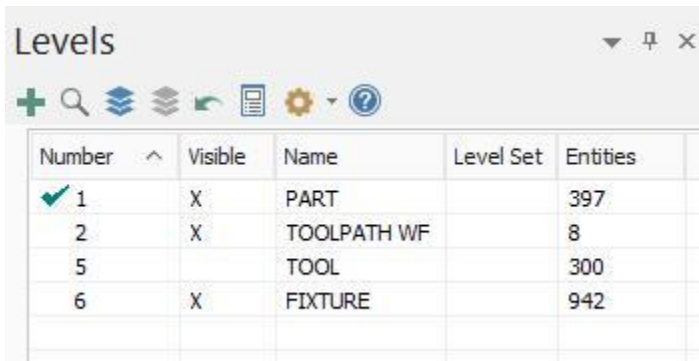
4. В Менеджере траекторий (Toolpaths Manager) перейдите на вкладку Слои (Levels), чтобы отобразить Менеджер слоев (Levels Manager).



Если указанная вкладка отсутствует, необходимо на ленте команд перейти на вкладку Вид (**View**) и включить отображение Менеджера слоев (Levels Manager), нажав кнопку Слои (**Levels**).



5. Обратите внимание, что геометрия детали расположена на главном слое, а геометрия станочного приспособления – на слое № 6.



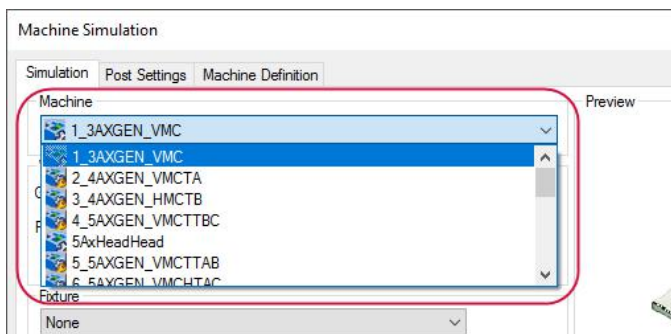
## Упражнение 2: Предварительные настройки симуляции

1. На вкладке **Станок (Machine)** в группе Симуляция обработки (Machine Simulation) нажмите кнопку запуска диалога настройки (см. иллюстрацию ниже).



Появится диалог Симуляция обработки (Machine Simulation).

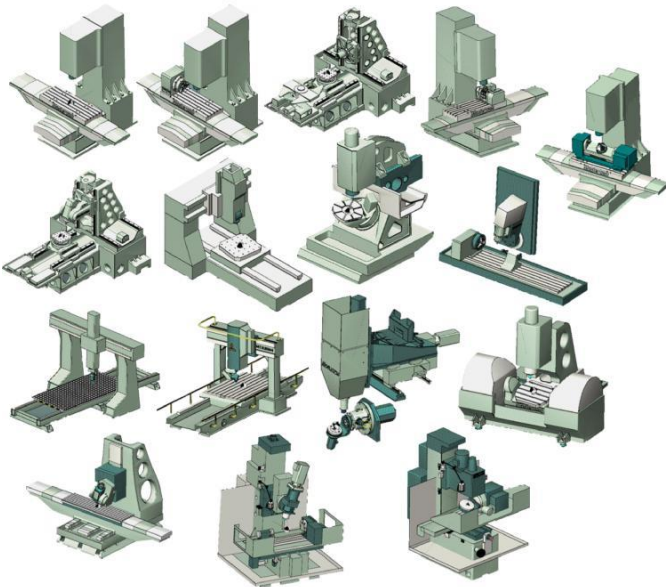
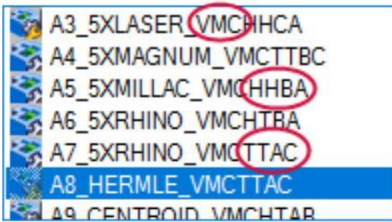
2. В выпадающем списке **Станок (Machine)** в верхней части диалога представлены доступные для симуляции конфигурации станочного оборудования.



В базовой поставке Mastercam для симуляции доступны все типы кинематики станков, в том числе три наиболее распространенные группы 5-осевого оборудования:

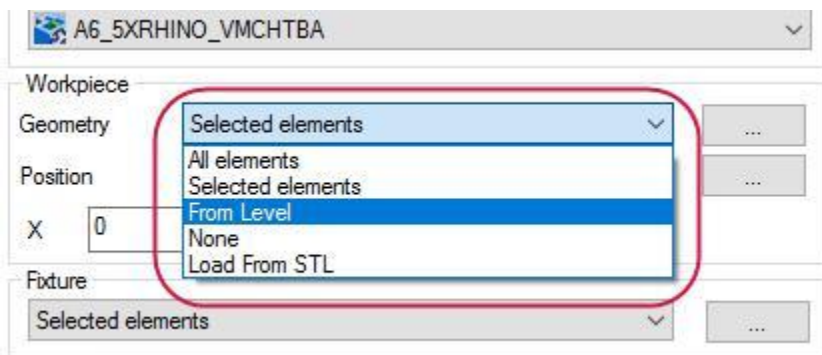
- Стол/Стол
- Стол/Голова
- Голова/Голова

В названиях станков в списке присутствуют аббревиатуры, указывающие на тип кинематики:



3. Выберите из списка станок **A6\_5XRHINO\_VMCHTBA**.
4. Раскройте выпадающий список **Геометрия (Geometry)** в поле **Деталь (Workpiece)**.

По умолчанию, в Machine Simulation в качестве детали подгружается вся видимая твердотельная или поверхностная геометрия, однако пользователь может указать собственные настройки с помощью рассматриваемых опций.



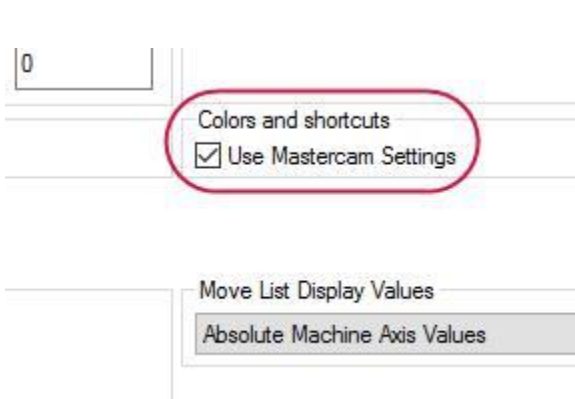
5. Выберите в списке пункт **Все элементы (All elements)**.
6. Раскройте выпадающий список **Оснастка (Fixture)**. Выберите параметр **Из слоя (From Level)** и укажите слой № 6.



7. Задайте значение **0.3** для параметра **Точность симуляции (Simulation tolerance)**.

Данный параметр задает точность расчета соударений между обрабатываемой заготовкой и рабочими элементами станка.

8. Выберите параметр **Использовать настройки Mastercam (Use Mastercam Settings)**.



В Machine Simulation можно выполнить настройку элементов интерфейса (цветов, пиктограмм и т.п.) отдельно от настроек интерфейса Mastercam. Данная опция позволяет задать настройки интерфейса Machine Simulation аналогично настройкам в Mastercam.

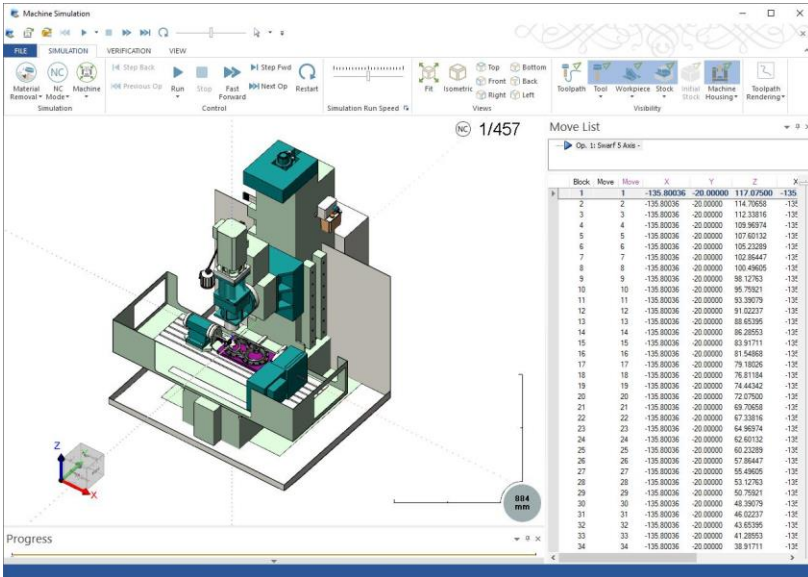
9. Для запуска окна Machine Simulation нажмите кнопку **Симуляция (Simulate)** в нижней части диалогового окна.



Mastercam сохраняет данные настройки с файлом детали при сохранении проекта после выполнения симуляции. Соответственно, при следующей сессии работы с данным проектом можно работать с симуляцией без внесения настроек.

Интерфейс Machine Simulation открывается поверх окна Mastercam, в окне приложения отображается геометрия детали, позиционированная в рабочей области станка.

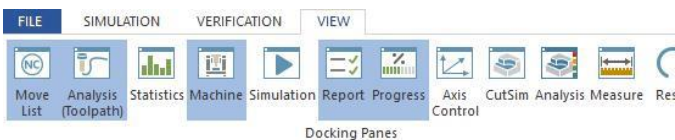




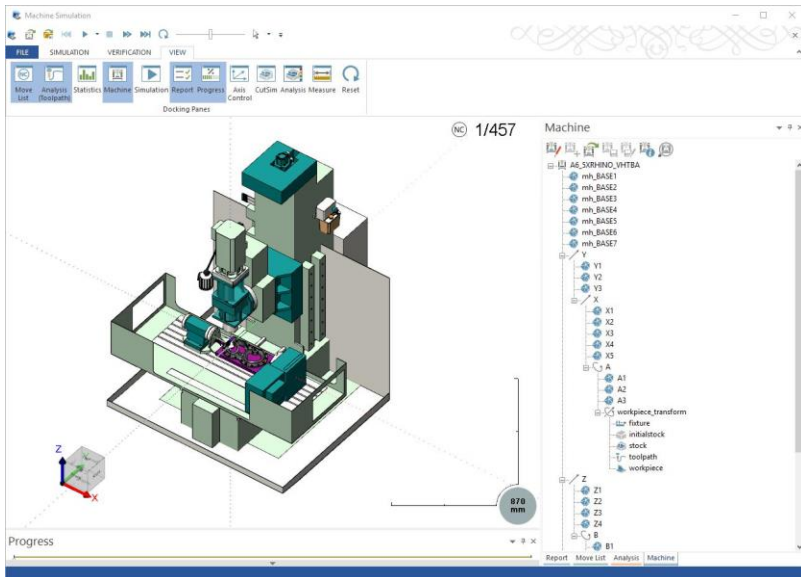
Если деталь не отображается, нажмите **Деталь (Workpiece)** на вкладке **Симуляция (Simulation)** для отображения соответствующей геометрии. Чтобы установить отображение по умолчанию, необходимо на вкладке **Вид (View)** нажать кнопку **Сброс (Reset)**. В результате окно приложения будет выглядеть, как показано на иллюстрации выше.

10. На вкладке **Вид (View)** включите отображение следующих панелей:

- Список перемещений (Move List)** (если не включено)
- Прогресс Progress** (если не включено)
- Анализ (Траектория) (Analysis (Toolpath))**
- Станок (Machine)**
- Отчет (Report)**



Опции на данных панелях будут использованы в последующих упражнениях. Окно приложения теперь должно выглядеть, как показано на иллюстрации ниже:



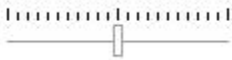
При необходимости можно упорядочить панели в окне Machine Simulation в соответствии с предпочтениями пользователя.

### Упражнение 3: Запуск симуляции

В Machine Simulation предусмотрен набор опций для просмотра и анализа симуляции работы станка. Кнопки управления просмотром находятся на вкладке Симуляция (Simulation).



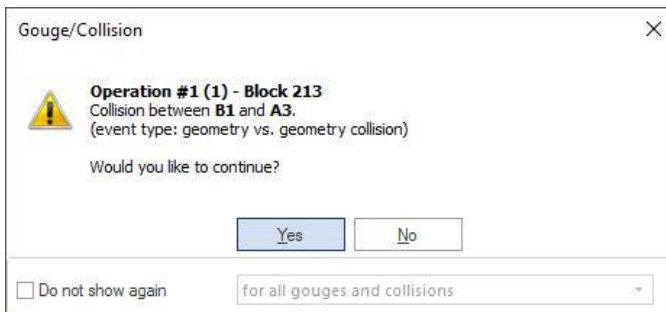
1. Перейдите на вкладку **Симуляция (Simulation)**.
2. С помощью слайдера установите среднюю скорость воспроизведения.



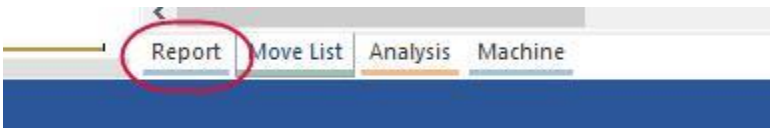
- Перемещение слайдера влево уменьшает скорость симуляции, но увеличивает детализацию.
  - Перемещение слайдера вправо наоборот – увеличивает скорость и уменьшает детализацию – при визуализации перемещений происходит пропуск определенного количества кадров. При этом контроль соударений происходит на всем протяжении обработки, в том числе в пропущенных кадрах.
3. Нажмите кнопку **Запуск (Run)**, чтобы начать симуляцию.

Обратите внимание, что в процессе симуляции будет перемещаться слайдер на шкале времени в нижней части окна, а также будут отражены движения инструмента на панели Список перемещений (Move List).

4. В рассматриваемой операции имеет место соударение с деталью, в результате чего система выведет соответствующее сообщение. Нажмите **Да (Yes)** для продолжения симуляции.



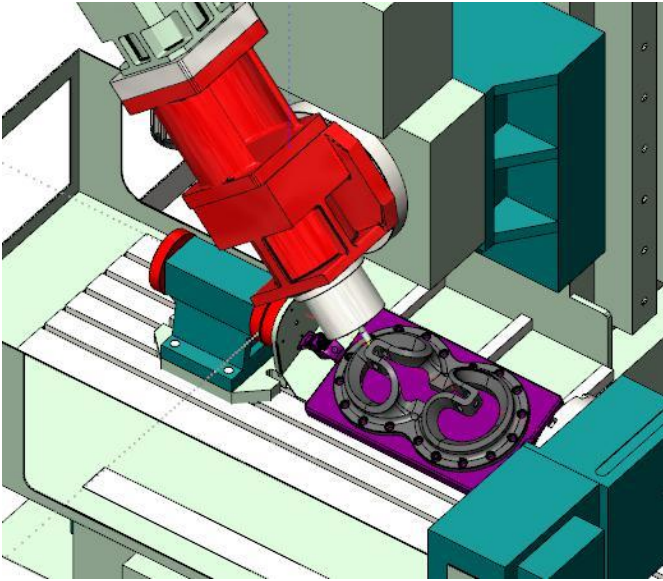
5. Перейдите на вкладку **Отчет (Report)**.



После завершения визуализации обработки на вкладке Отчет (Report) будет отображен список событий, произошедших в процессе симуляции. В рассматриваемой операции происходит соударения с осями А и В. К тому же выводится сообщение о перемещении по оси X ниже предельного значения.

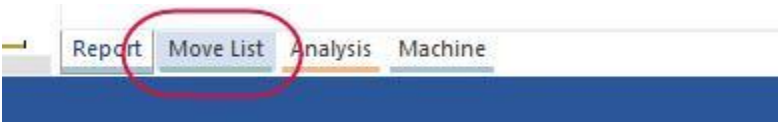
Block	Comment
Operation 1 : #1 - Swarf 5 Axis -	
Collision	
213 - 245	Collision between B1 and A3.
217 - 241	Collision between B3 and A1.
219 - 239	Collision between B3 and A3.
Out Of Min Range	
181 - 275	Axis Limit Overrun: Value underflow X

6. Если нажать на строке сообщения о соударении, например, **Collision between B1 and A3** (Соударение между В1 и А3), система отобразит кадр, в котором происходит соответствующее событие. При этом элементы, между которыми происходит соударение, будут окрашены в красный цвет.



Увеличить или уменьшить изображение можно с помощью колесика мышки.  
Область увеличения зависит от положения курсора.

7. Перейдите на вкладку **Список перемещений (Move List)**.

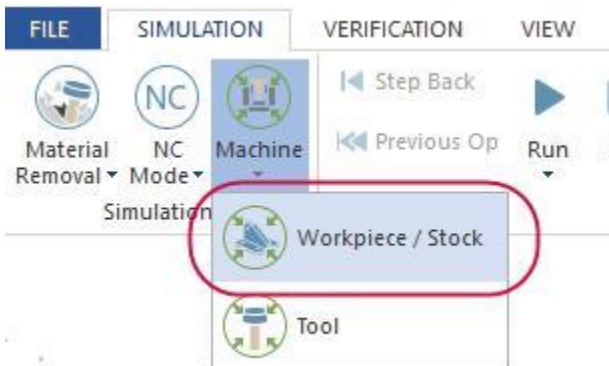


8. Далее найдите строку № 213 (начальное перемещение с соударением) и нажмите несколько раз стрелку вниз на клавиатуре – в результате система отобразит следующие кадры симуляции.

208	208	-135.79373	30.21136	-19.46982	-33
209	209	-136.51212	28.99112	-19.47011	-33
210	210	-137.20069	27.75381	-19.47039	-33
211	211	-137.85903	26.50016	-19.47065	-33
212	212	-138.48676	25.23092	-19.47091	-34
✗ 213	213	<b>-139.08350</b>	<b>23.94682</b>	<b>-19.47114</b>	<b>-34</b>
✗ 214	214	-139.64891	22.64862	-19.47137	-34
✗ 215	215	-140.18264	21.33710	-19.47158	-34
✗ 216	216	-140.68440	20.01301	-19.47178	-35
✗ 217	217	-141.15388	18.67714	-19.47196	-35
✗ 218	218	-141.59080	17.33028	-19.47213	-35
✗ 219	219	-141.99491	15.97322	-19.47229	-35

Также для навигации по кадрам симуляции можно перемещать слайдер в правой части списка перемещений.

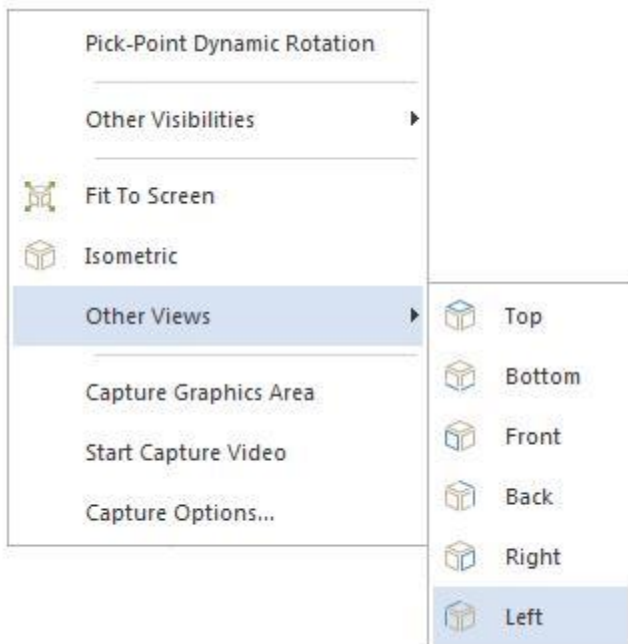
9. Переместите слайдер на шкале времени в нижней части окна в левое крайнее положение для запуска симуляции с начала.
10. На вкладке **Симуляция (Simulation)** нажмите на стрелке под пиктограммой **Станок (Machine)** и выберите опцию **Деталь/Заготовка (Workpiece/Stock)**.



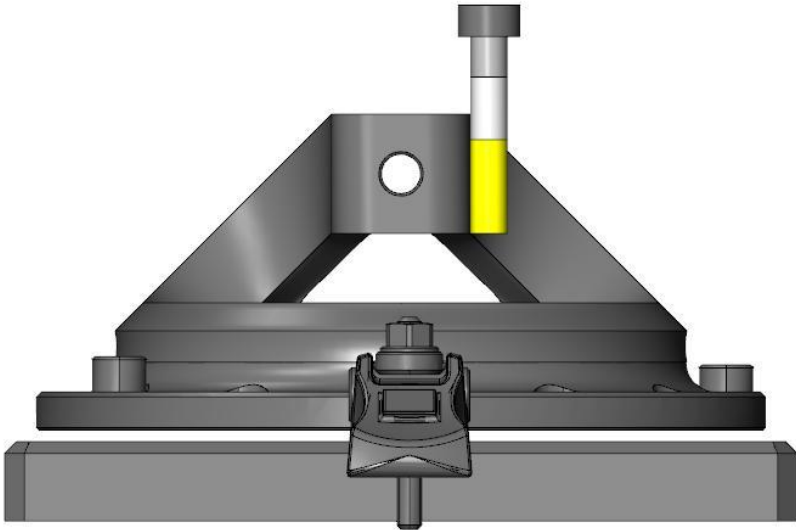
Данная опция задает режим симуляции, в котором вид сфокусирован на неподвижной детали, перемещается инструмент.

11. Уменьшите масштаб с помощью колесика мышки.

12. Нажмите правой кнопкой мыши в графической области и в появившемся контекстном меню выберите **Другие виды (Other Views) – Слева (Left)**. В результате деталь будет ориентирована в соответствии в выбранным видом.



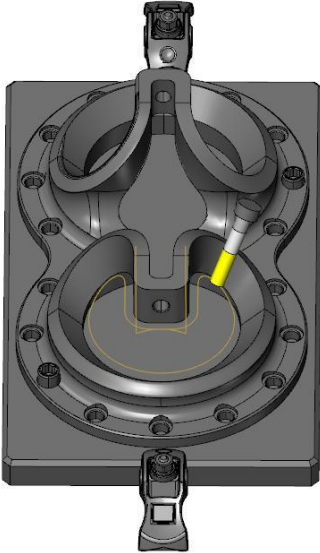
В Machine Simulation доступны большинство стандартных видов из Mastercam.



13. В графической области нажмите и удерживайте левую кнопку мыши одновременно с перемещением курсора вниз. В результате деталь повернется вниз, предоставляя лучший обзор перемещений инструмента.
14. Снова нажмите **Запуск (Run)** для повторного просмотра симуляции.

Выбранный тип отображения – **Деталь/Заготовка (Workpiece/Stock)** – более удобен для анализа траектории, так как заготовка остается стационарной и перемещения инструмента более наглядны.





15. Снова установите тип отображения **Станок (Machine)**, после чего установите графический вид **Изометрия (Isometric)**.
16. Нажмите кнопку **Экран (Fit)** для отображения станка в размер экрана.



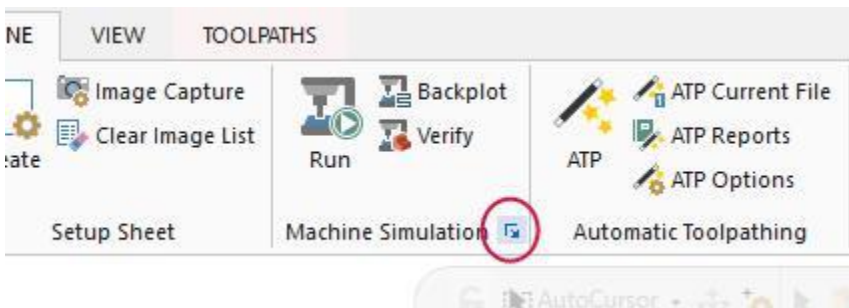
17. Закройте окно приложения Machine Simulation и перейдите обратно в Mastercam.

В данном упражнении рассмотрены только несколько возможных опций отображения геометрии детали и станка в Machine Simulation. В дальнейшем будет рассмотрен дополнительный функционал приложения.

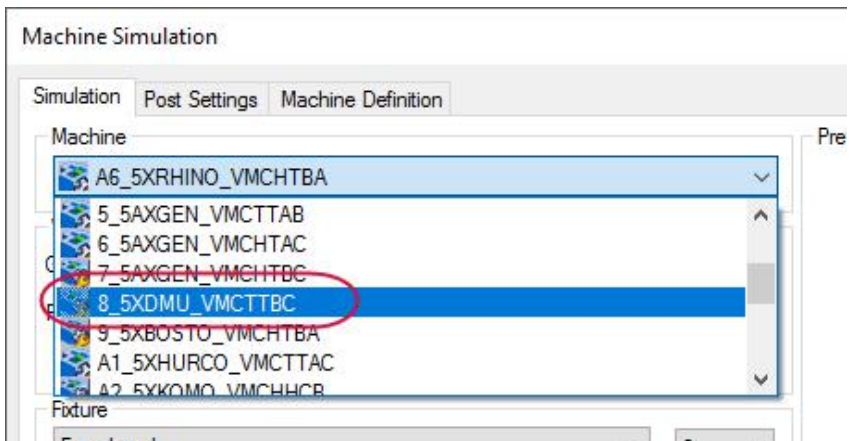
## Упражнение 4: Выбор модели станка

Одним из наиболее важных преимуществ симуляции в Mastercam является возможность верификации запрограммированных траекторий инструмента вне станка, без использования машинного времени. Выявление ошибок на ранней стадии позволяет снизить затраты на технологическую подготовку производства. В данном упражнении будет рассмотрена процедура выбора другой модели оборудования на основании обнаруженных в процессе симуляции соударений рабочих органов станка и перемещений вне лимита по оси X.

1. На вкладке **Станок (Machine)** в группе Симуляция обработки (Machine Simulation) нажмите кнопку запуска диалога настройки.



2. Выберите модель **8\_5XDMU\_VMCTTBC** в списке **Станок (Machine)**.



3. Если необходимо, задайте значение **0.3** для параметра **Точность симуляции (Simulation tolerance)**.

4. Нажмите кнопку **Симуляция (Simulate)** в нижней части диалога для запуска приложения Machine Simulation
5. Увеличьте скорость симуляции с помощью слайдера (как было показано в Упражнении 2) и нажмите кнопку **Запуск (Run)**.
6. После завершения симуляции откройте вкладку **Отчет (Report)** для просмотра событий в процессе обработки. В данном случае соударения не обнаружены.
7. Закройте окно приложения Machine Simulation и перейдите в Mastercam.

Основной задачей станочной симуляции является проверка возможных соударений в процессе обработки детали на разных установках и/или разных моделях оборудования. В следующих упражнениях работа с симуляцией будет рассмотрена более подробно, в частности, будет показана верификация траекторий в режиме бэкплота и удаления материала.



## Функционал приложения

### Machine Simulation

В данном разделе будут более углубленно рассмотрены приемы работы с приложением Machine Simulation, анализ траектории и метода закрепления заготовки, а также конструкции станочного приспособления.

#### Цели занятия

- Бэжплот траектории и анализ перемещений
- Симуляция траектории и анализ приспособления
- Верификация обработки с удалением материала

## Упражнение 1: Бэкплот траектории

Первичный анализ траектории можно выполнить в окне Mastercam с помощью функции Бэкплота.

1. Перейдите на вкладку **Файл (File)**, выберите **Открыть (Open)** и откройте файл `VISERING`, поставляемый с данным пособием. Данный проект выполнен в дюймовой системе измерений, поэтому Mastercam отобразит на экране запрос на переход из метрической в дюймовую систему. Выберите опцию **Все настройки (All settings)** и нажмите **OK**.
2. Если деталь отображается в каркасном режиме, нажмите на клавиатуре комбинацию **[Alt+S]** для перехода в режим **Shaded**.

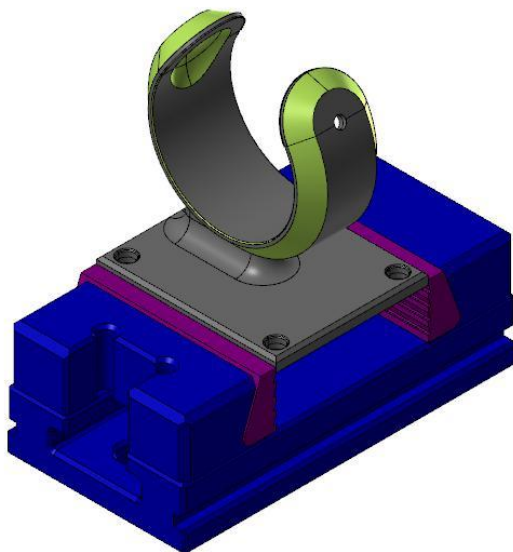


В проекте созданы траектории обработки поверхностей, окрашенных в зеленый цвет. Для данной детали наиболее целесообразно использовать 5-осевое оборудование: в таком случае деталь можно полностью обработать за один установ, что было бы проблематично в случае 3-осевой обработки.

3. В Менеджере слоев (Levels Manager) включите видимость слоя 2, чтобы отобразить на экране 3D-модель приспособления.

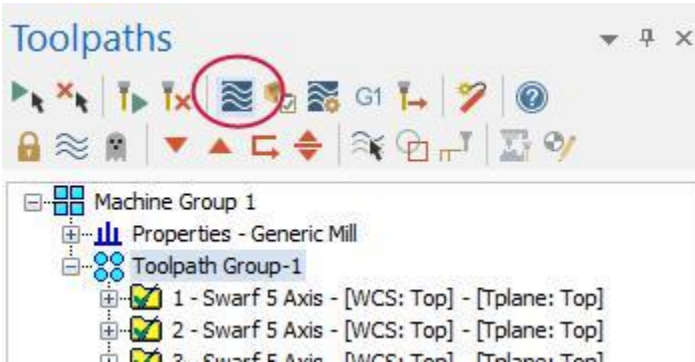
Number	Visible	Name	Level Set	Entities
1		WIREFRAME		287
2	X	WISE		5
3		PART WF		53
4		STOCK		49
5	X	PART		107
6		TOOLPATH WF		28
7		RAISER		22

Безусловно, закрепление в тисках – лишь один из многих вариантов базирования данной детали. При проектировании обработки необходимо отдельно прорабатывать схему базирования и закрепления детали на основании геометрии, топологии размерных связей, возникающих при обработке усилий и т.п.



4. В Менеджере Траекторий (Toolpaths Manager) выберите все траектории, кликнув левой кнопкой на строке **Станочная группа-1 (Toolpath Group-1)**,

После чего нажмите кнопку **Бэкплот выбранных операций (Backplot selected operations)**.



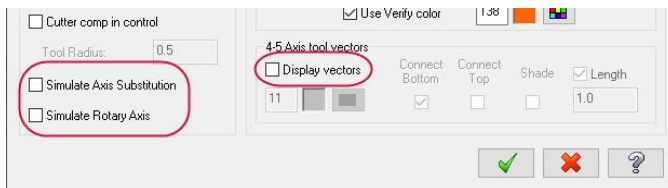
Система отобразит диалог Бэкплот (Backplot).

5. В диалоговом окне нажмите кнопку **Опции (Options)** для настройки параметров отображения при бэкплоте траекторий.



6. Отключите следующие опции в диалоге Опции бэкплота (Backplot Options):
  - a. **Симуляция замены осей (Simulate Axis Substitution)**
  - b. **Симуляция осевого вращения (Simulate Rotary Axis)**
  - c. **Показать вектора (Display vectors)**





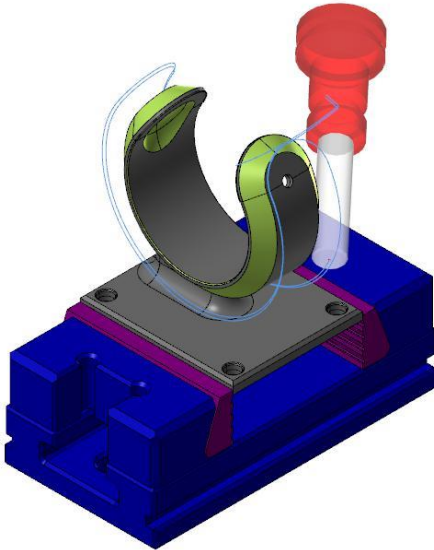
При такой настройке отображения в процессе бэкплота деталь будет неподвижна, перемещаться будет только инструмент.

7. Нажмите **ОК** для выхода из диалога Опции бэкплота (Backplot Options).
8. В диалоге Бэкплот включите опции **Показать инструмент (Display tool)** и **Показать патрон (Display holder)** для отображения модели инструмента и патрона в процессе бэкплота.



9. Нажмите кнопку **Запуск (Play)** на панели в верхней части окна для запуска бэкплота траекторий.

В процессе симуляции проанализируйте перемещения инструмента и патрона на предмет соударения с деталью и элементами оснастки. Для удобства просмотра и анализа можно вращать, приближать и отдалять деталь.



10. По завершении симуляции нажмите **ОК** в диалоге Бэкплот.

В первой итерации соударения отсутствуют. Теперь перейдем к станочной симуляции с отрисовкой рабочих органов станка.

## Упражнение 2: Симуляция траектории

Бэкплот траектории – хороший инструмент анализа перемещений инструмента, но только в первом приближении, так как при такой симуляции можно отобразить только инструмент и патрон. Перемещения рабочих органов станка – шпинделя, поворотных осей и т.п. не отрисовываются в бэкплоте, поэтому в большинстве случаев целесообразно выполнять вторую итерацию – верификацию траекторий с отрисовкой геометрии станка в приложении Machine Simulation.

Для качественной симуляции траекторий необходимо создать 3D-модель станка, соответствующую применяемому станочному оборудованию. За более подробной информацией по данному вопросу можно обратиться к региональному дистрибьютору Mastercam.

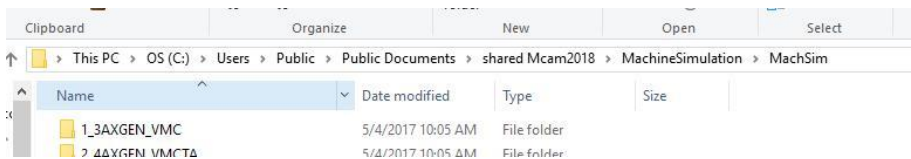
1. Скопируйте папку HERMLE800 (поставляется с данным пособием) в следующую директорию:

C:\Users\Public\Public Documents\shared

Mcam2018\MachineSimulation\MachSim

В каждой папке данной директории содержатся файлы, необходимые для симуляции обработки на определенной модели станка:

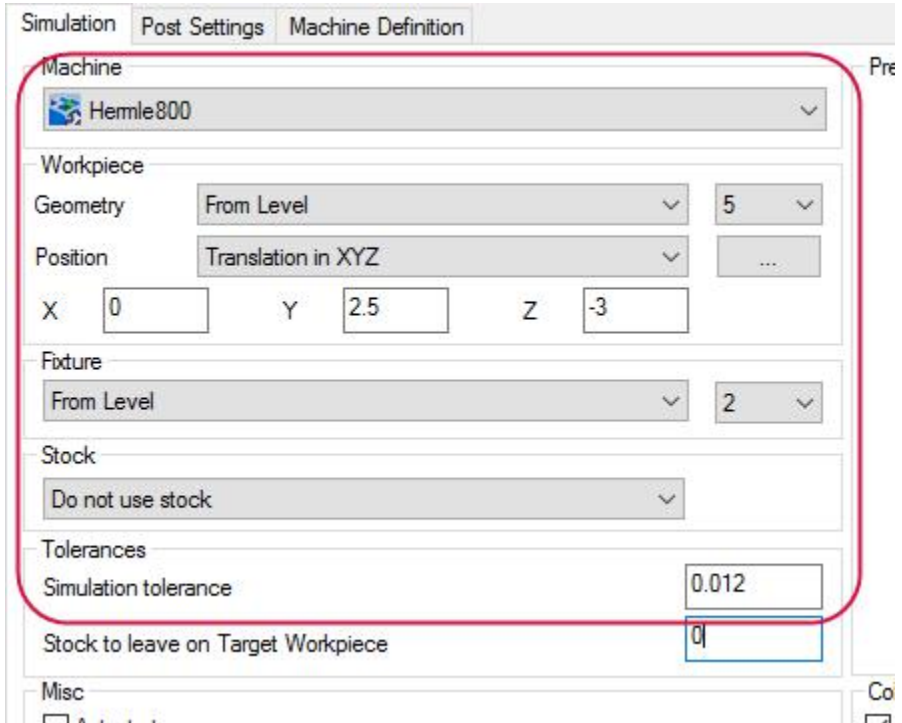
- a. XML-файл с описанием структуры элементов кинематики станка
- b. GIF-файл – используется в качестве иллюстрации на странице настроек
- c. STL-модели конструктивных элементов станка



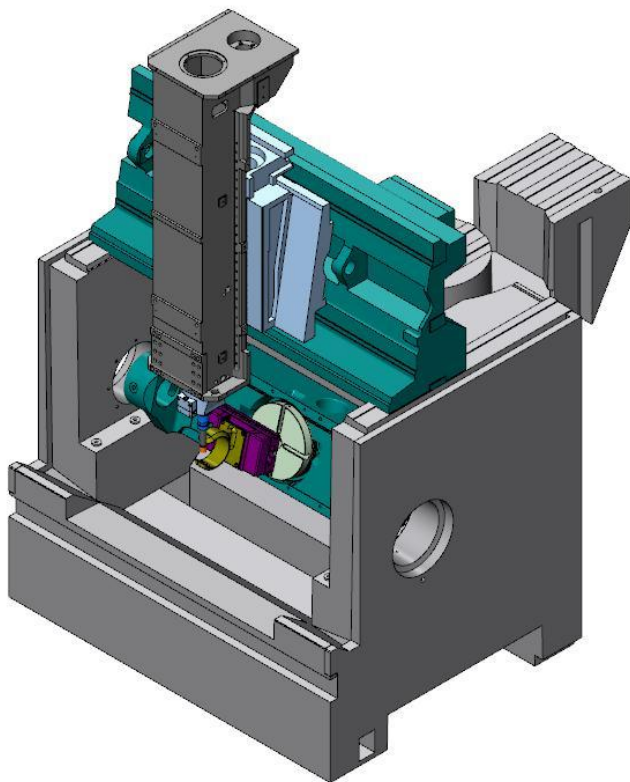
2. На вкладке **Станок (Machine)** в группе Симуляция обработки (Machine Simulation) нажмите кнопку запуска диалога настройки.



3. Задайте настройки симуляции в соответствии с иллюстрацией:

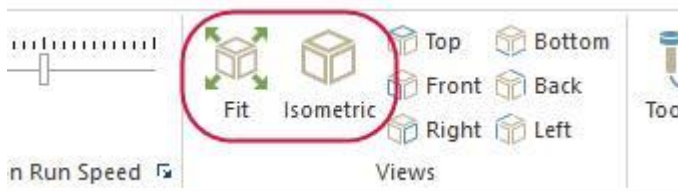


- a. Раскройте список **Станок (Machine)** и выберите станок **Hemle800**.
  - b. Для параметра **Геометрия (Geometry)** задайте значение **Из слоя (From Level)**, далее выберите слой № 5.
  - c. Для параметра **Позиция (Position)** установите значение **Перенос в XYZ (Translation in XYZ)**.
  - d. Задайте смещение по Y равным 2.5 и смещение по Z равным -3.
  - e. В поле **Оснастка (Fixture)** выберите параметр отображения **Из слоя (From Level)** и выберите слой № 2.
  - f. Для параметра **Точность симуляции (Simulation tolerance)** задайте значение **0.012**.
4. Далее нажмите кнопка **Симуляция (Simulate)** для запуска приложения Machine Simulation.





При необходимости можно включить или отключить отображение корпуса станка с помощью опции **Обвес станка (Machine Housing)**. Выберите режим отображения **Станок (Machine)**.

5. В группе Виды (Views) нажмите кнопку **Изометрия (Isometric)** и **Экран (Fit)**. В результате станок будет отображен в изометрии и масштабирован в размер экрана.

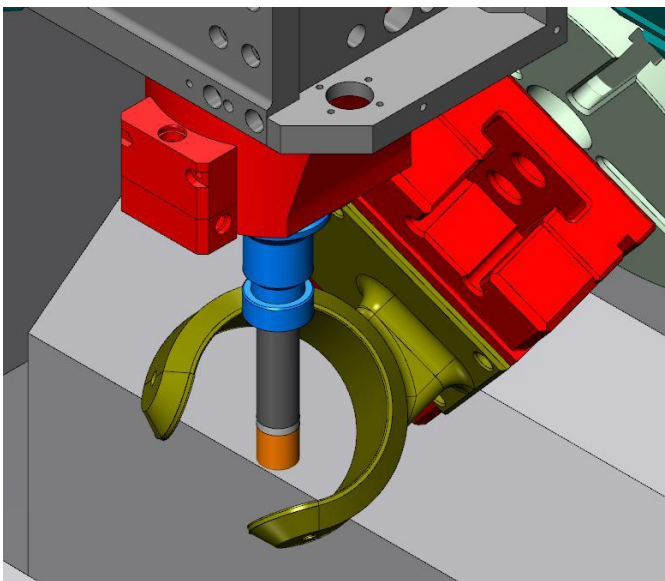


## Упражнение 3: Просмотр симуляции

1. Нажмите кнопку **Запуск (Run)**, чтобы начать симуляцию.
2. Нажмите **Да (Yes)** в диалоге Контроль соударений (Gouge/Collision). Система обнаруживает 4 соударения.
3. На вкладке Отчет (Report) отображены соударения в операциях 2 и 4.

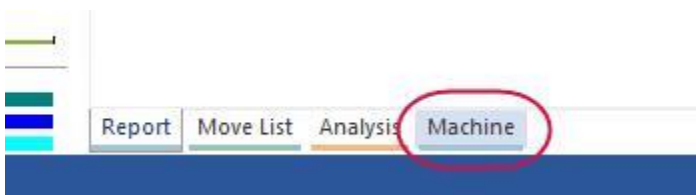
Block	Comment
▲  Operation 2 : #2 - Swarf 5 Axis -	
▲ Collision	
1676 - 1704	Collision between Geometry7 and fixture.
1886 - 1913	Collision between Geometry7 and fixture.
▲  Operation 4 : #4 - Swarf 5 Axis -	
▲ Collision	
2142 - 2169	Collision between Geometry7 and fixture.
2351 - 2378	Collision between Geometry7 and fixture.

4. Нажмите на первой строке в списке соударений, чтобы отобразить соответствующий кадр симуляции в графической области.
5. С помощью колесика мышки масштабируйте изображение для более детального просмотра области соударения.

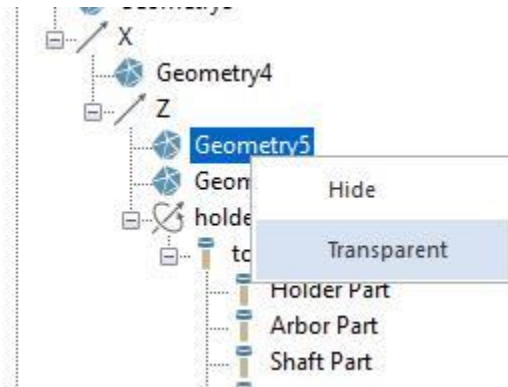


В данном случае происходит соударение шпинделя с элементом станочного приспособления.

6. Перейдем на вкладке **Станок (Machine)** для настройки отображения отдельных компонентов станка.

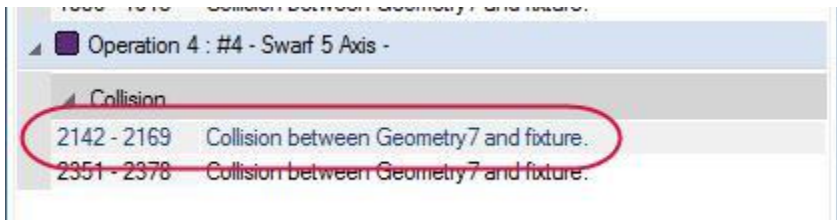


7. Нажмите правой кнопкой на элементе **Geometry5** (дочерний элемент объекта ось Z) и выберите режим отображения **Прозрачный (Transparent)**.



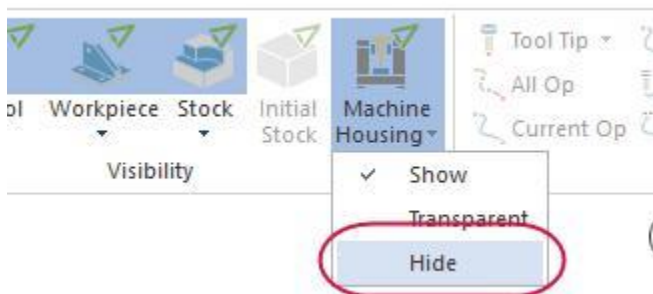
В результате корпус шпинделя будет отображаться прозрачным, и можно более предметно рассмотреть область соударения.

8. Нажмите правой кнопкой мыши на элементе **Geometry7** и также установите режим отображения **Прозрачный (Transparent)**.
9. Перейдите на вкладку **Отчет (Report)**.
10. Нажмите на строке первого соударения в операции 4.

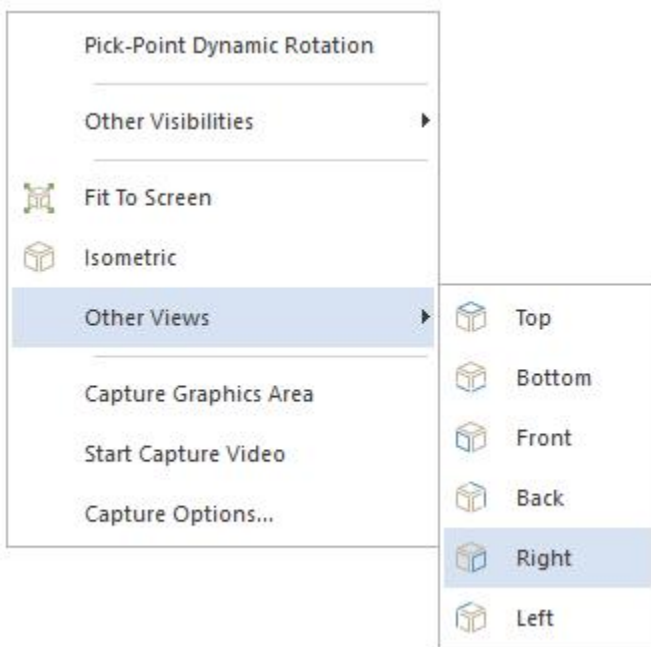


11. На вкладке ленты **Симуляция (Simulation)** в разделе **Отображение (Visibility)** раскройте меню **Обвес станка (Machine Housing)** и выберите команду **Скрыть (Hide)**. В результате в графической области будут отображены только рабочие органы станка, оснастка, а также геометрия детали и приспособления, что позволит дополнительно улучшить обзор области обработки.

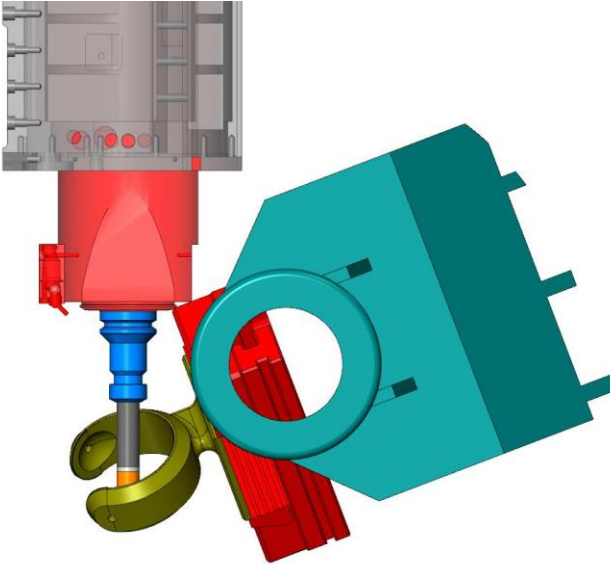




12. Нажмите правой кнопкой мыши в графической области и в появившемся контекстном меню выберите **Другие виды (Other Views) – Справа (Right)**.



Такой вид позволит наилучшим образом рассмотреть область соударения между шпинделем и приспособлением.



13. Перейдите на вкладку **Список перемещений (Move List)**.
14. Далее на этой вкладке перетяните слайдер вниз, чтобы просмотреть кадры, в которых происходят соударения в текущей операции.

Block	Move	Move	X	Y	Z	X
2120	1		-5.37050	6.54565	1.81532	0.2157
2121	2		-5.31093	6.47671	1.85002	0.2157
2122	3		-5.25136	6.40776	1.88472	0.2157
2123	4		-5.19178	6.33882	1.91942	0.2157
2124	5		-5.13221	6.26987	1.95412	0.2157
2125	6		-5.07264	6.20093	1.98882	0.2157
2126	7		-5.01307	6.13198	2.02353	0.2157
2127	8		-4.95350	6.06304	2.05823	0.2157
2128	9		-4.89393	5.99409	2.09293	0.2157
2129	10		-4.83436	5.92514	2.12763	0.2157
2130	11		-4.77479	5.85620	2.16233	0.2157
2131	12		-4.71522	5.78725	2.19703	0.2157
2132	13		-4.65565	5.71831	2.23173	0.2157
2133	14		-4.59608	5.64936	2.26643	0.2157
2134	15		-4.53651	5.58042	2.30113	0.2157
2135	16		-4.47694	5.51147	2.33583	0.2157
2136	17		-4.41737	5.44253	2.37053	0.2157
2137	18		-4.35780	5.37358	2.40523	0.2157
2138	19		-4.29823	5.30464	2.43993	0.2157
2139	20		-4.23866	5.23569	2.47463	0.2157
2140	21		-4.17908	5.16674	2.50933	0.2157
2141	22		-4.11951	5.09780	2.54403	0.2157
2142	23		-4.05994	5.02885	2.57873	0.2157
2143	24		-4.00037	4.95991	2.61343	0.2157
2144	25		-3.94080	4.89096	2.64813	0.2157
2145	26		-3.88123	4.82202	2.68283	0.2157
2146	27		-3.82166	4.75307	2.71753	0.2157
2147	28		-3.76209	4.68413	2.75223	0.2157

15. Закройте окно приложения Machine Simulation и перейдите в Mastercam.

## Упражнение 4: Определение геометрии оснастки

Анализ траекторий в Machine Simulation может показать, что выбранное приспособление не подходит для определенной операции. С помощью симуляции можно проанализировать процесс обработки с использованием различных видов станочной оснастки, что позволяет уменьшить затраты машинного времени при подготовке производства, а также избежать соударений в процессе отладки.

1. На вкладке **Станок (Machine)** в группе Симуляция обработки (Machine Simulation) нажмите кнопку запуска диалога настройки.
2. Укажите, что геометрия оснастки расположена на слое № 7.



3. Нажмите кнопку **Симуляция (Simulate)**.
4. Включите отображение обвеса станка.
5. Нажмите **Изометрия (Isometric)** и **Экран (Fit)**, чтобы масштабировать станок в размер экрана.
6. Нажмите **Запуск (Run)** для запуска симуляции.



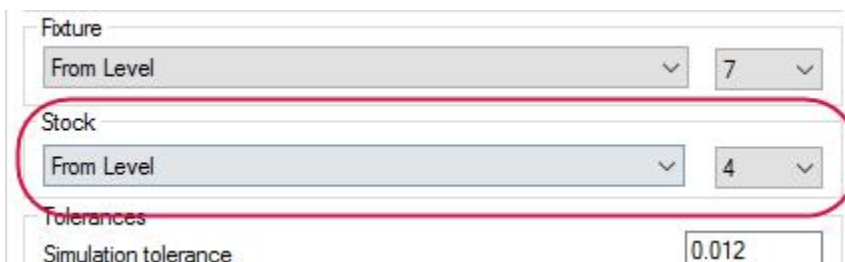
В данном случае соударения отсутствуют, так как новое приспособление обладает меньшими габаритами.

7. Закройте окно Machine Simulation и перейдите в Mastercam.

## Упражнение 5: Симуляция обработки с удалением материала

Теперь, когда удалось добиться обработки без соударений, можно приступить к третьей итерации – симуляции траекторий с учетом геометрии заготовки и удалением материала. Приложение Machine Simulation обладает всем необходимым функционалом для выполнения этой задачи.

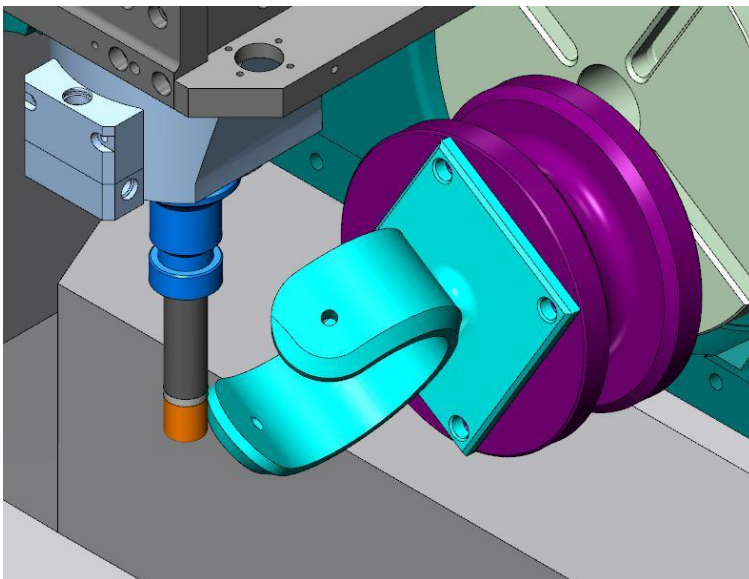
1. Запустите диалог настройки симуляции на вкладке **Станок (Machine)**.
2. В поле Заготовка (Stock) выберите опцию **Из слоя (From Level)** и выберите слой № 4.



3. Запустите окно симуляции.

Так как в настройках указана геометрия заготовки, в Machine Simulation автоматически будет выбран режим симуляции с удалением материала.

4. Нажмите кнопку **Запуск (Run)**, чтобы начать симуляцию.



В процессе симуляции будет показан сьем материала при взаимном перемещении заготовки и инструмента.

Обратите внимание, что система обнаружила два соударения с режущей частью инструмента. Чтобы устранить эти соударения, в частности, можно изменить геометрию инструмента, вернувшись в главное окно Mastercam.

5. Закройте окно Machine Simulation и перейдите обратно в Mastercam.

Финальным этапом является запуск обработки на станке. Как было продемонстрировано, в данном проекте удалось устранить часть ошибок в процессе виртуальной симуляции траекторий без использования машинного времени.

**Внимание:** Станочная симуляция позволяет выполнить верификацию различных стратегий обработки и станочных приспособлений, не используя при этом дорогостоящее машинное время. Однако, симуляция не отменяет необходимости соблюдать все возможные меры предосторожности при первом запуске обработки на станке.

В следующей главе будут рассмотрены дополнительные возможности анализа траекторий в Machine Simulation.

## Анализ траекторий

Приложение Machine Simulation обладает набором функций анализа траекторий, который позволяет выбрать наилучшую стратегию обработки, а также способ базирования и закрепления заготовки при многоосевой обработке детали.

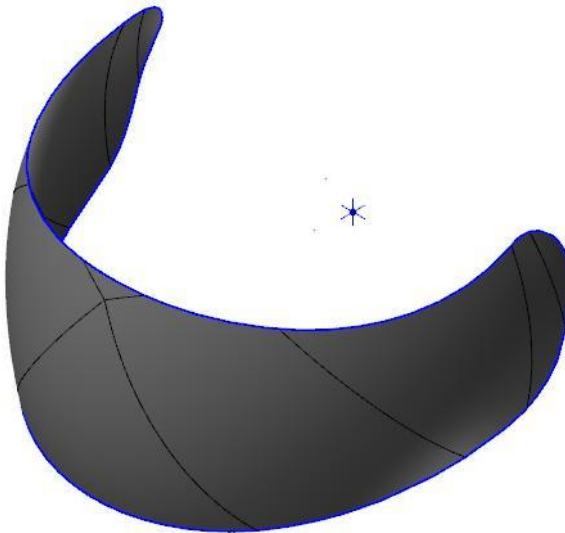
### Цели занятия

- Анализ позиционирования детали
- Анализ траектории инструмента
- Настройка параметров

## Упражнение 1: Анализ траектории до выбора метода закрепления

Инструменты анализа траекторий в Machine Simulation позволяют получить полезную информацию по программе обработки даже до выбора метода базирования и закрепления заготовки.

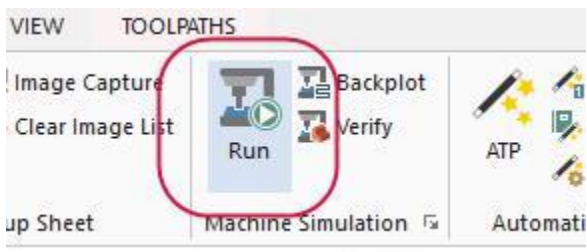
1. В окне Mastercam перейдите на вкладку **Файл (File)**, выберите **Открыть (Open)** и откройте файл CURVE\_5X, поставляемый с данным пособием.



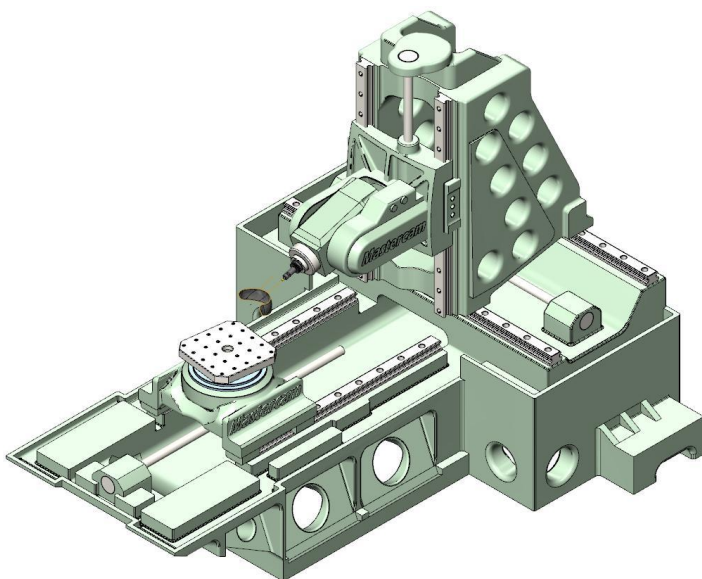
Данный проект выполнен в метрической системе измерений, поэтому Mastercam отобразит на экране запрос на переход из дюймовой в метрическую систему. Выберите опцию **Все настройки (All settings)** и нажмите **OK**.

2. На вкладке **Станок (Machine)** нажмите кнопку **Запуск (Run)**.

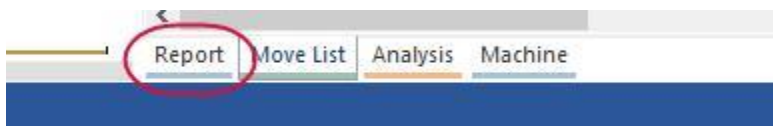




В рассматриваемом проекте уже выполнены настройки симуляции – деталь позиционирована и указана модель станка.

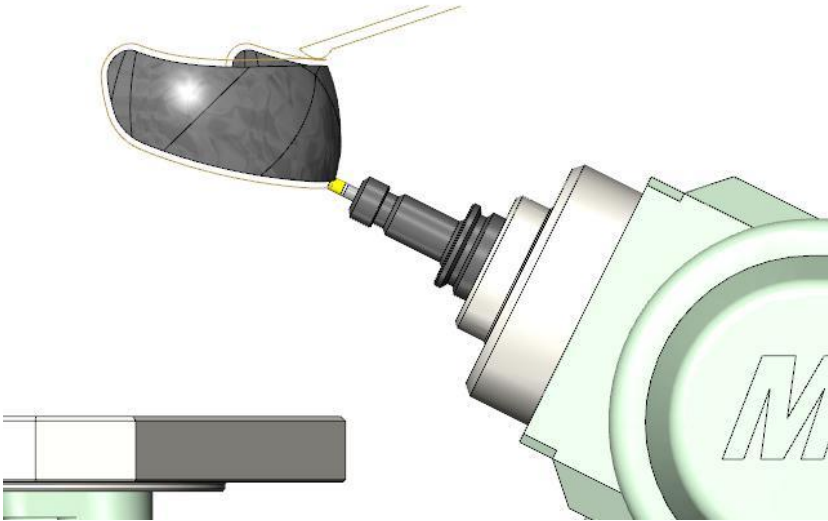


3. Нажмите кнопку **Запуск (Run)**, чтобы начать симуляцию.
4. Перейдите на вкладку **Отчет (Report)**.



Система выявила перемещение по оси Z, находящееся вне рабочего хода.

5. Нажмите на строке с указанием данной ошибки, и Machine Simulation отобразит в графической области соответствующий кадр.
6. Увеличьте изображение и на вкладке **Симуляция (Simulation)** выберите вид **Справа (Right)** для более наглядного отображения.



7. Просмотрите весь участок траектории, находящийся вне рабочего хода станка.

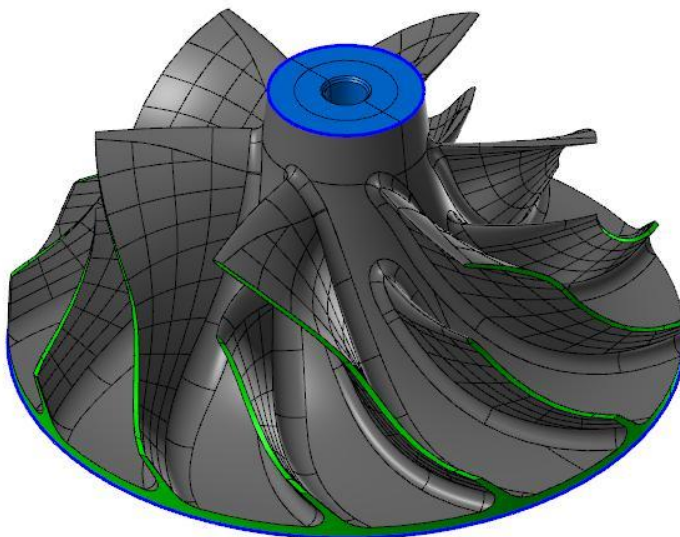
Данный пример наглядно демонстрирует ситуацию, в которой ошибка траектории (применительно к выбранной модели станка) выявлена еще до выбора метода закрепления и вида станочной оснастки. В таком случае целесообразно рассмотреть возможность применения другого станка для данной операции или изменить схему позиционирования заготовки.

8. Закройте окно приложения Machine Simulation.

## Упражнение 2: Анализ траектории до выбора модели станка

Machine Simulation обладает функционалом анализа, который позволяет определить дополнительные параметры траектории, влияющие на выбор модели станочного оборудования.

1. В окне Mastercam перейдите на вкладку **Файл (File)**, выберите **Открыть (Open)** и откройте файл `SPLIT_IMPELLER`, поставляемый с данным пособием.



2. В Менеджере Траекторий (Toolpaths Manager) выберите операцию №2.



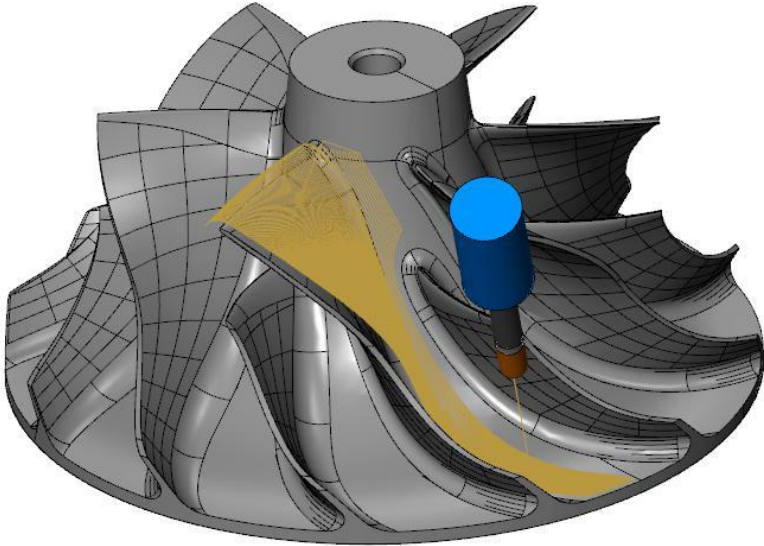
В таком случае Machine Simulation отобразит только выбранную операцию.

3. Запустите диалог настройки симуляции на вкладке **Станок (Machine)**.



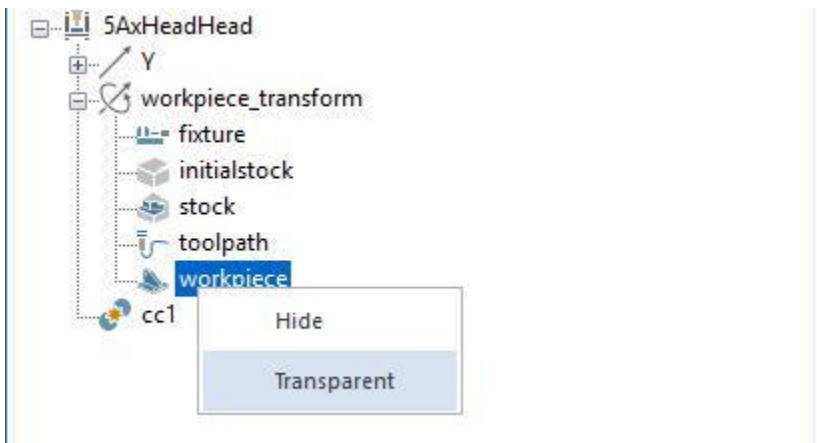
В проекте выбран станок 5AxHeadHead.

4. Задайте значение параметра **Точность симуляции (Simulation tolerance)** равным 0.3.
5. Нажмите кнопку **Симуляция (Simulate)** для запуска приложения Machine Simulation. Обратите внимание, что геометрия станка в графической области отсутствует.
6. Нажмите кнопку **Запуск (Run)** для просмотра симуляции траектории.

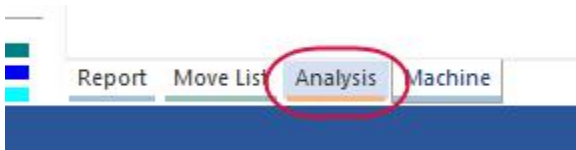


Если траектория не отображается, убедитесь, что активен режим Бэкплота (Backplot) и нажмите кнопку **Траектория (Toolpath)** на вкладке ленты **Симуляция (Simulation)** в разделе **Отображение (Visibility)**.

- Для более детального просмотра траектории перейдите на вкладке **Станок (Machine)**, далее выберите команду **Скрыть (Hide)** в контекстном меню элемента **workpiece**.

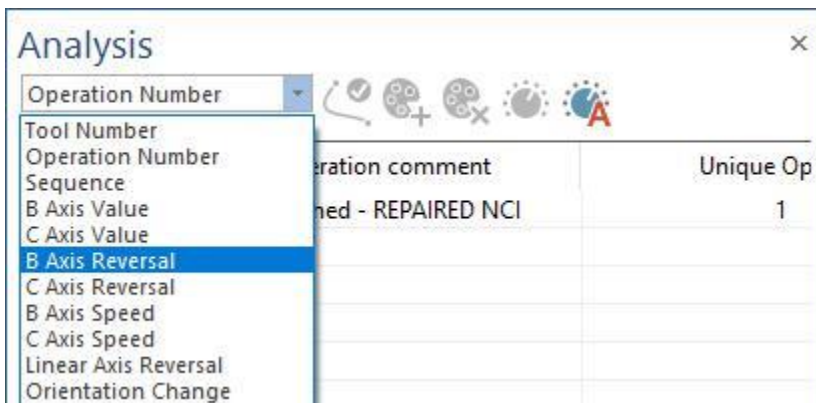


8. Перейдите на вкладку **Анализ (Analysis)**.



На данной вкладке представлены опции для подробного изучения траектории.

9. Выберите опцию **В Ось – Реверс (B Axis Reversal)** из выпадающего списка в верхней части вкладки.



При включении данного средства анализа система будет изменять цвет отрисовки траектории каждый раз, когда изменяется направление вращения поворотной оси. Таким образом, с помощью цветовой индикации можно быстро определить участки траектории, где за счет смены направления поворота оси В потенциально может ухудшиться качество обрабатываемой поверхности.

10. Для более подробного изучения траектории можно изменять масштаб отображения и поворачивать вид.

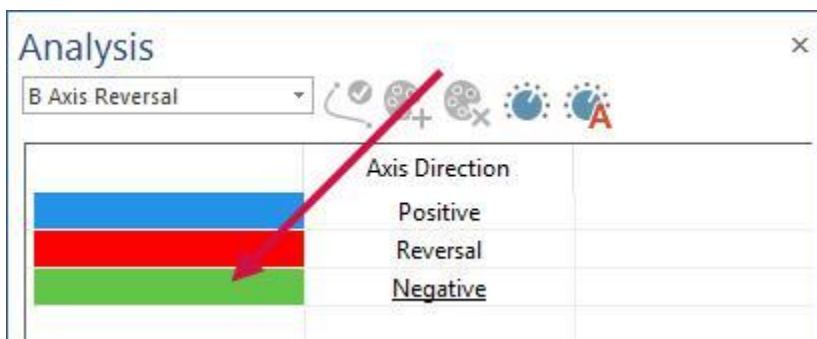


На вкладке Анализ указываются значения цветовой индикации:

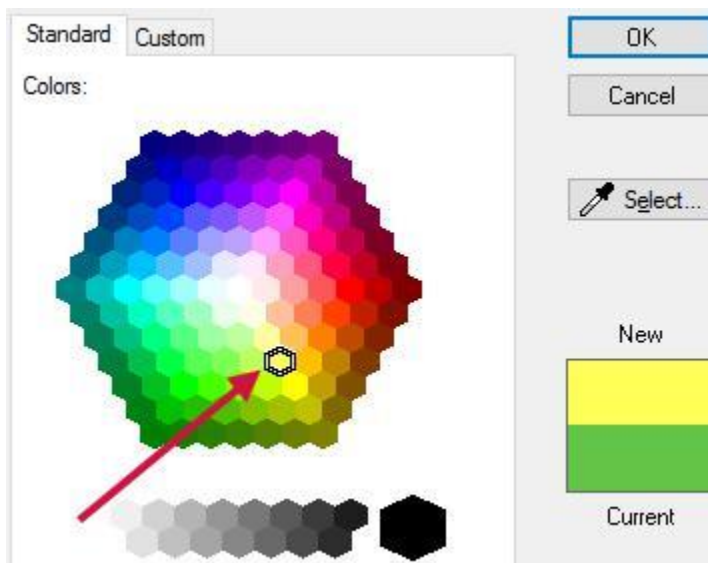
- **Синий:** Поворот оси в положительном направлении
- **Зеленый:** Поворот оси в отрицательном направлении
- **Красный:** Участок реверса направления

На участках реверса направления, отмеченных красным цветом, инструмент может оставить характерные следы, особенно при работе с устаревшим станочным оборудованием. Может оказаться целесообразным оптимизировать перемещения на данных участках траектории.

11. Чтобы изменить цвет индикации отрицательных перемещений, необходимо выполнить двойной клик на зеленой ячейке на вкладке Анализ, в результате чего появится диалог Цвета (Colors).

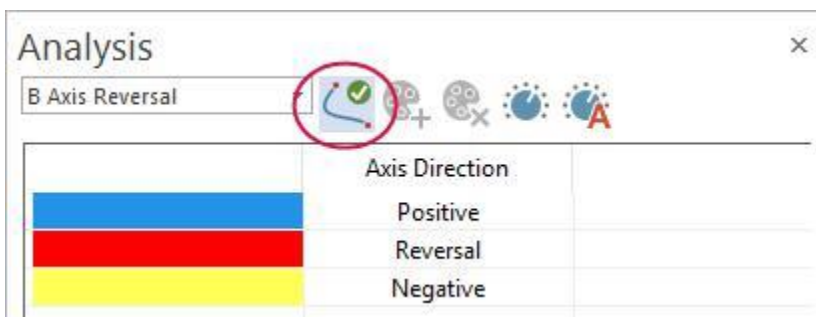


12. Выберите желтый цвет в появившемся диалоге и нажмите ОК.



13. Нажмите кнопку Обновление (Refresh) на вкладке анализ.



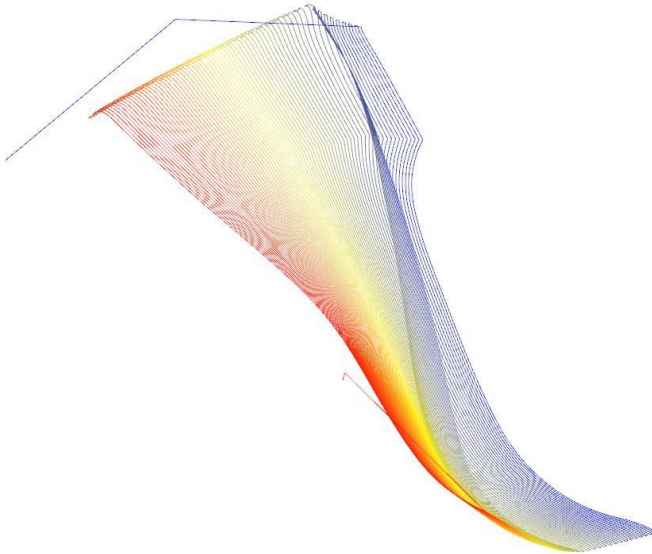


Новая цветовая индикация более контрастна позволит более наглядно проанализировать изменения направления поворота оси В.



14. Выберите из выпадающего списка опцию **Очередность (Sequence)**.  
 Данная функция анализа позволяет отобразить градиентную окраску траектории. Цвета закраски указывают на следующие параметры:

- Точки начала и конца траектории
- Стратегия обработки (зигзаг или один проход)
- Порядок обработки (изнутри-наружу, снаружи-внутри)



По умолчанию цветовая индикация обозначает начало траектории красным цветом, конец – синим. В данном случае наглядно видно начало и конец траектории и стратегию обработки – зигзаг.

С помощью кнопки **Добавить (Add)** в верхней части вкладки можно задать дополнительные градиентные цвета.



15. Закройте окно приложения Machine Simulation и перейдите в Mastercam.

Рассмотренный инструментарий позволяет выполнить дополнительную оптимизацию траекторий. Для более подробного изучения опций анализа, а также функционала Machine Simulation в целом, находясь в окне приложения, нажмите на клавиатуре кнопку [F1] для вызова справки.

При первом знакомстве с Machine Simulation может сложиться впечатление, что данное приложение наиболее целесообразно использовать при работе с операциями многоосевой обработки. В следующей главе будет продемонстрировано его эффективное использование для 3-осевых операций.



## Симуляция обработки на 3-осевом оборудовании

При создании 3- или 5-осевых операций Machine Simulation позволяет проанализировать виртуальную обработку детали с последующей оптимизацией траекторий. Симуляция обработки с помощью Machine Simulation целесообразна в том числе и для 3-осевых операций.

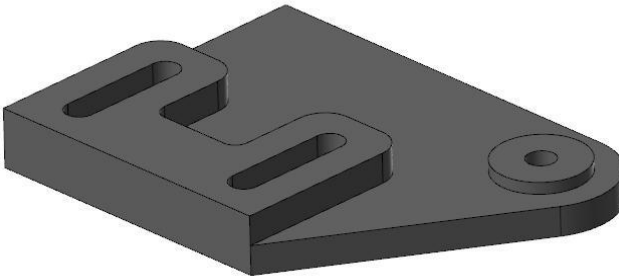
### Цели занятия

- Использование STL-модели для симуляции обработки с удалением материала
- Анализ станочного приспособления с помощью Machine Simulation

## Упражнение 1: Симуляция обработки с удалением материала

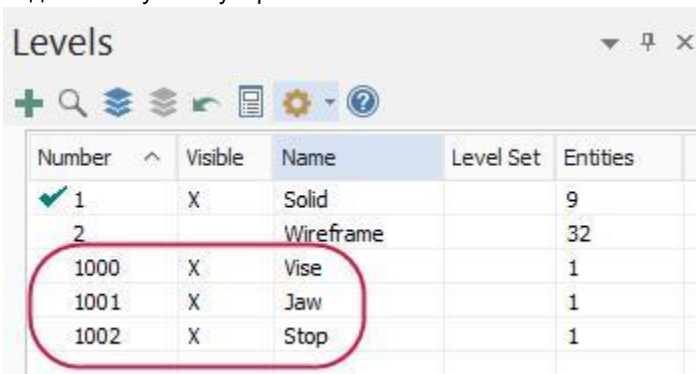
Помимо симуляции перемещений инструмента и рабочих органов станка приложение Machine Simulation позволяет выполнить верификацию обработки со съемом материала и оценить форму обработанной заготовки.

1. В окне Mastercam перейдите на вкладку **Файл (File)**, выберите **Открыть (Open)** и откройте файл `POCKET_VISE`, поставляемый с данным пособием.

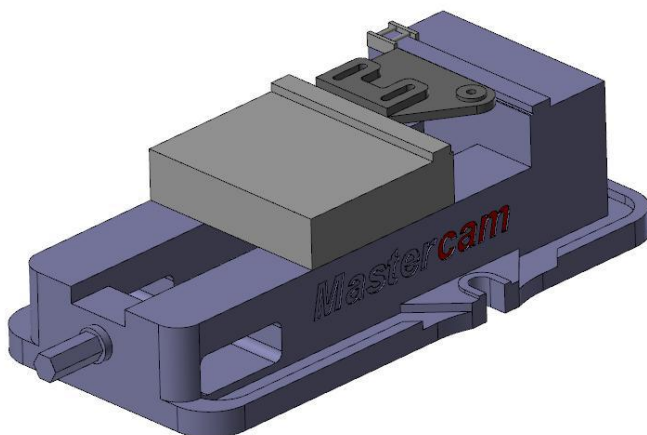


Данный проект выполнен в дюймовой системе измерений, поэтому Mastercam отобразит на экране запрос на переход из метрической в дюймовую систему. Выберите опцию **Все настройки (All settings)** и нажмите **OK**.

2. В Менеджере слоев (Levels Manager) включите видимость слоя №1000, 1001 и 1002, на которых находятся соответственно модели тисков, подвижной губки и упора.



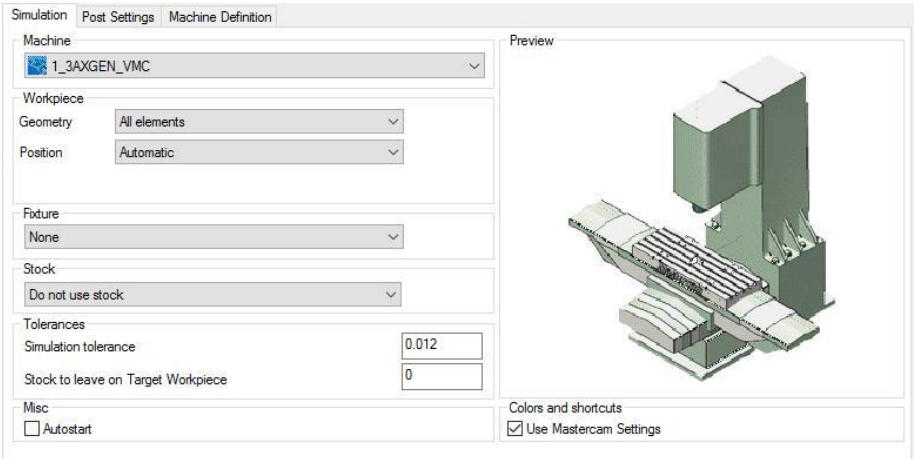
3. Масштабируйте отображение детали и элементов оснастки в размер экрана.



4. В Менеджере Траекторий (Toolpaths Manager) выберите все операции.
5. Запустите диалог настройки симуляции на вкладке **Станок (Machine)**.

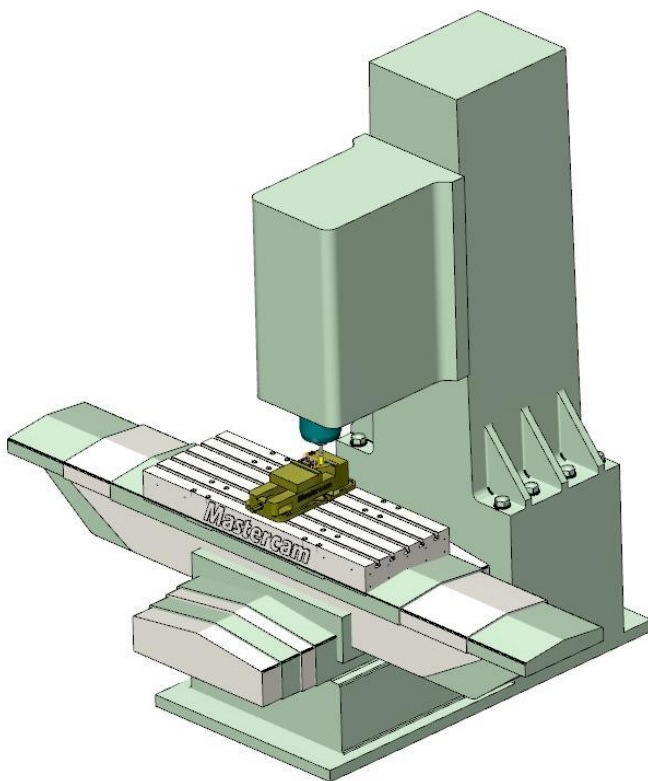


6. В настройках Machine Simulation уже выбран 3-осевой станок.



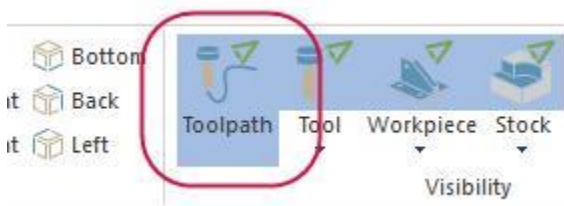
7. Нажмите кнопку Симуляция (**Simulate**) для запуска приложения Machine Simulation.



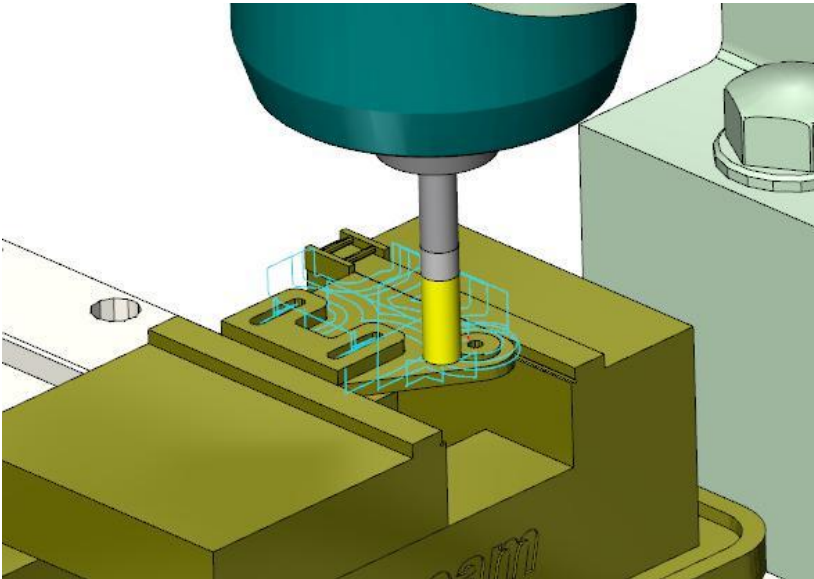


Если деталь не отображена в графической области, необходимо настроить её отображение в разделе Отображение (Visibility) на вкладке ленты Симуляция (Simulation) – кнопка **Деталь (Workpiece)**.

8. Также убедитесь, что в настройках включено отображение траектории – кнопка **Траектория (Toolpath)**.



9. Масштабируйте изображение и нажмите кнопку **Запуск (Run)** для просмотра симуляции.

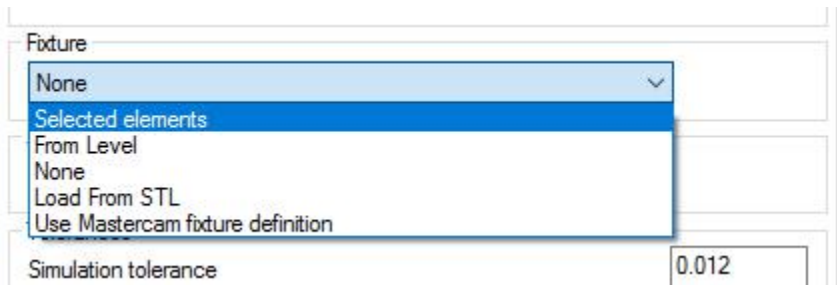


10. По завершении симуляции закройте приложение Machine Simulation и перейдите в Mastercam.

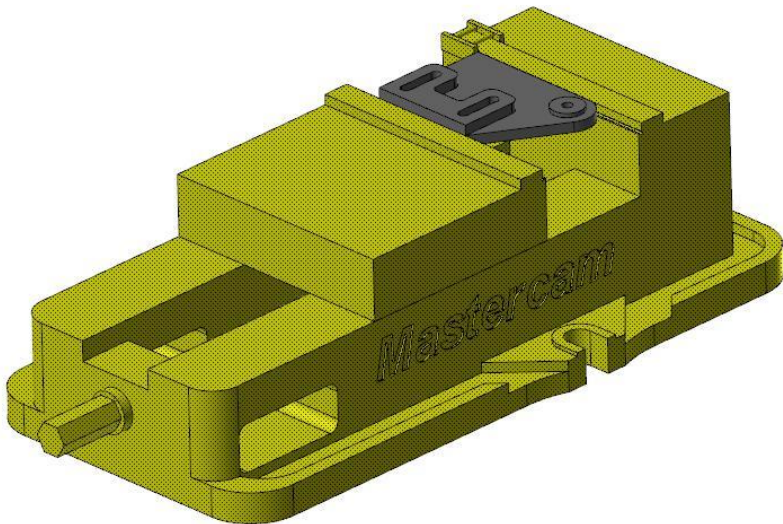
Проанализировав траекторию в первой итерации, выполним симуляцию обработки со съемом материала и оценку конструкции станочного приспособления.

## Упражнение 2: Определение геометрии оснастки и заготовки

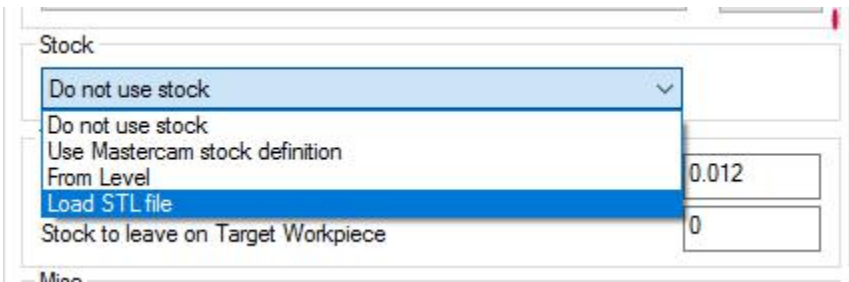
1. Запустите диалог настройки симуляции на вкладке **Станок (Machine)**.
2. Раскройте список **Оснастка (Fixture)** и выберите опцию **Выбранные элементы (Selected elements)**.



3. Нажмите кнопку в правой части поля **Оснастка (Fixture)**.
4. Далее в графическом окне выберите все элементы оснастки и нажмите [Enter] для возврата в диалог.



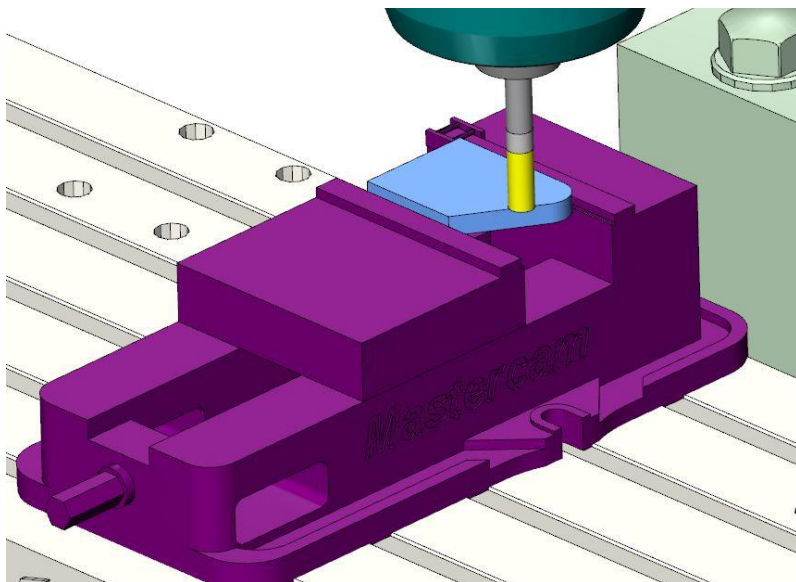
5. Раскройте список **Заготовка (Stock)** и выберите опцию **Загрузить файл STL (Load STL file)**.



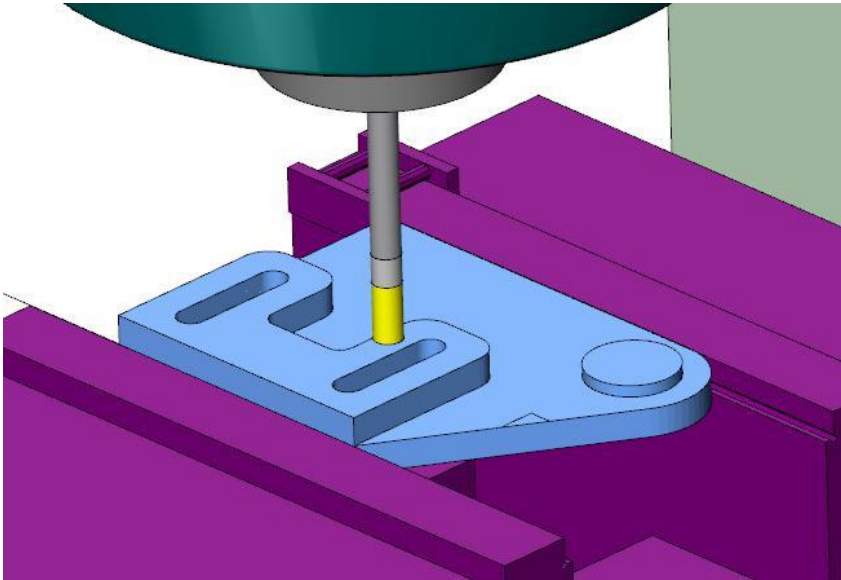
6. Нажмите кнопку в правой части поля **Заготовка (Stock)**, после чего выберите файл `POCKET_STOCK.STL`, который предоставляется с данным пособием.
7. Нажмите кнопку **Симуляция (Simulate)**.
8. В окне Machine Simulation отключите отображение детали и траектории.



9. Увеличьте масштаб, чтобы заготовка была хорошо видна. В качестве геометрии заготовки использована подгруженная из внешнего файла STL-модель.



10. Нажмите кнопку **Запуск (Run)** для просмотра симуляции обработки с удалением материала.

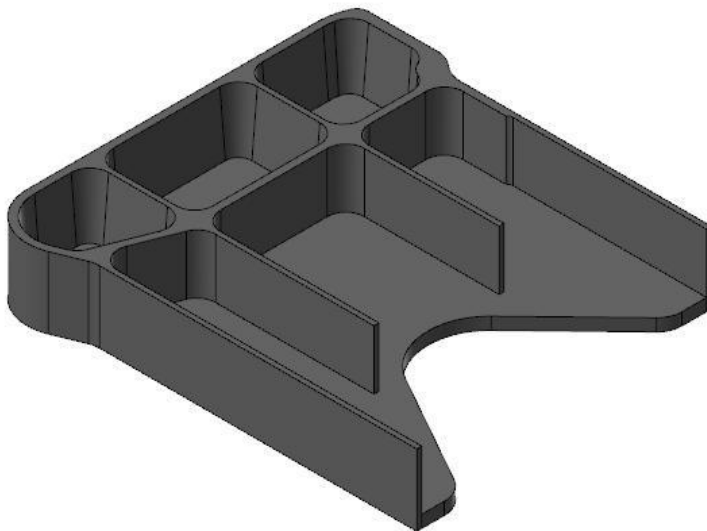


11. Закройте окно симуляции и перейдите в Mastercam.

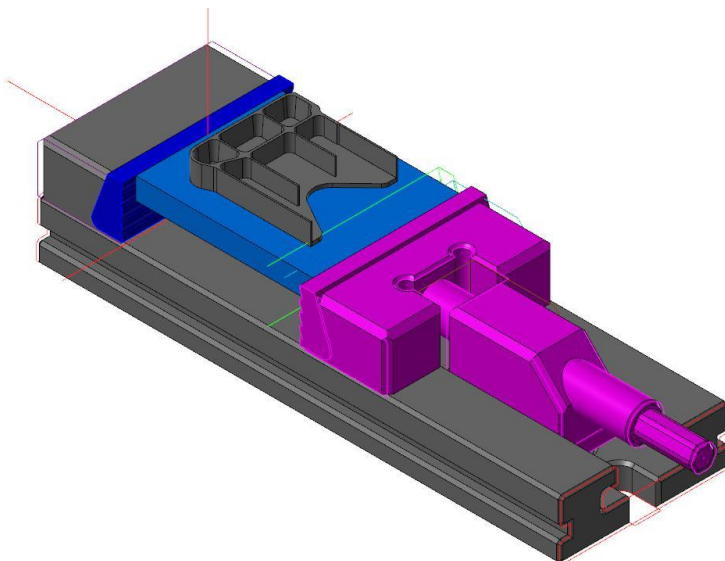
### Упражнение 3: Симуляция обработки с использованием различных типов конфигурации станочной оснастки

Как было показано на примере 5-осевых операций, верификация траекторий в Machine Simulation позволяет проанализировать различные конструкции станочных приспособлений без использования дорогостоящего машинного времени. То же самое актуально и для 3-осевых операций.

1. В окне Mastercam перейдите на вкладку **Файл (File)**, выберите **Открыть (Open)** и откройте файл `PLATE`, поставляемый с данным пособием.
2. Если деталь отображается в каркасном режиме, нажмите на клавиатуре комбинацию **[Alt+S]** для перехода в режим **Shaded**.

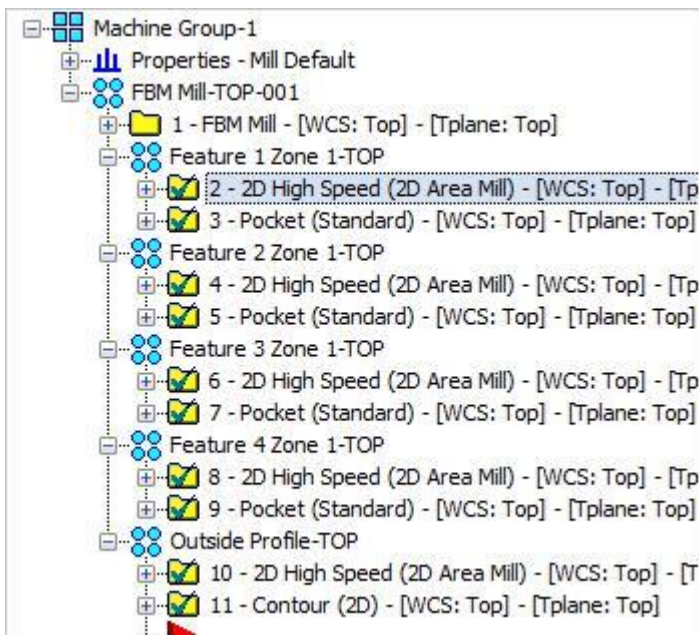


3. В Менеджере слоев (Levels Manager) включите видимость слоя № 999, чтобы отобразить в графической области геометрию оснастки.
4. Масштабируйте отображение детали и приспособления в графической области.



5. В Менеджере траекторий (Toolpaths Manager) выберите все операции, кроме FBM Фрезерования.

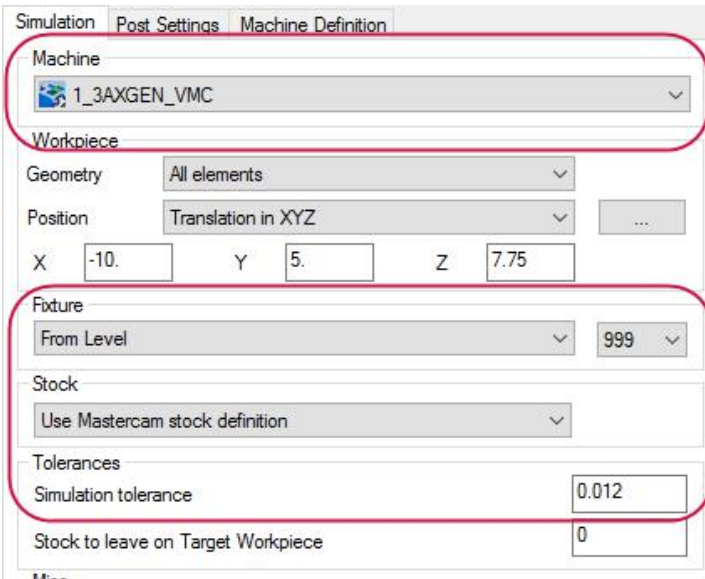




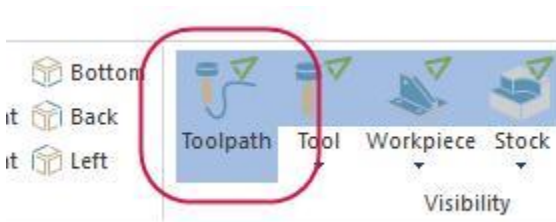
**Примечание:** Machine Simulation не поддерживает подготовительные FBM без перемещений.

6. Запустите диалог настройки симуляции на вкладке **Станок (Machine)**.
7. В появившемся диалоге на вкладке Симуляция (Simulation) задайте следующие настройки:
  - a. В списке Станок (Machine) выберите модель станка **1\_ZAXGEN\_VMC**.
  - b. В поле Оснастка (Fixture) выберите опцию **Из слоя (From Level)** и укажите слой № **999**.
  - c. В поле Заготовка (Stock) выберите опцию **Использовать описание заготовки Mastercam (Use stock definition)**.

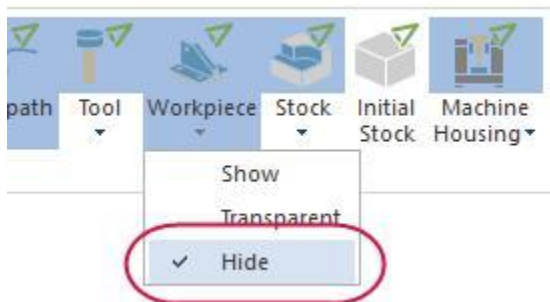
- d. Для параметра **Точность симуляции (Simulation tolerance)** задайте значение **0.012**.



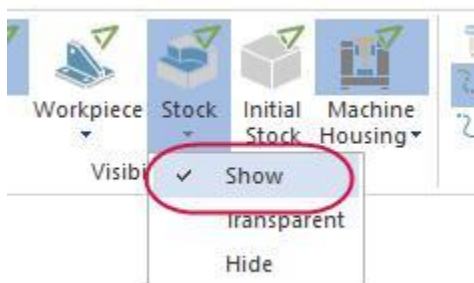
8. Нажмите кнопку **Симуляция (Simulate)** для запуска приложения Machine Simulation.
9. На вкладке **Симуляция (Simulation)** выполните следующие настройки:
- a. Нажмите кнопку **Траектория (Toolpath)** для отображения траектории инструмента.



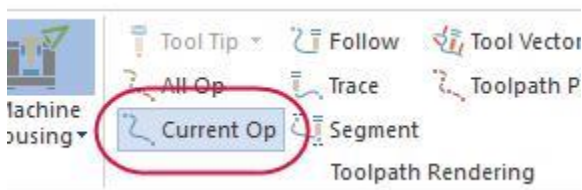
- b. Убедитесь, что геометрия детали скрыта – кнопка **Деталь (Workpiece)**.



- с. Убедитесь, что заготовка отображается – кнопка **Заготовка (Stock)**.



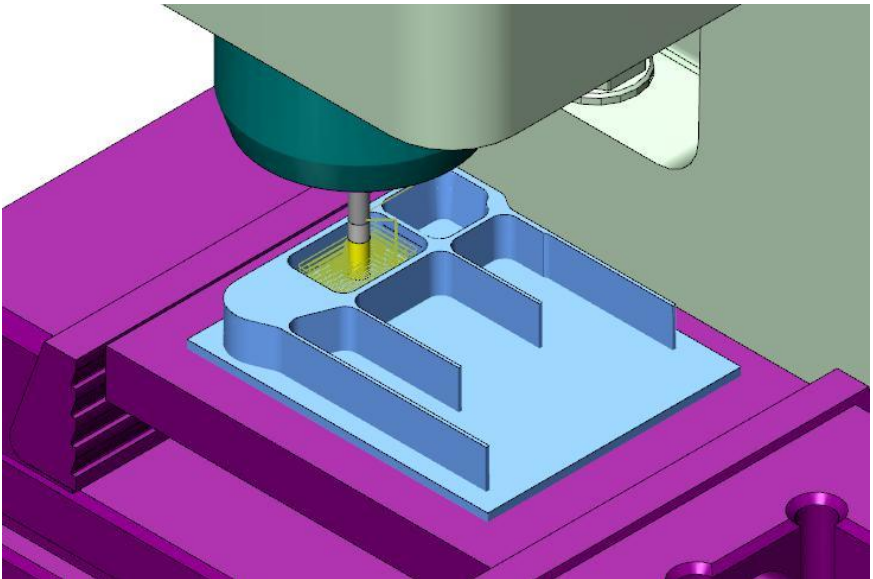
- d. В поле Отображение траектории (Toolpath Rendering) выберите опцию **Текущая операция (Current Op)**. В результате в графической области будет отрисована траектория выполняемой в данный момент операции. Цвет траектории соответствует настройкам на вкладке Анализ (Analysis).



- e. Также включите опцию **Следовать (Follow)**. В результате будут отображаться пройденные инструментом участки траектории.



10. Увеличьте изображение и нажмите кнопку **Запуск (Run)** для просмотра симуляции.



11. По завершении симуляции закройте окно Machine Simulation и перейдите в Mastercam.

# Заключение

Поздравляем! Вы завершили вводный курс *Machine Simulation – Руководство Пользователя*. После проработки и освоения данного пособия Вы можете продолжить изучение функциональности системы Mastercam самостоятельно или с использованием другой предлагаемой нами учебной литературы.

Серия обучающих пособий по Mastercam постоянно развивается, мы добавляем новые учебники по мере разработки. Для просмотра последних опубликованных обучающих материалов посетите наш веб-сайт или нажмите **Руководства пользователя (Tutorials)** в разделе **Справка (Help)** на вкладке **Файл (File)**.

## Ресурсы

Для дополнительной информации по Mastercam доступны следующие ресурсы:

- *Документация Mastercam* — в корневом каталоге установки Mastercam 2018 в папке Documentation размещена полезная справочная документация.
- *Справка по Mastercam* — доступна из меню **Справка (Help) – Содержание (Contents)** на вкладке Файл (File) или по комбинации [Alt+H].
- *Дистрибьютор Mastercam* — квалифицированную поддержку в большинстве вопросов может оказать региональный дистрибьютор Mastercam.
- *Руководства пользователя* — CNC Software предоставляет зарегистрированным пользователям серию пособий для ознакомления с функционалом Mastercam. Для просмотра последних опубликованных обучающих материалов посетите наш веб-сайт или нажмите **Руководства пользователя (Tutorials)** в разделе **Справка (Help)** на вкладке **Файл (File)**.

- *Mastercam University* — CNC Software поддерживает обучающую онлайн-платформу, в которой доступны учебные материалы по Mastercam в режиме 24/7. Доступны более 180 видеоматериалов для обучения в индивидуальном темпе для подготовки к сертификации по Mastercam. Для более подробной информации по Mastercam University обратитесь к авторизованному региональному дистрибьютору, посетите сайт [www.mastercamu.com](http://www.mastercamu.com) или обратитесь на электронную почту [training@mastercam.com](mailto:training@mastercam.com).
- *Онлайн-сообщества* — Большое количество информации доступно на [www.mastercam.com](http://www.mastercam.com). Для консультаций по техническим вопросам и просмотра последних новостей по Mastercam вступайте в сообщество на Facebook ([www.facebook.com/mastercam](http://www.facebook.com/mastercam)), читайте нас в Twitter ([www.twitter.com/mastercam](http://www.twitter.com/mastercam)), или Google+ ([plus.google.com/+mastercam](https://plus.google.com/+mastercam)). Также рекомендуем посетить наш канал на YouTube для просмотра возможностей Mastercam в действии ([www.youtube.com/user/MastercamCadCam](http://www.youtube.com/user/MastercamCadCam))! Зарегистрированным пользователям доступен поиск ответов на форуме Mastercam, [forum.mastercam.com](http://forum.mastercam.com), или в нашей базе знаний на [kb.mastercam.com](http://kb.mastercam.com).

## Обратная связь

### ООО «ЦОЛЛА»

Авторизованный дистрибьютор Mastercam в России и СНГ  
Техническая поддержка пользователей: тел.: +495 602 4749  
[support@mastercam-russia.ru](mailto:support@mastercam-russia.ru)    [www.mastercam.ru](http://www.mastercam.ru)



Форум пользователей Mastercam:

[http://forum.mastercam-russia.ru/1\\_1.html](http://forum.mastercam-russia.ru/1_1.html)

Авторское право на перевод © Copyright 2017 ООО «ЦОЛЛА»



Внимание! Могут быть доступны обновления.  
Актуальная информация на сайте  
[MASTERCAM.COM/SUPPORT](http://MASTERCAM.COM/SUPPORT).

CNC Software, Inc.

671 Old Post Road

Tolland, CT 06084 USA



[www.mastercam.com](http://www.mastercam.com)

**Mastercam**  
Be Dynamic.

Mastercam® is a registered trademark of CNC Software, Inc. © 1983-2017. All rights reserved.  
All other trademarks are property of their respective owners.