



ФОНД СОДЕЙСТВИЯ
ИННОВАЦИЯМ

Sk
Участник

MM



ООО «Цифровая обработка»
Киселев И.А., Куць В.А.
Русский А.Ю., Воронов С.А.

Программное обеспечение NuMach
универсальное отечественное средство повышения эффективности
фрезерной обработки на многокоординатных станках с ЧПУ

XI форум ИТП, г. Рыбинск, 2025 г.

О компании



цифровая
обработка

Компания ООО "Цифровая обработка" основана в 2022 году коллективом выпускников МГТУ им. Н.Э. Баумана. Деятельность компании связана с разработкой инженерного программного обеспечения и программно-аппаратных комплексов.

Опыт разработки



ПО ЭМА-МГТУ



ПО STS-Tension

ПО STS-Decrement



Расчетное ядро PSE



ПО GCode_correction

Sk MTK

Участник

ФОНД СОДЕЙСТВИЯ
ИННОВАЦИЯМ

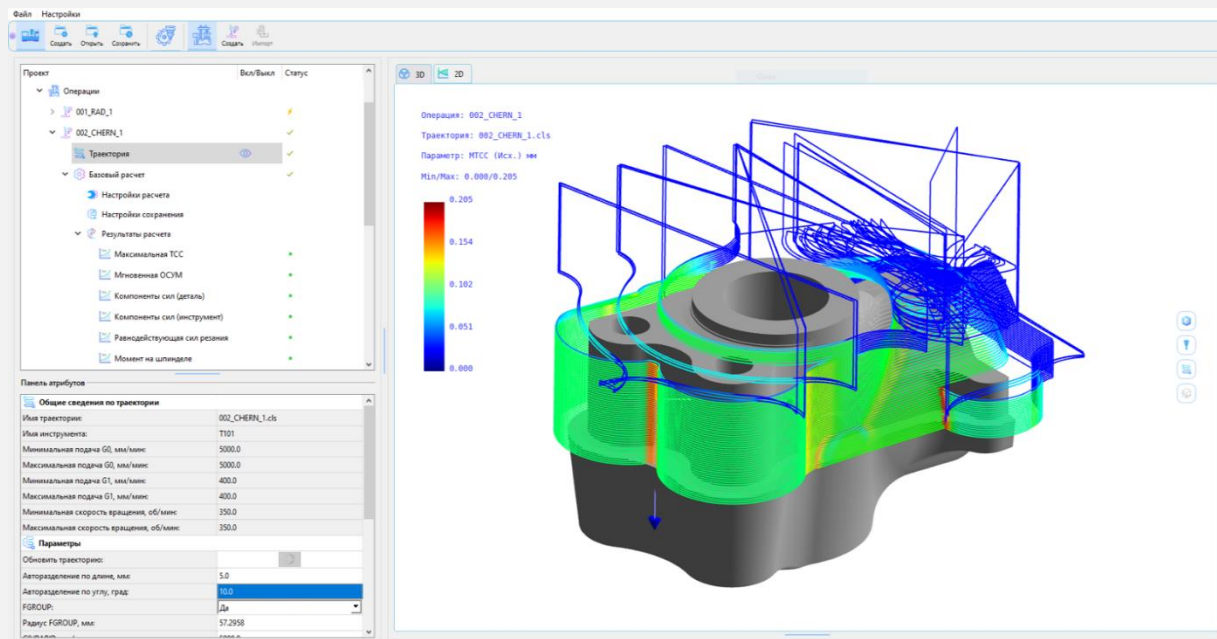
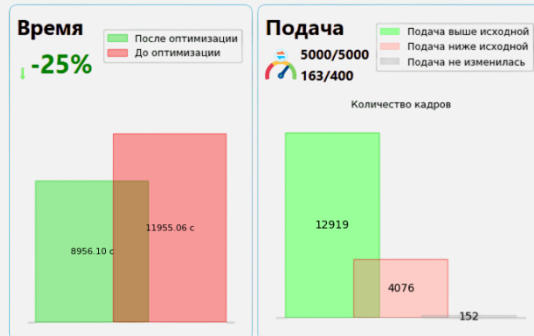
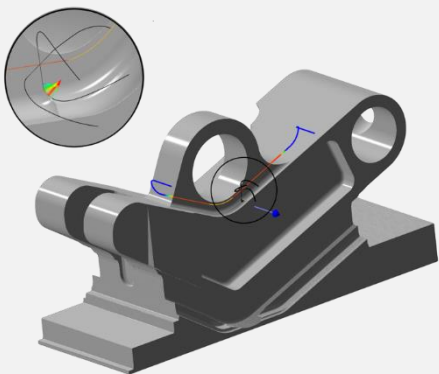
NuMach

ПО NuMach (Numerical Machining)

Программное обеспечение для моделирования и оптимизации режимов обработки при фрезеровании.

Реестр отечественного ПО: реестровая запись №26291

Программное обеспечение NuMach



Ключевые функции

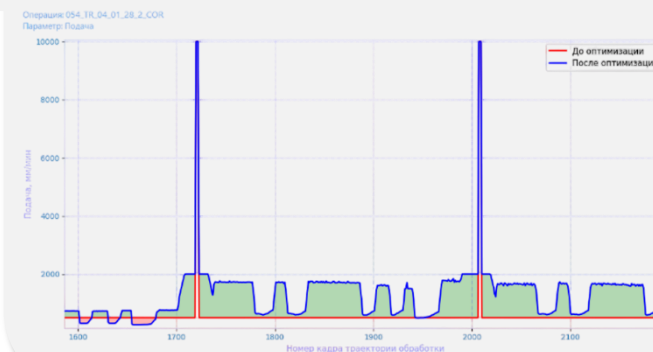
- Расчет и визуализация нагрузок в каждом кадре траектории обработки с учетом фактической зоны резания;
- Автоматический расчет новых значений подачи в каждом кадре траектории обработки с учетом до 7 заданных критериев и ограничений ;
- Экспорт траекторий обработки с оптимизированной подачей в универсальном формате CL-data до постпроцессирования.

Эффект от оптимизации

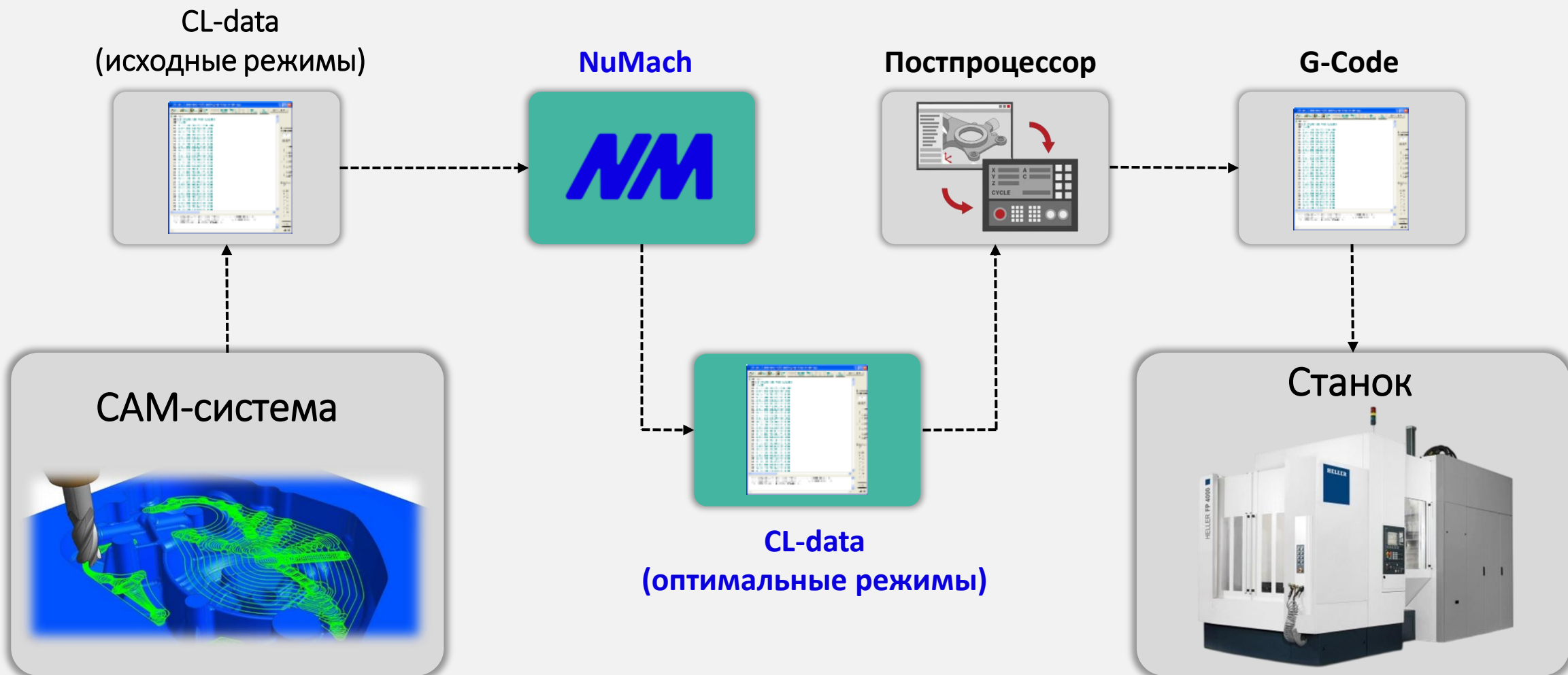
- Повышение производительности обработки до 20-50% за счет автоматического повышения подачи на участках с низкими нагрузками на инструмент и на участках без резания;
- Исключение преждевременного износа инструмента за счет снижения пиковых нагрузок;
- Снижение брака при отладке технологического процесса за счет визуализации опасных зон до выхода на станок.

Дополнительные сведения

- Универсальное средство для оптимизации режимов для 3-,4-,5-координатной фрезерной обработки любой сложности;
- Программа внесена в реестр отечественного ПО Минцифры

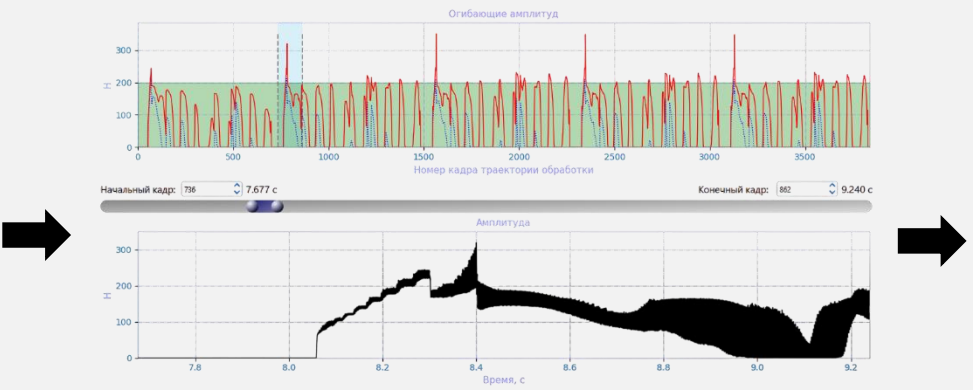
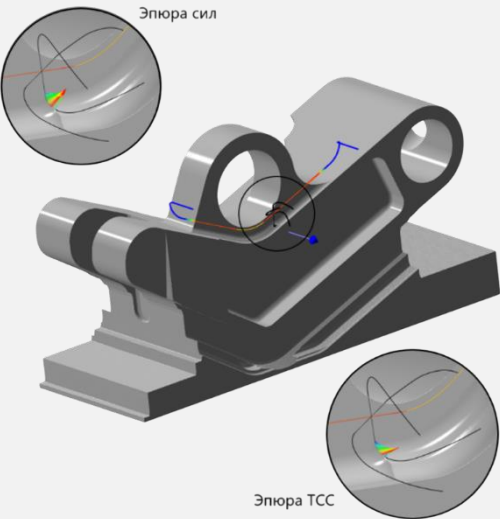


Место NuMach в процессе подготовки УП



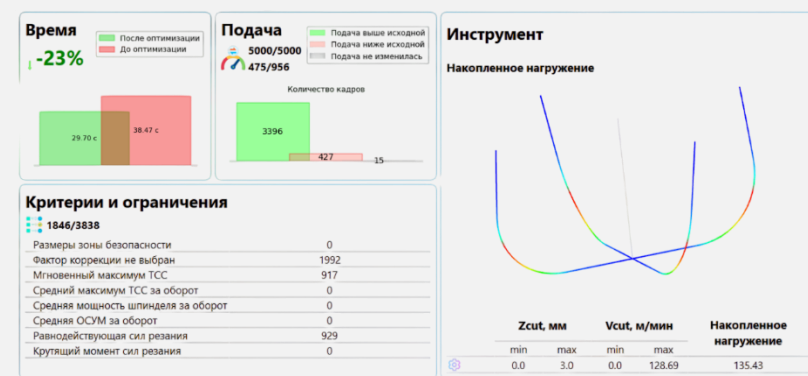
Ключевые особенности NuMach

Учет геометрии каждой режущей кромки и локальных нагрузок при моделировании процесса обработки



1. Расчет всех необходимых параметров работы инструмента

2. Оптимизация режимов обработки



- идентификация касания центром фрезы или крайними точками режущих кромок

Новый уровень детализации расчета
Моделирование обработки каждой режущей кромкой инструмента и расчет сил резания

- объемная скорость удаления материала
- момент и мощность сил резания
- локальная скорость резания
- силы резания
- мгновенные значения толщины срезаемого слоя

- Мгновенная объемная скорость удаления материала
- Момент на шпинделе

- Мгновенный максимум толщины срезаемого слоя
- Мощность на шпинделе

- Силы резания

- Траекторное ускорение

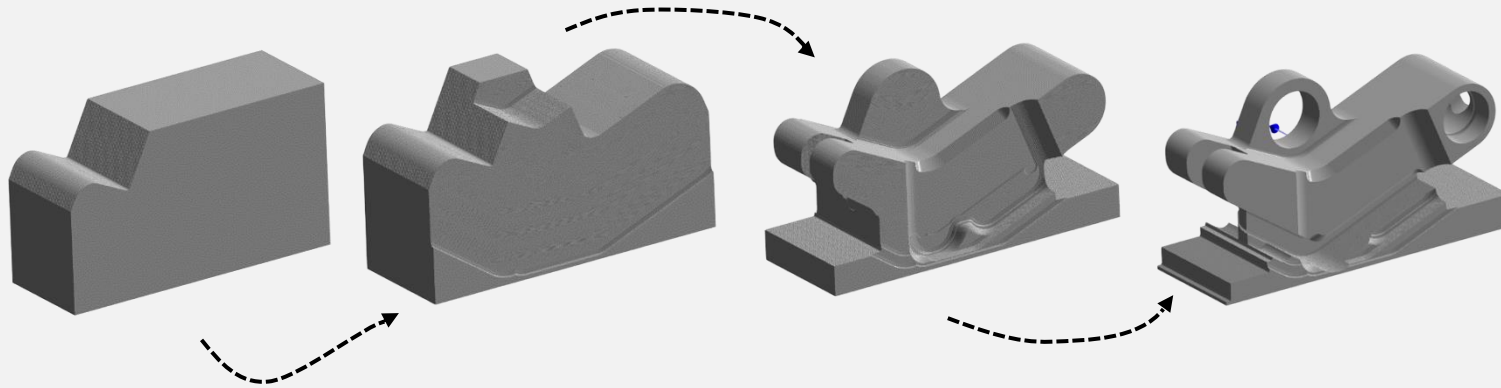
- Средняя объемная скорость удаления материала

До 7 критериев и ограничений при оптимизации
При расчете оптимального режима в каждом кадре траектории обработки (выше качество оптимизации: безопасность и производительность)

Графический интерфейс пользователя

NumMach

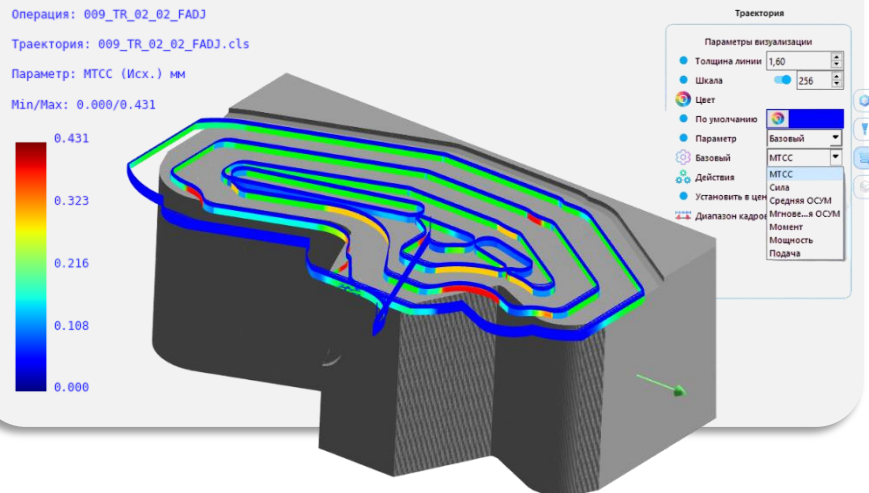
Визуализация геометрии детали на всех этапах обработки в каждом кадре траекторий



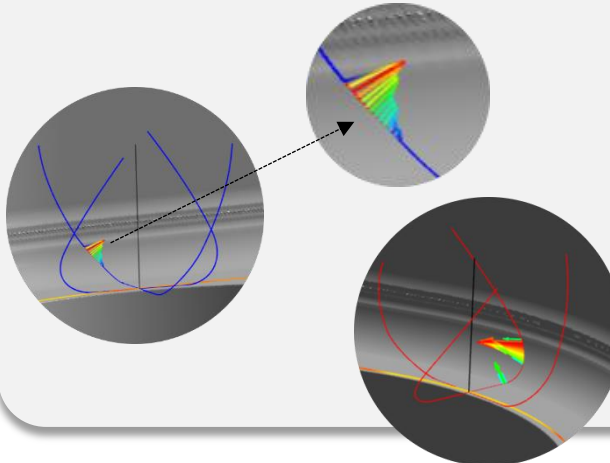
Графики расчетных параметров



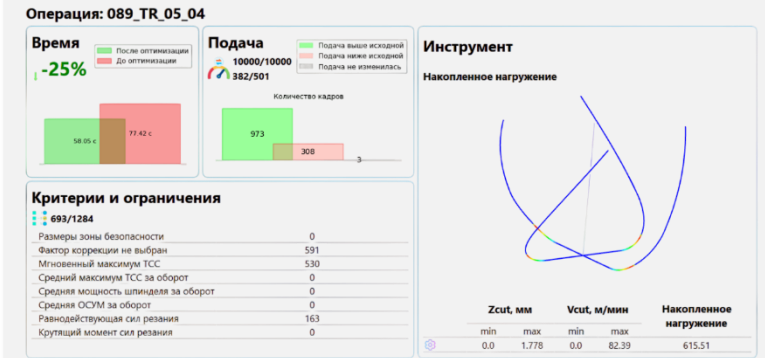
Визуализация всех расчетных параметров в виде цветовой шкалы на траектории



Визуализация расчетных параметров в форме эпюр на кромках



Справка об эффективности оптимизации

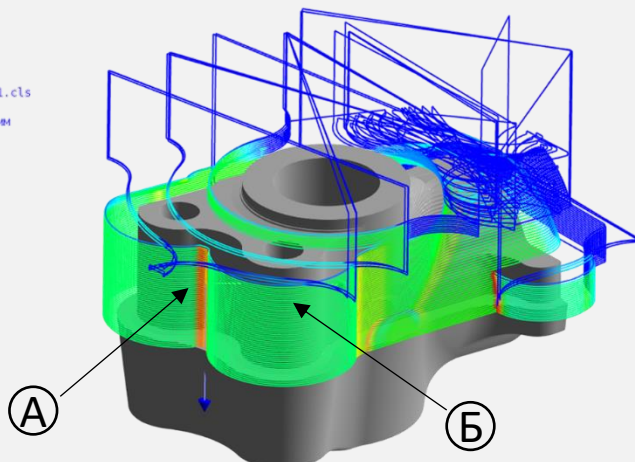


Пример использования NuMach

1

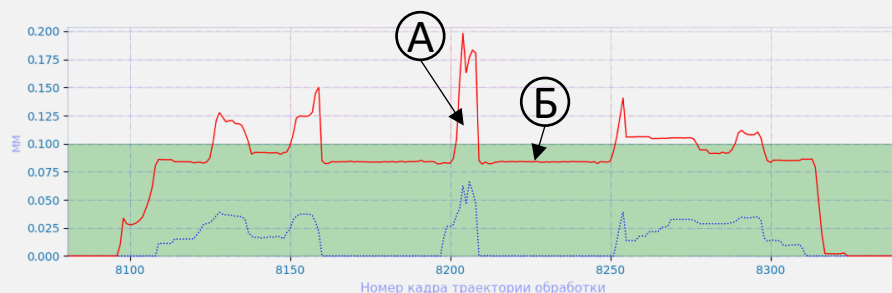
Расчет толщин срезаемого слоя, сил резания и других параметров в каждом кадре траектории при исходных режимах (заданных в САМ-системе)

Операция: 002_CHERN_1
Траектория: 002_CHERN_1.cls
Параметр: МТСС (Исх.) мм
Min/Max: 0.000/0.205



2

Анализ неравномерности расчетных параметров при исходных режимах обработки



Пример: график изменения толщины стружки в зависимости от кадра траектории (приведен интервал кадров характерного витка)

3

Автоматический расчет новых значений подачи в каждом кадре траектории с учетом заданных критериев и ограничений:

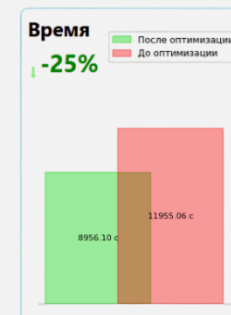
- Снижение подачи на участках, где инструмент перегружен (А, В);
- Повышение подачи на участках, где инструмент недогружен (Б)

Операция: 002_CHERN_1
Параметр: Подача



4

Эффект от покадровой оптимизации подачи

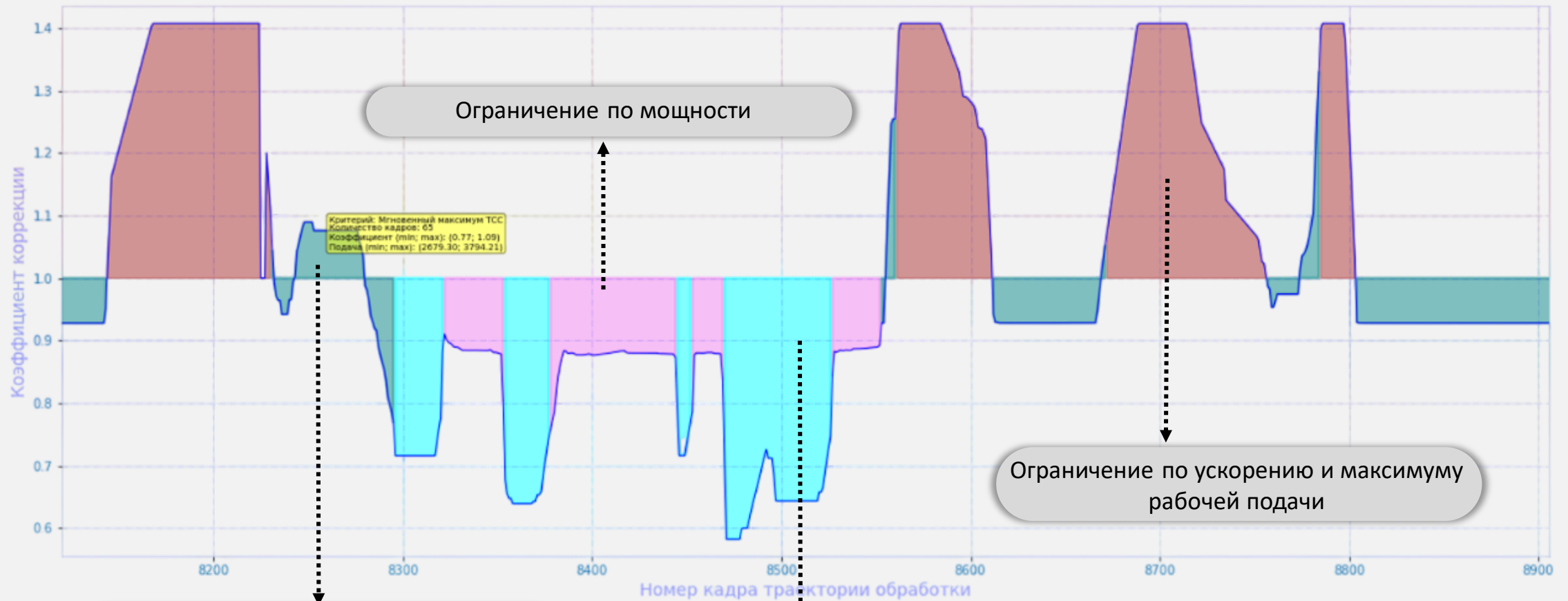


5

Экспорт оптимизированных траекторий в формате CL-data для последующего постпроцессирования.

Факторы коррекции подачи

Операция: 013_TR_02_05_08
Параметр: Коэффициент коррекции



Ограничение по мгно.макс. толщине
срезаемого слоя

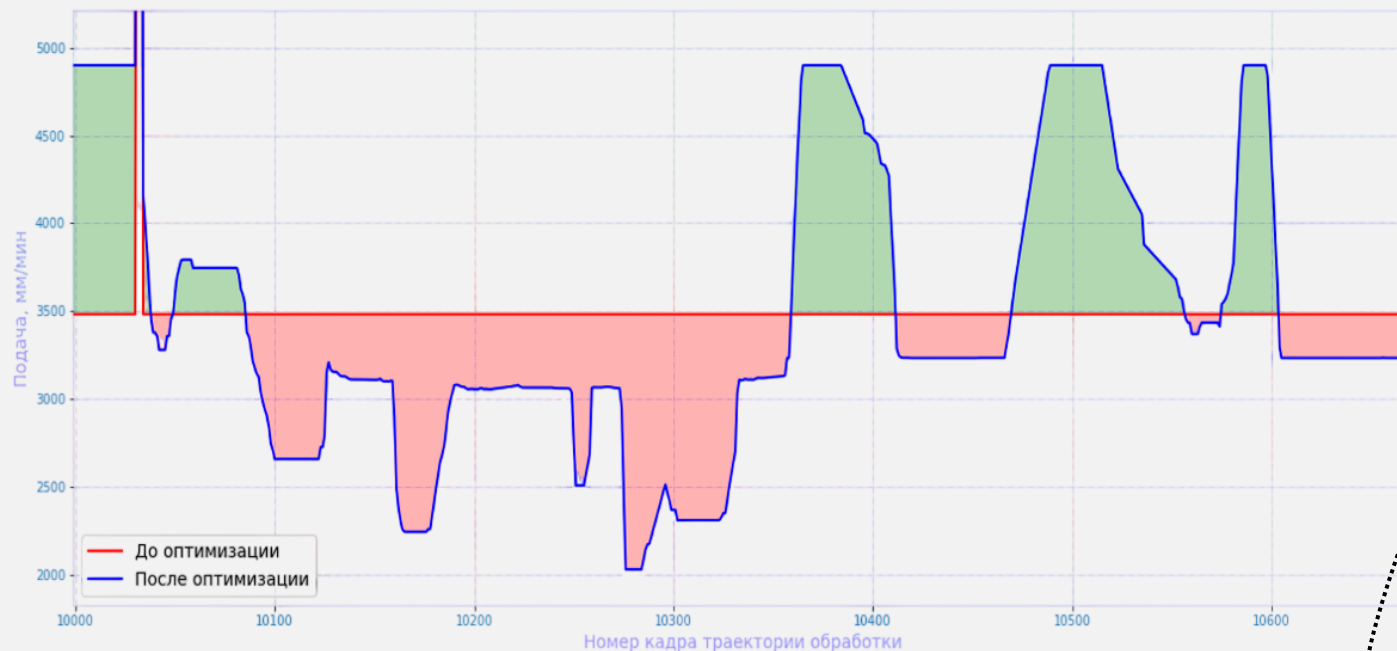
Ограничение по силе резания

Ограничение по ускорению и максимуму
рабочей подачи

Выходные данные

Изменение подачи в кадрах траектории после оптимизации

Операция: 013_TR_02_05_08
Параметр: Подача



Пример CLS-файла после оптимизации

```
CIRCLE/-89.9699,44.7379,30.6546,0.0000,1.0000,0.0000,3.8400,0.0060,0.5000,32.0000,1.8000
GOTO/-86.3470,44.7379,29.3819,0.0000,1.0000,0.0000
FEDRAT/2449.8152
CIRCLE/-89.9699,44.7379,30.6546,0.0000,1.0000,0.0000,3.8400,0.0060,0.5000,32.0000,1.8000
GOTO/-86.2530,44.7379,29.6904,0.0000,1.0000,0.0000
FEDRAT/2524.2781
CIRCLE/-89.9699,44.7379,30.6546,0.0000,1.0000,0.0000,3.8400,0.0060,0.5000,32.0000,1.8000
GOTO/-86.1852,44.7379,30.0057,0.0000,1.0000,0.0000
FEDRAT/2588.9512
CIRCLE/-89.9699,44.7379,30.6546,0.0000,1.0000,0.0000,3.8400,0.0060,0.5000,32.0000,1.8000
GOTO/-86.1441,44.7379,30.3256,0.0000,1.0000,0.0000
FEDRAT/2653.6204
CIRCLE/-89.9699,44.7379,30.6546,0.0000,1.0000,0.0000,3.8400,0.0060,0.5000,32.0000,1.8000
GOTO/-86.1299,44.7379,30.6478
FEDRAT/2983.9275
GOTO/-86.1290,44.7379,32.3567,0.0000,1.0000,0.0000
FEDRAT/3105.0118
GOTO/-86.1281,44.7379,34.0657,0.0000,1.0000,0.0000
FEDRAT/3105.3383
GOTO/-86.1272,44.7379,35.7746,0.0000,1.0000,0.0000
FEDRAT/3104.7448
GOTO/-86.1262,44.7379,37.4835,0.0000,1.0000,0.0000
FEDRAT/3108.3801
GOTO/-86.1253,44.7379,39.1925,0.0000,1.0000,0.0000
FEDRAT/3105.5266
GOTO/-86.1244,44.7379,40.9014
FEDRAT/3105.0209
CIRCLE/-67.2149,44.7379,41.2281,0.0000,-1.0000,0.0000,18.9123,0.0060,0.5000,32.0000,1.8000
GOTO/-86.1272,44.7379,41.2386
FEDRAT/3107.4043
GOTO/-86.1272,44.7379,43.2275,0.0000,1.0000,0.0000
FEDRAT/3105.5922
GOTO/-86.1272,44.7379,45.2163,0.0000,1.0000,0.0000
FEDRAT/3107.9562
GOTO/-86.1272,44.7379,47.2052,0.0000,1.0000,0.0000
FEDRAT/3115.7265
GOTO/-86.1272,44.7379,49.1941,0.0000,1.0000,0.0000
FEDRAT/3115.3060
```

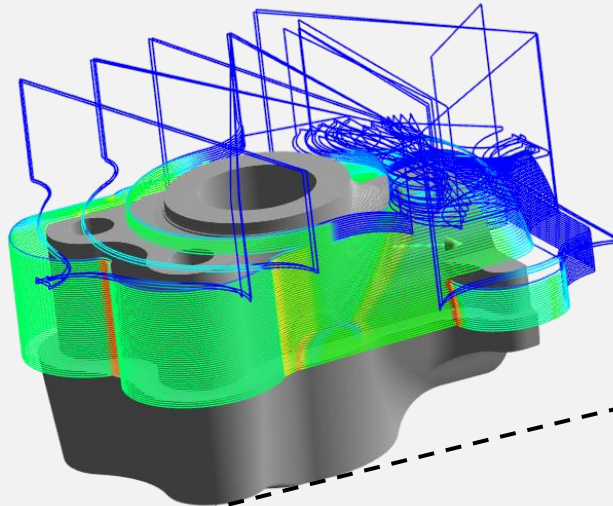
FEDRAT/3105.0118
GOTO/-86.1281,44.7379,34.0657,0.0000,1.0000,0.0000

Эффекты от применения программы NuMach

Выявление проблемных зон обработки

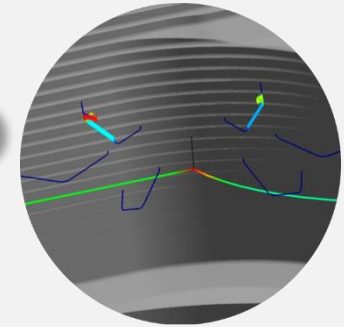
1. Выделение всплеска расчетного параметра на 2D графике;

Операция: 002_CHERN_1
Траектория: 002_CHERN_1.cls
Параметр: МТСС (Исх.) мм
Min/Max: 0.000/0.205

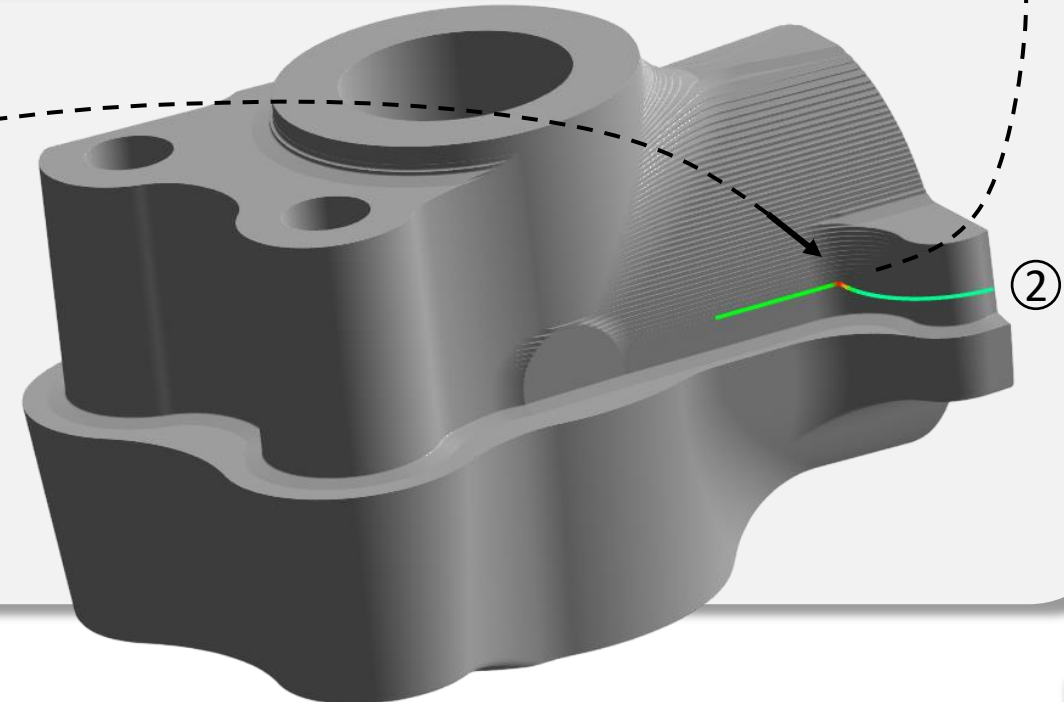


* Диапазон кадров, соответствующий характерному витку траектории

3. Визуализация условий работы инструмента.



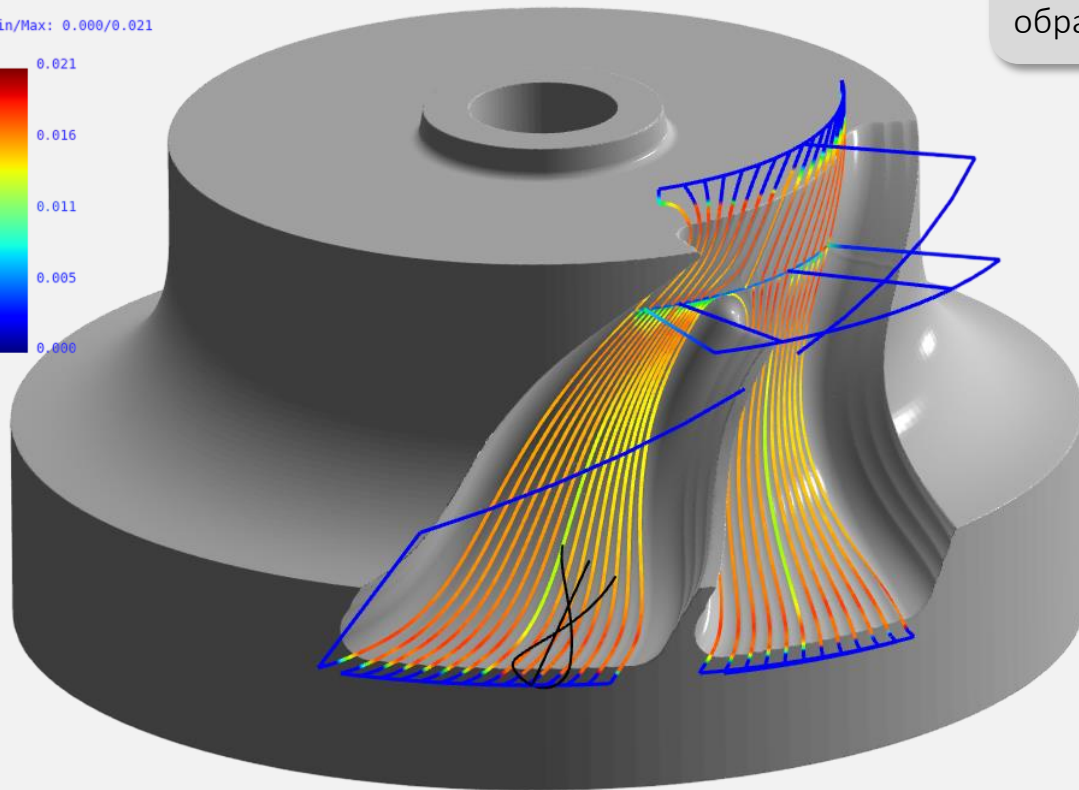
2. Определение места обработки с локальным всплеском расчетного параметра;



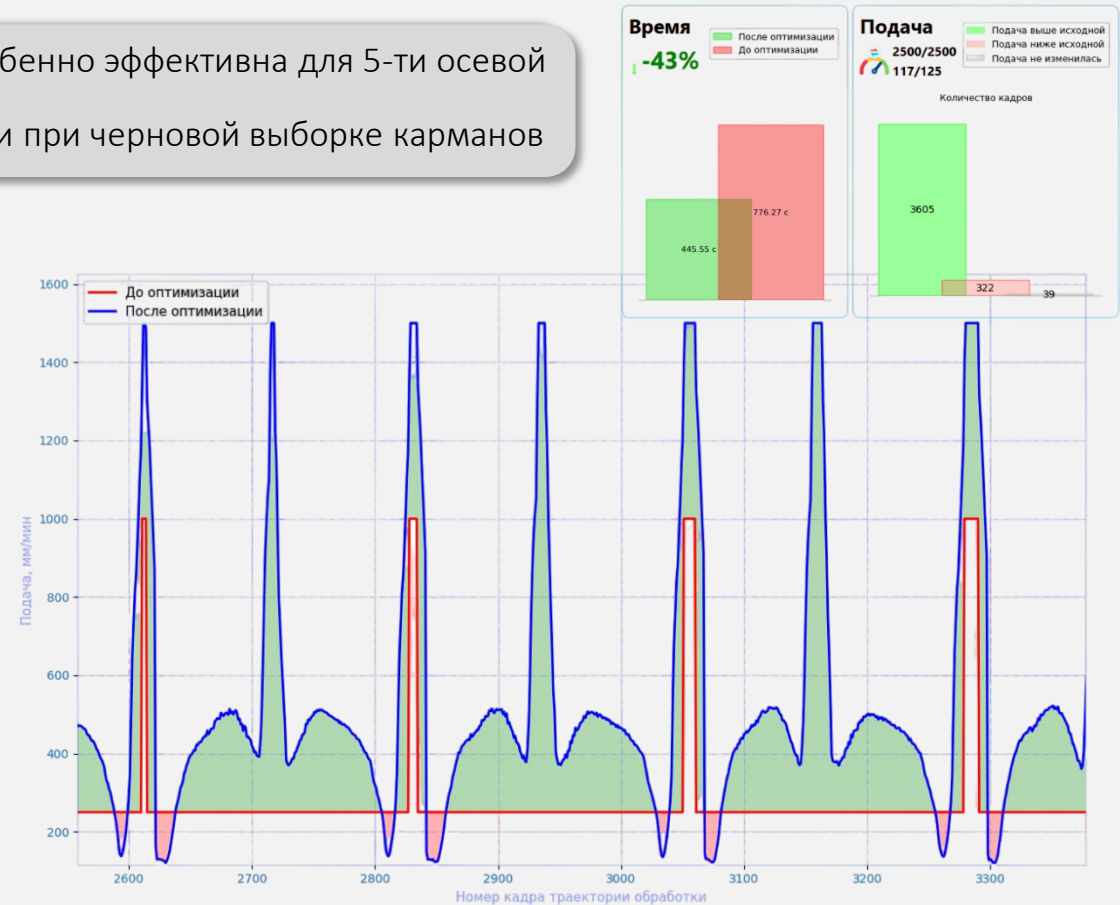
Эффекты от применения программы NuMach

Сокращение времени обработки

Операция: 001_SamOut_r01_v4_p2
Траектория: 001_SamOut_r01_v4_p2.cls
Параметр: МТСС (Опт.) мм
Min/Max: 0.000/0.021



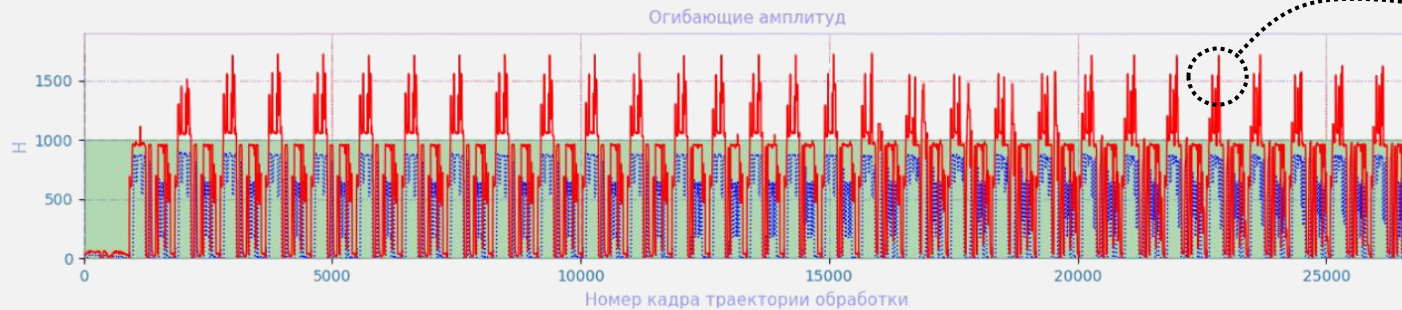
Оптимизация подачи особенно эффективна для 5-ти осевой обработки при черновой выборке карманов



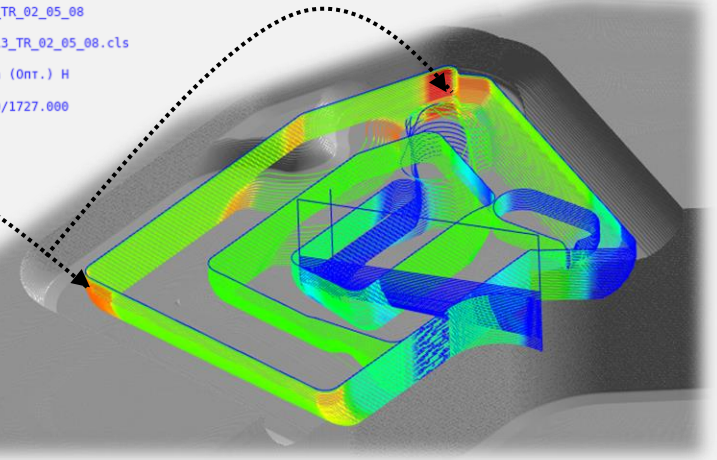
Эффекты от применения программы NuMach

Снижение пиковых нагрузок на инструмент и привод главного движения

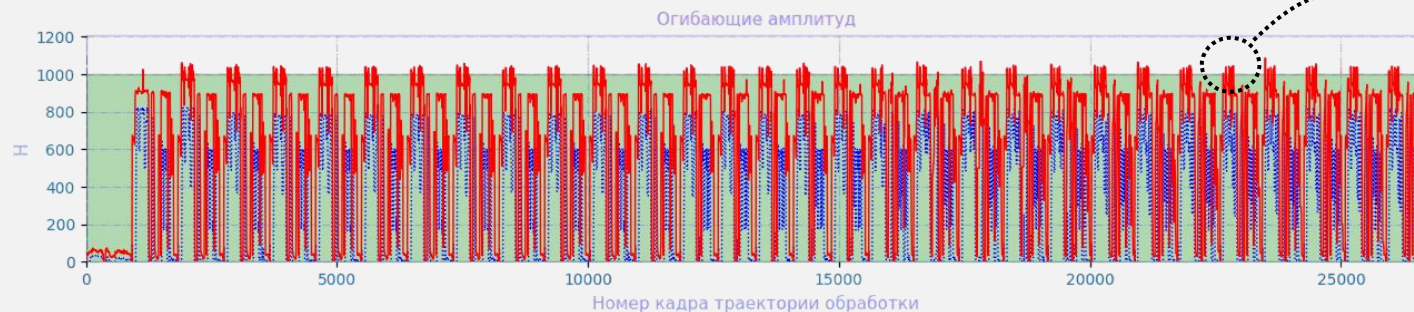
1. При исходных режимах, заданных в САМ-системе



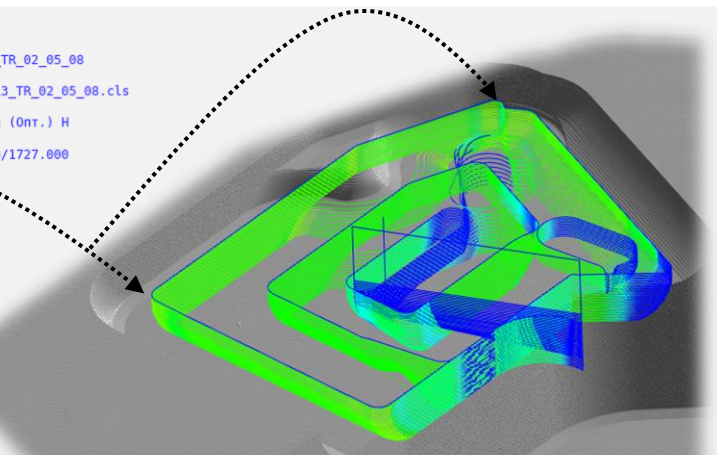
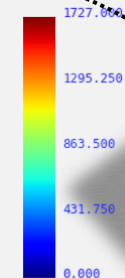
Операция: 013_TR_02_05_08
Траектория: 013_TR_02_05_08.cls
Параметр: Сила (Опт.) Н
Min/Max: 0.000/1727.000



2. После оптимизации (снижение на 40%)



Операция: 013_TR_02_05_08
Траектория: 013_TR_02_05_08.cls
Параметр: Сила (Опт.) Н
Min/Max: 0.000/1727.000

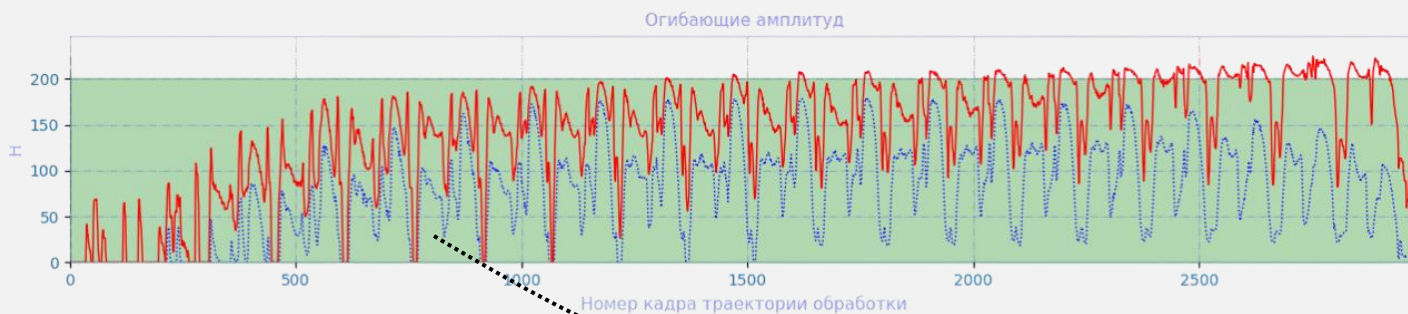
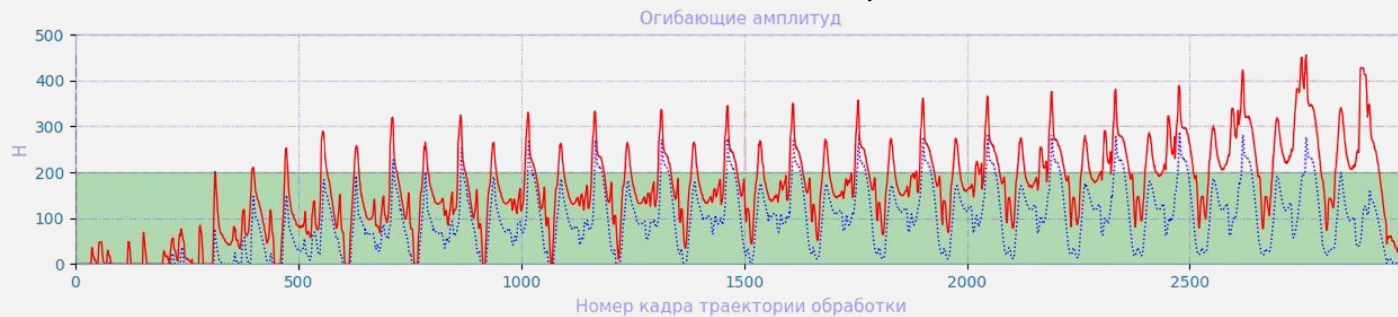


Эффекты от применения программы NuMach

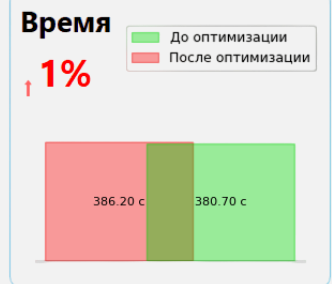
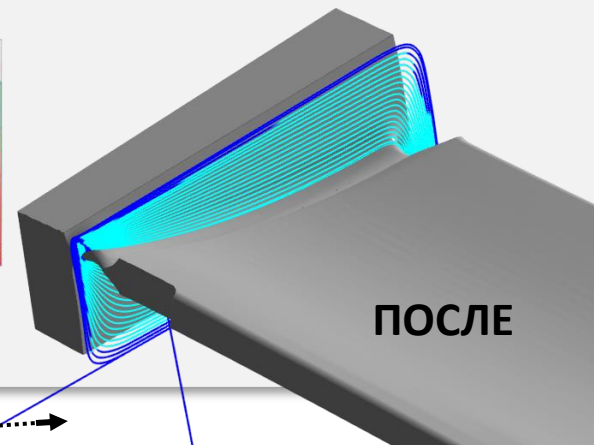
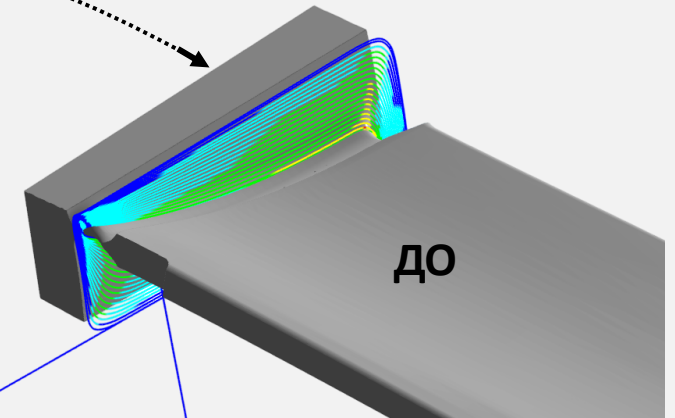
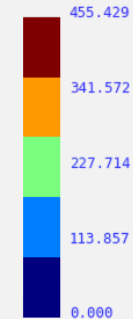
Учет влияния команды FGROUP для 5-ти координатной обработки

1. FGROUP **выключена**

Равнодействующая сил резания



Параметр: Сила (Исх.) Н
Min/Max: 0.000/455.429

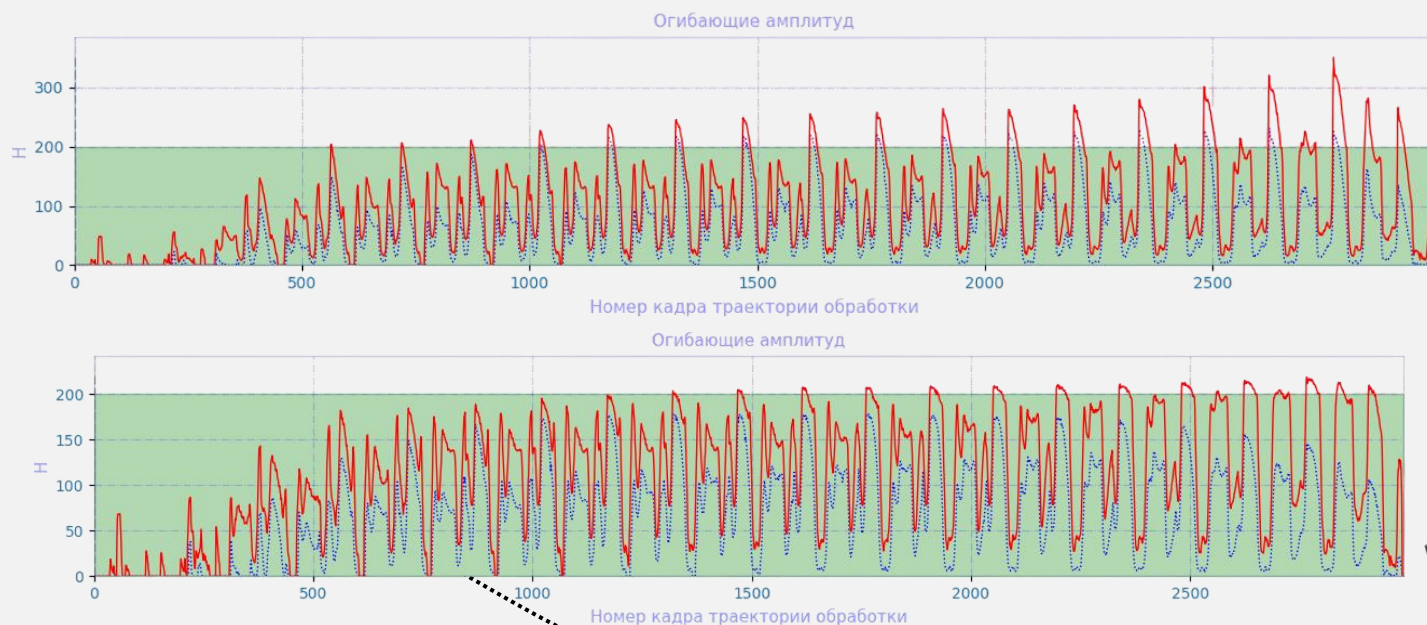


Эффекты от применения программы NuMach

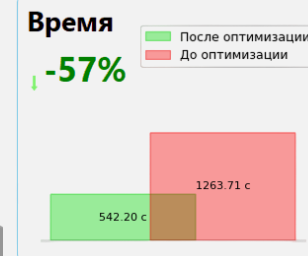
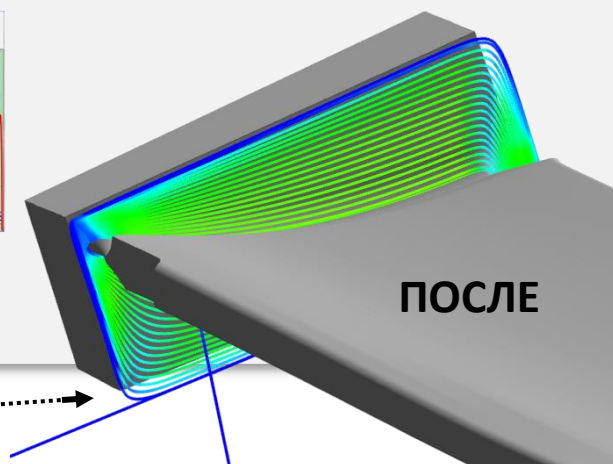
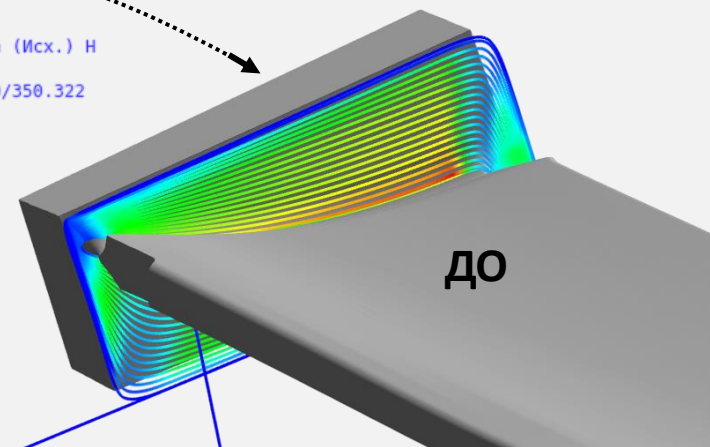
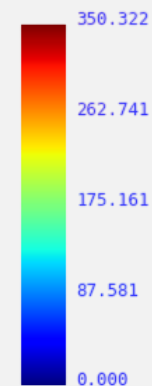
Учет влияния команды FGROUP для 5-ти координатной обработки

2. FGROUP **включена**

Равнодействующая сил резания



Параметр: Сила (Исх.) Н
Min/Max: 0.000/350.322



Контакты



NuMach

Разработчик



**цифровая
обработка**



www.numach.ru



numach@numach.ru



+7 800 234-63-06

При поддержке



www.fasie.ru

Гр. 4984ГС1/85521