



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Использование R для контроля обработки резьбы

Завьялов В.С.
Zavyalov_v@diakont.com

О себе



Диаконт
Руководитель группы разработки
управляющих программ на КИМ

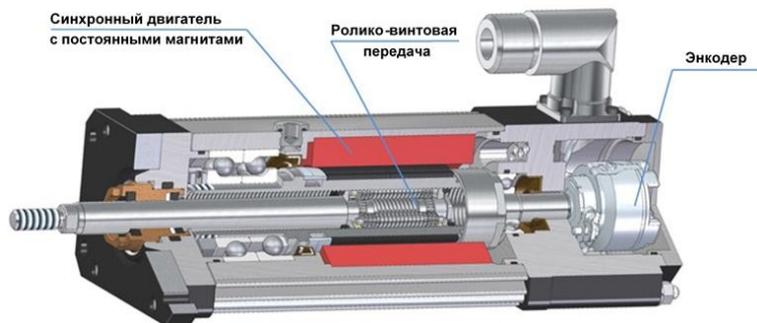


Университет ИТМО
Студент 2 курса магистратуры
«Системы и технологии
цифрового производства»



Mitutoyo RUS
Региональный представитель,
специалист по применению

Электромеханический привод



Электромеханический привод – это электромеханическая система, состоящая из электродвигателя, преобразовательного, передаточного и управляющего устройства, предназначенная для приведения в движение рабочего органа машины и управления этим движением

Ролико-винтовая передача – это передача винт-гайка в которой в качестве промежуточных тел качения используются резьбовые ролики

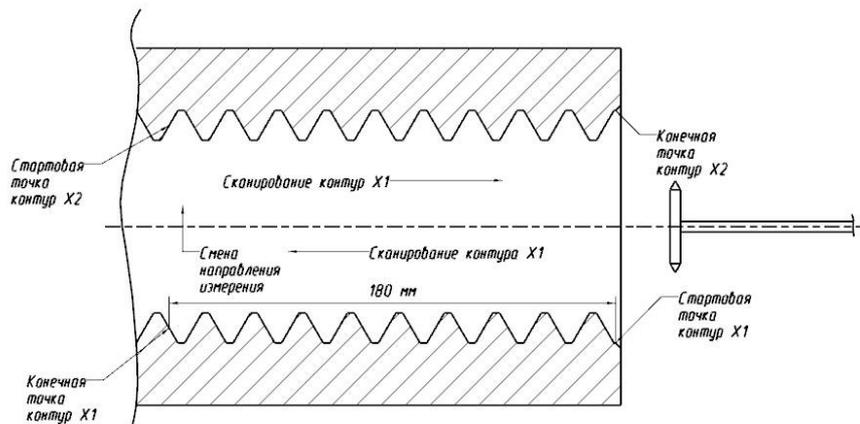
Контуромер Mitutoyo SV-C4500

Проблемы:

- Обработка полученных в результате сканирования контура точек занимает больше времени чем само сканирование
- Подготовка программы для измерения занимает неоправданно большое время



Сканирование контура



Оценка контура

- Чтение файла с координатами точек
- Определение обозначения детали, чтение номинальных данных
- Черновой разворот системы координат
- Определение витков резьбы
- Расчет вписанных окружностей для каждой впадины резьбы
- Чистовой разворот системы координат
- Расчет параметров диаметра резьбы
- Расчет параметров шага резьбы
- Расчет параметров профиля резьбы
- Оценка годности детали
- Сохранение результатов
- Вывод протокола

Почему R?

- Я его знаю (спасибо [Stepik](#), [Anatoliy Karpov](#), [АНТОН АНТОНОВ](#))
- Красивые графики (спасибо `ggplot2`)
- Быстро считает

Подготовка к работе программы

В папке F:/user/25202.00003 есть следующие подпапки:

- F:/user/25202.00003/resources
- F:/user/25202.00003/nominals – папка с номинальными данными деталей (csv таблицы)
- F:/user/25202.00003/DAT – папка с результатами сканирования с контуромера
- F:/user/25202.00003/csv – папка для сохранения результатов расчета
- F:/user/25202.00003/profile – папка с номинальными профилями резьбы

Установлены библиотеки:

- library(ggplot2)
- library(readxl)
- library(RcppRoll)
- library(dplyr)
- library(files)
- library(DT)
- library(readODS)
- library(readr)

Обработка контура

```
data_point1 <- f_contur(dir.dat = folder$folder[folder$name == "DAT"],
  file.name = file.name,
  data.nominal = data.nominal,
  n_filtra = 10, unit = "MM",
  side = "down", delta = 0.25)
data_point2 <- f_contur(dir.dat = folder$folder[folder$name == "DAT"],
  file.name = file.name,
  data.nominal = data.nominal,
  n_filtra = 10, unit = "MM",
  side = "up",
  delta = 0.25)
data.point <- f_file(data_point1 = data_point1, data_point2 = data_point2) #объединяем контуры в один датафрейм
data.vitok <- f_center(data.point, data.nominal) #вписываем шарики #вписываем окружности
data.point <- f_rotate(data.point = data.point, data.vitok = data.vitok) #поворачиваем систему координат
data.vitok <- f_center(data.point, data.nominal) #вписываем шарики
data.point <- f_ychastok(data.point, data.nominal, data.vitok) #разбивает на участки
data.vitok <- f_pich(data.vitok, data.nominal) # считаем шаги
data.vitok <- f_dia(data.vitok, data.nominal, data.point) #считаем диаметры
data.vitok <- f_se(data.vitok, data.nominal) #считаем SE
data.vitok <- f_angle(data.point, data.vitok) #считаем угол профиля
data.point <- f_profil_point(data_point = data.point,
  data_vitok = data.vitok,
  data_tolerans = data.tolerans,
  data.nominal = data.nominal) #считаем отклонение профиля
```

Файл с точками профиля

MM

17998

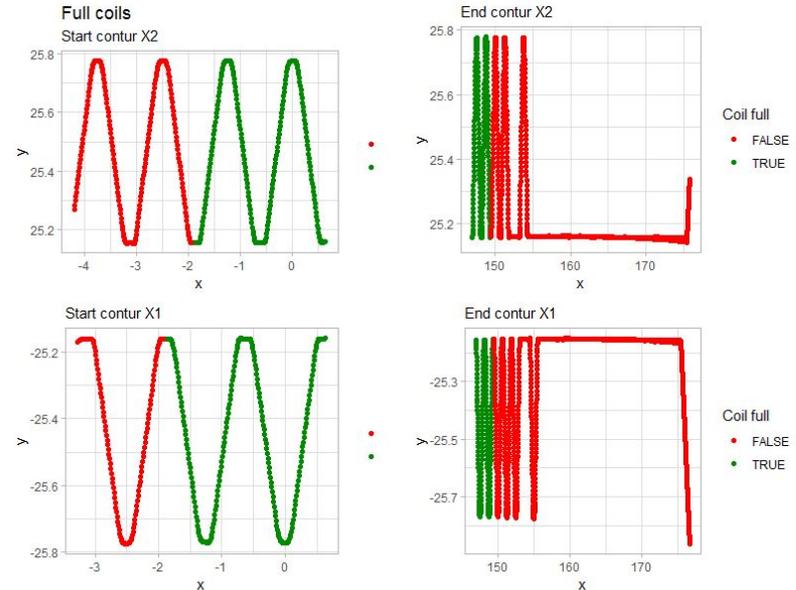
```
-3.272568887976988, -50.373387183678517
-3.262568887976988, -50.371796071005406
-3.252568887976988, -50.370204958332252
-3.242568887976988, -50.368613845659134
-3.232568887976988, -50.367263595670885
-3.222568887976988, -50.366342585652440
-3.212568887976988, -50.365841796801298
-3.202568887976988, -50.365672556592884
```

```
npoint1 <- read.table(file = paste(dir.dat, "/", file.name, ".DAT", sep = ""), skip = 0, stringsAsFactors = F, sep = '*')
v_point1 <- which(npoint1 == lang$text[1]) #номера строк в файле с которых начинаются контуры
v_npoints <- npoint1[(v_point1+1,)] #количество точек для каждого контура
if (side == "down"){
  data_point1 <- read.table(file = paste(dir.dat, "/", file.name, ".DAT", sep = ""),
    skip = 2,
    nrows = as.numeric(v_npoints[1]),
    stringsAsFactors = F,
    sep = ',') #чтение нижнего контура
} else {
  data_point1 <- read.table(file = paste(dir.dat, "/", file.name, ".DAT", sep = ""),
    skip = (as.numeric(v_point1[2]+1)),
    nrows = as.numeric(v_npoints[2]),
    stringsAsFactors = F,
    sep = ',')
}
if (data_point1$V1[1] > data_point1$V1[nrow(data_point1)]){
  data_point1 <- data_point1[(nrow(data_point1):1,)]
  rownames(data_point1) <- 1:nrow(data_point1)#если контур снят в направлении -X разворачиваем его
data_point1$nomer <- 1:nrow(data_point1) #столбик с номерами точек
if (side == "down"){
  data_point1$contur <- "X1"
} else {
  data_point1$contur <- "X2"
}
colnames(data_point1) <- c('x','y', 'nomer', 'contur')
```

Определение неполных витков

```

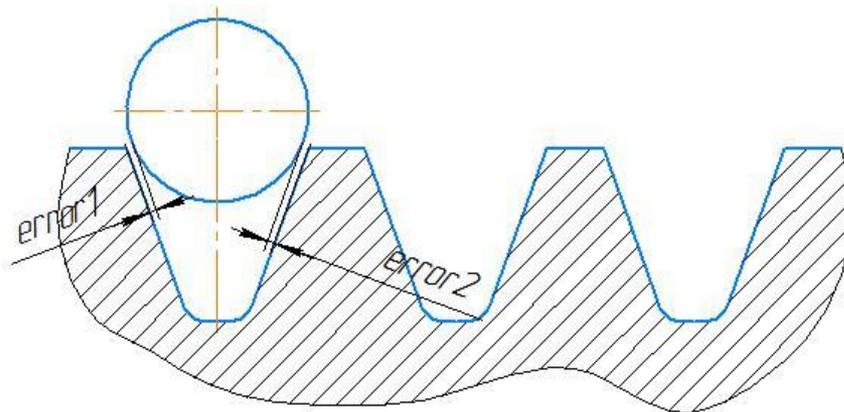
for (i in min(data_point1$n_vitka):max(data_point1$n_vitka)){
  #print(i)
  #i <- 1
  #виток считаем не полным если средняя координата y для левой и
  #правой половины отличается более чем на delta = 0.025
  data.temp <- data_point1[data_point1$n_vitka == i,]
  h1 <- abs(max(data.temp$y[data.temp$x <= mean(data.temp$x)]) -
min(data.temp$y[data.temp$x <= mean(data.temp$x)]))
  h2 <- abs(max(data.temp$y[data.temp$x >= mean(data.temp$x)]) -
min(data.temp$y[data.temp$x >= mean(data.temp$x)]))
  usl1 <- min(h1, h2) >= data.nominal$h_vitka[1]*0.6
  #usl2 <- (h1 >= data.nominal$h_vitka[1]*0.8)&(h1 >=
data.nominal$h_vitka[1]*0.8)
  usl2 <- abs(h1 - h2) <= 0.015
  #print(abs(q1 - q2))
  data_point1$full[data_point1$n_vitka == i] <- usl1&usl2
}
  
```



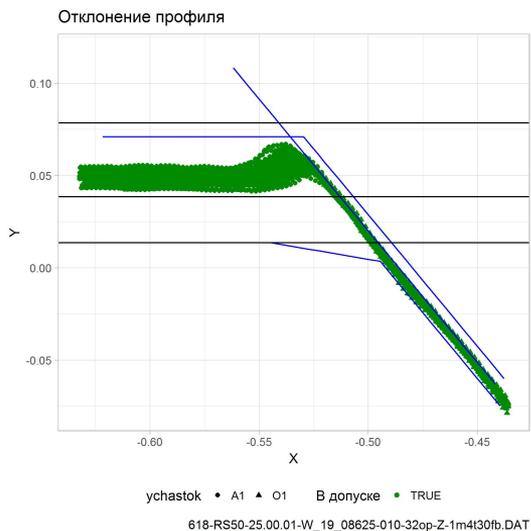
Вписывание окружностей в профиль резьбы

```

error_center_max <- 1e-10 #максимальная допустимая ошибка вписывания
x0 <- mean(data_temp$x)
y0 <- (max(data_temp$y) + d_sharika) #исходные координаты
error1 <- sqrt(min((x0 - data_temp1$x)^2 + (y0 - data_temp1$y)^2)) - d_sharika
error2 <- sqrt(min((x0 - data_temp2$x)^2 + (y0 - data_temp2$y)^2)) - d_sharika #ошибка
для первой итерации
while (max(abs(error1), abs(error2)) > error_center_max){
  #print(c(error1, i, "X1"))
  error1 <- sqrt(min((x0 - data_temp1$x)^2 + (y0 - data_temp1$y)^2)) - d_sharika
  error2 <- sqrt(min((x0 - data_temp2$x)^2 + (y0 - data_temp2$y)^2)) - d_sharika #ошибка
для последующих итераций
  if (abs(error1) > abs(error2)){
    x0 <- x0 - error1*sin(pi/4)
    y0 <- y0 - error1*sin(pi/4) #смещаем исходный центр с учетом ошибки угол
можно заменить на номинальный
  } else{
    x0 <- x0 + error2*sin(pi/4)
    y0 <- y0 - error2*sin(pi/4)
  }
  data.vitok$x_X1[data.vitok$n_vitka == i] <- x0
  data.vitok$y_X1[data.vitok$n_vitka == i] <- y0
}
  
```

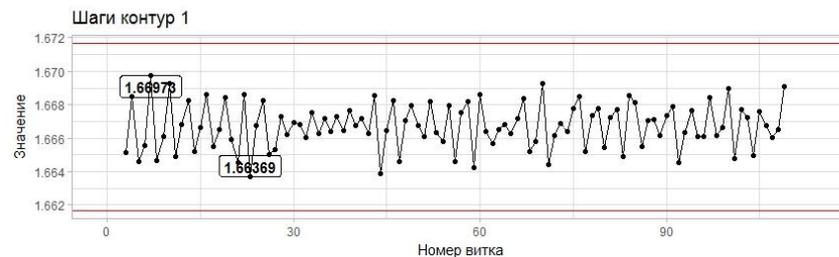
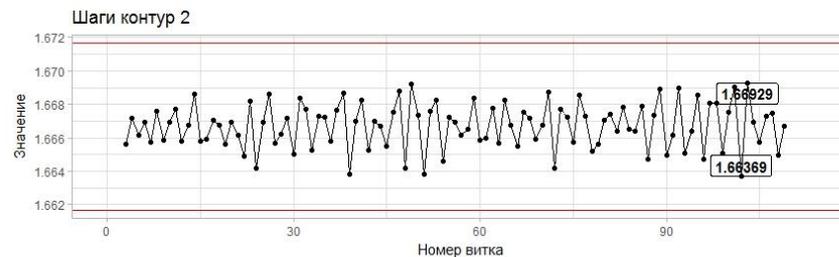


Разделение резьбы на участки



Параметры шага

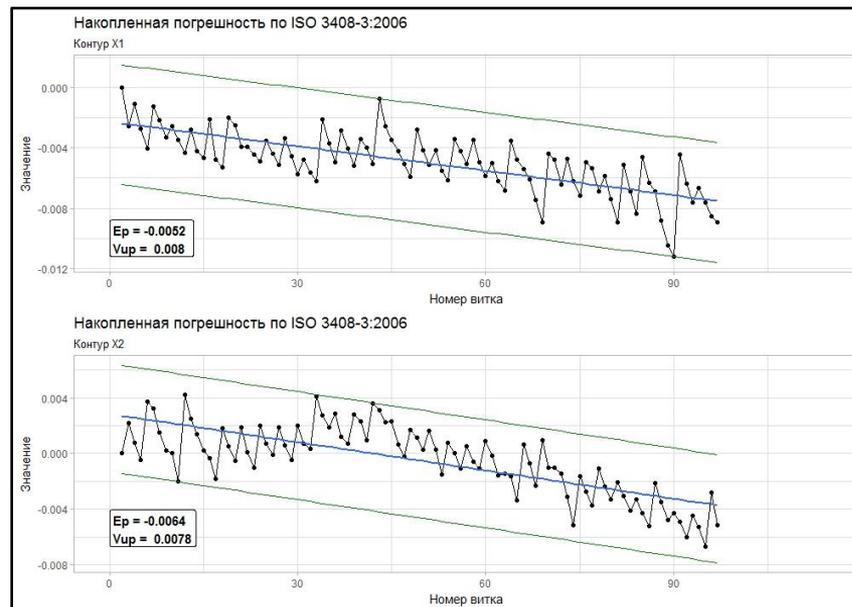
Шаг резьбы – разница координаты X соседних ВИТКОВ



Накопленная погрешность шага

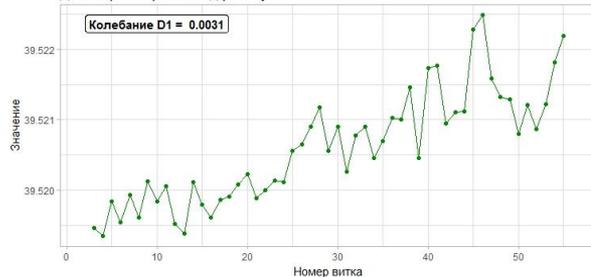
- E_p – действительное значение погрешности перемещения в пределах длины измерения
- V_{up} – действительное значение диапазона погрешностей перемещения в пределах длины измерения

```
f_ISO3408 <- function(data.vitok){
  model <- lm(formula = CSPX1~n_vitka, data = data.vitok)
  data.vitok$Vua_x1 <- max(model$residuals) - min(model$residuals)
  data.vitok$Ea_x1 <-
  model$coefficients[2]*max(data.vitok$n_vitka[data.vitok$full]) -
  model$coefficients[2]*min(data.vitok$n_vitka[data.vitok$full])
  model <- lm(formula = CSPX2~n_vitka, data = data.vitok)
  data.vitok$Vua_x2 <- max(model$residuals) - min(model$residuals)
  data.vitok$Ea_x2 <-
  model$coefficients[2]*max(data.vitok$n_vitka[data.vitok$full]) -
  model$coefficients[2]*min(data.vitok$n_vitka[data.vitok$full])
  return(data.vitok)
}
```

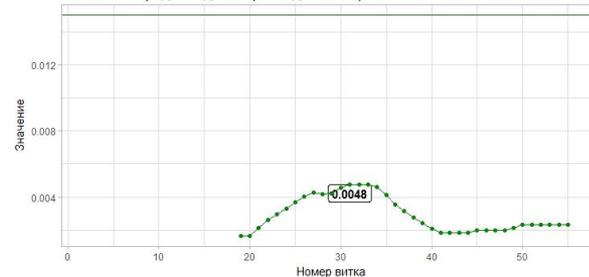


Параметры среднего диаметра

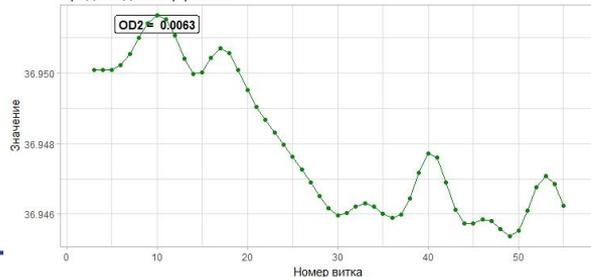
Диаметр отверстия под резьбу



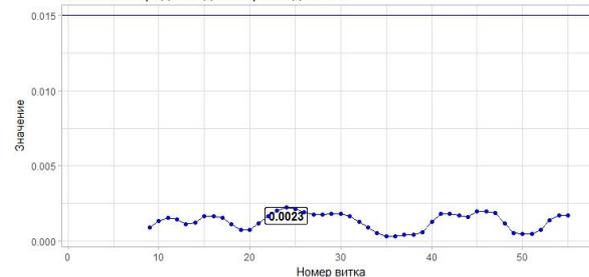
Колебание среднего диаметра на длине зацепления



Средний диаметр резьбы

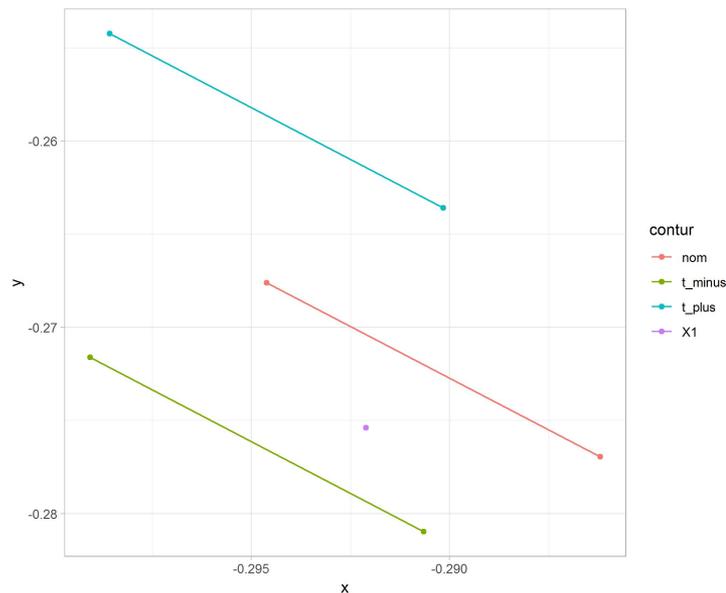


Колебание среднего диаметра на длине L



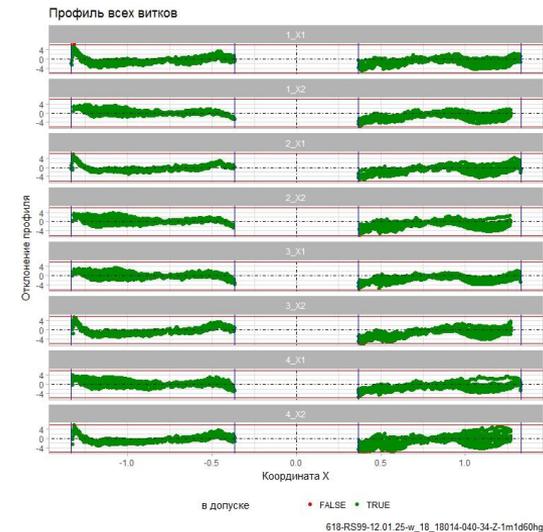
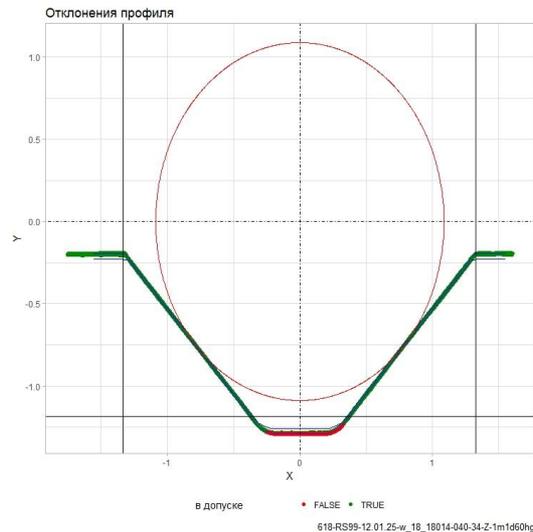
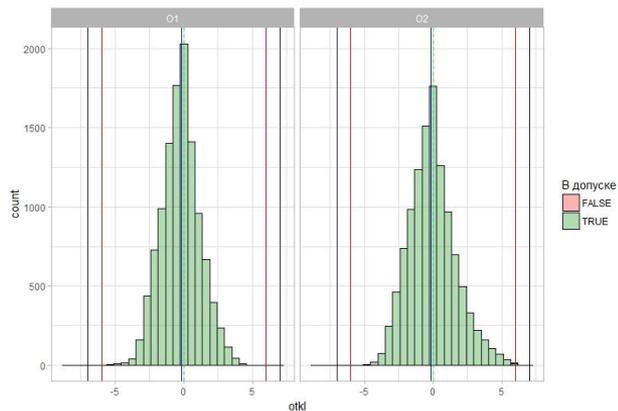
Расчет профиля

- Для каждой точки фактического контура нахожу две ближайшие точки номинального контура и допусков, считаю расстояние от номинала до фактической и проверяю выходит за допуск или нет.



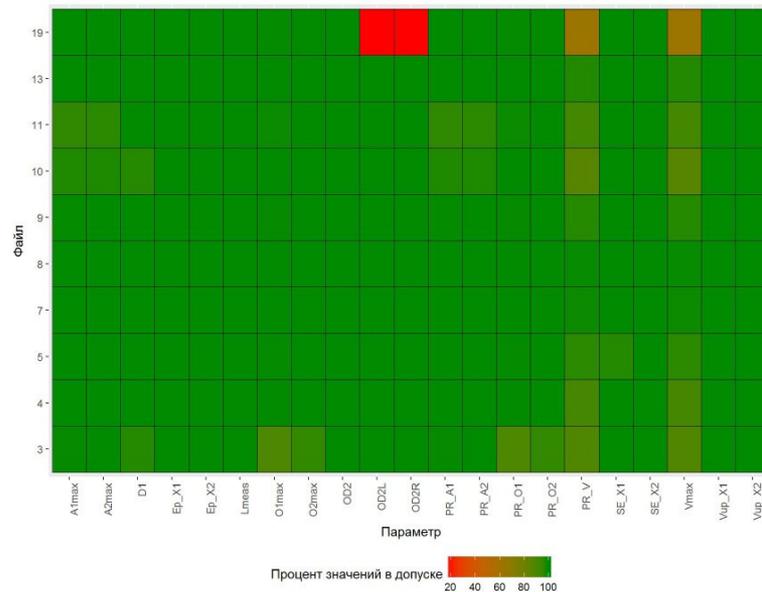
Параметры профиля резьбы

- Отклонение профиля для вершины
- Отклонение профиля для образующей
- Отклонение профиля для впадины



Текущие задачи

- Сводный протокол на партию деталей
- База данных технологических параметров
- Shiny приложение



- Завьялов В.С., Мальцева Н.К.
Измерение параметров внутренней резьбы детали "Гайка" роликовинтовой передачи электромеханического привода // Известия высших учебных заведений. Приборостроение - 2019. - Т. 62. - № 8. - С. 749-757

Спасибо за внимание!

www.ifmo.ru

IT'sMO *re than a*
UNIVERSITY