

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛИ ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ ПРИ ПОМОЩИ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Фокин А.С.

Аннотация: В статье рассматривается автоматизация подготовки производства детали вал-шестерня при помощи инженерного программного обеспечения, с последующим интегрированием в производство, что в свою очередь поможет оптимизировать и автоматизировать технологию изготовления детали, после перевода изготовления на станок с ЧПУ. Рассматривается совершенно новый подход к разработке технологической и конструкторской документации.

Ключевые слова: операции с ЧПУ, вал-шестерня, станки с ЧПУ, расчётные нагрузки, цепной редуктор, программирование, технологические базы, специализированное программное обеспечения (ПО).

Содержание

Введение.....	4
1. Конструкторская часть	5
1.1 Описание конструкции и служебного назначения вала-шестерни.....	5
2. Технологическая часть	7
2.1 Анализ технологичности.....	7
2.2 Выбор заготовки.....	7
2.3 Расчет припусков	7
2.4 Разработка чертежа заготовки	9
2.5 Выбор методов обеспечения технических требований к детали	9
2.6 Выбор технологических баз.....	10
2.7 Выбор последовательности и содержания операций	11
3. Специальная часть автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства с помощью трехмерных CAD/CAM/CAE/TDM- систем.....	15
3.1 Проектирование комплексной обработки детали.....	15
3.2 Управляющая программа	17
3.3 Разработка трехмерной модели детали вал-шестерня	20
3.4 Моделирование детали вал-шестерня.....	20
3.5 Проверочный расчет передач, валов и подшипников редуктора с помощью APMWinMachine.	21
3.5.1 Расчёт прямозубой передачи внешнего зацепления	22
3.5.2 Расчёты валов.	26
3.6 Расчёт подшипников.....	28
Заключение	32
Библиографический список	33
Электронные ресурсы.....	33

Введение

Автоматизация, актуальна на любом предприятии. Применение современных технологий в производственных процессах позволяет предприятиям повысить эффективность и скорость выпуска своей номенклатуры, что в свою очередь, способствует увеличению показателей конкурентоспособности завода в целом, за счет уменьшения циклов в производственных процессах, а также за счет повышения количества и качества изготавливаемых ДСЕ (деталь и сборочная единица).

Автоматизация подготовки производства детали вал-шестерня для редуктора на станке с ЧПУ при помощи инженерного программного обеспечения, с последующей интеграцией в производстве с последующей 3-D сборкой, и расчётами в специализированных инженерных системах является актуальной задачей. Необходимость применения и использования новых инновационных технологий позволяет усовершенствовать работу предприятия.

1. Конструкторская часть

1.1 Описание конструкции и служебного назначения вала-шестерни

Вал-шестерня предназначен для передачи крутящего момента на среднее зубчатое колесо. Подшипники размещаются по обеим сторонам вала.

Перед установкой узла в корпус производится балансировка. На вал установлен шкив, который соединен с мотором ременной передачей.

Деталь имеет несколько точных поверхностей. Все они относятся к поверхностям вращения. Наружная цилиндрическая поверхность $\varnothing 17$ мм имеет 8 квалитет и поле допуска f9, и шероховатость $Ra=0,63$ мкм. Такая точность обусловлена тем, что на эту поверхность будет, насаживается на шкив. Поверхности $\varnothing 17$ имеют 7 квалитет, поле допуска jsби шероховатость $Ra=1,25$ мкм, $\varnothing 15js7$ $Ra=1,25$ предназначена для напрессовывания подшипников.

Нормирование точности поверхностей по отклонению биения относительно базы А пределах 0,02-0,03мм, обусловлено высокими скоростями вала.

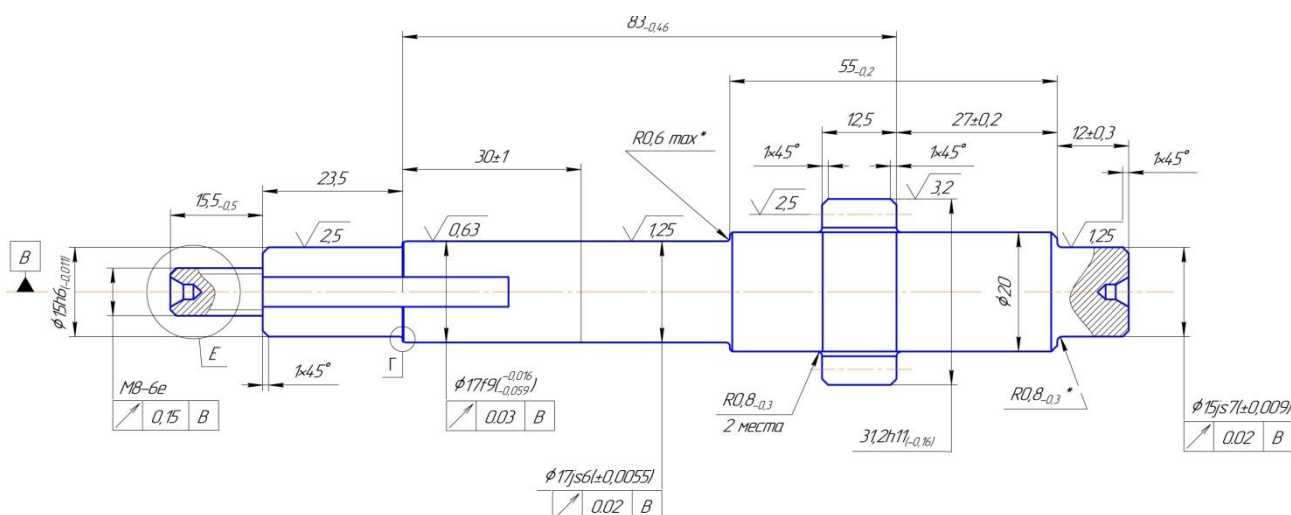


Рисунок 1.1– Эскиз вал-шестерня

Характеристики материала

12Х2Н4А-Ш (ЭИ83-Ш) - высококачественная хромоникелевая конструкционная легированная сталь с электрошлаковым переплавом, обеспечивающим эффективную очистку от сульфидов и оксидов.

Основной ГОСТ 4543-71. Основной вид поставки в виде горячекатаных кругов.

Расшифровка марки 12Х2Н4А-Ш: 12 - 0,12% углерода, Х2 - 2% хрома, Н4 - 4% никеля, А - качество стали высокое, Ш - электрошлаковый переплав. Имеет предрасположенность к хрупкости при отпуске (падение ударной вязкости) и плохую обрабатываемость резанием, обусловленную присадкой никеля.

Применяется для высокопрочных ответственных деталей с жесткими требованиями. Они должны обладать высокой жесткостью, вязкой серединой и пластичностью. Такие детали работают в сложных условиях и испытывают ударные нагрузки, и также применяются при температурах до минус 120 градусов Цельсия. Подвергается как цементации с последующей термической обработкой, так и улучшению. Имеет высокую прокаливаемость и флокеночувствительность.

Сталь ограниченно свариваемая. Сварка производится при помощи РДС или АДС под флюсом, после предварительного нагрева (100 - 200 °С). Экстремальные условия эксплуатации могут приводить к образованию внутренних трещин.

Данная сталь широко применяется в авиастроении и автотракторостроении.

2. Технологическая часть

2.1 Анализ технологичности

Вся деталь состоит из типовых поверхностей (цилиндрические поверхности, торцы, конические поверхности), ко многим из них предъявляются высокие требования по точности изготовления, но имея современный станок с ЧПУ, заданная точность изготовления легко обеспечивается.

Можно сделать вывод, что деталь является технологичной для обработки на станке с ЧПУ.

2.2 Выбор заготовки

Обоснование выбора метода получения заготовки.

Так как деталь выполнена из стали 12Х2Н4А-Ш ТУ 14-1-2765-79, то в качестве заготовки выбираем круглый сортовой прокат, так как контур не имеет сложной конфигурации, центральное отверстие не требуется, а изготовление ведётся в условиях мелкосерийного производства.

Механические свойства стали 12Х2Н4А-Ш ТУ 14-1-2765-79:

- предел текучести $\sigma_m = 785$ МПа;
- временное сопротивление $\sigma_g = 980$ МПа;
- твердость – 294НВ.

2.3 Расчет припусков

Расчет припусков на поверхность $\emptyset 31,2_{-0,17}^{+0,17}(h11)$, шероховатость $Ra=5$ мкм. Овальность прутка не должна превышать 0,5мм, кривизна прутка не должна превышать 1.5мм. На поверхности прутка не допускаются раскатные пузыри, прокатные пленки, закаты трещин, загрязнения, если глубина их превышает 1.2мм.

Таблица 2.1 Припуски

	$R_z + h, \text{мкм}$	$\sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \text{мкм}$	Отклонения
Прокат	400	1000	$\pm 0,3$
Черновое точение	123	60	-0,4
Чистовое точение	$R_z+h=40$	25	-0,16

$$2Z_{\min i} = 2 \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right];$$

$$2Z_{\min 1}^{\text{черн}} = 2 * (0,4 + \sqrt{0,9^2 + 0,3^2}) = 2,70 \text{ мм.};$$

$$2Z_{\min 2}^{\text{получист}} = 2 * (0,063 + 0,060 + \sqrt{0,08^2 + 0^2}) = 0,40 \text{ мм.}$$

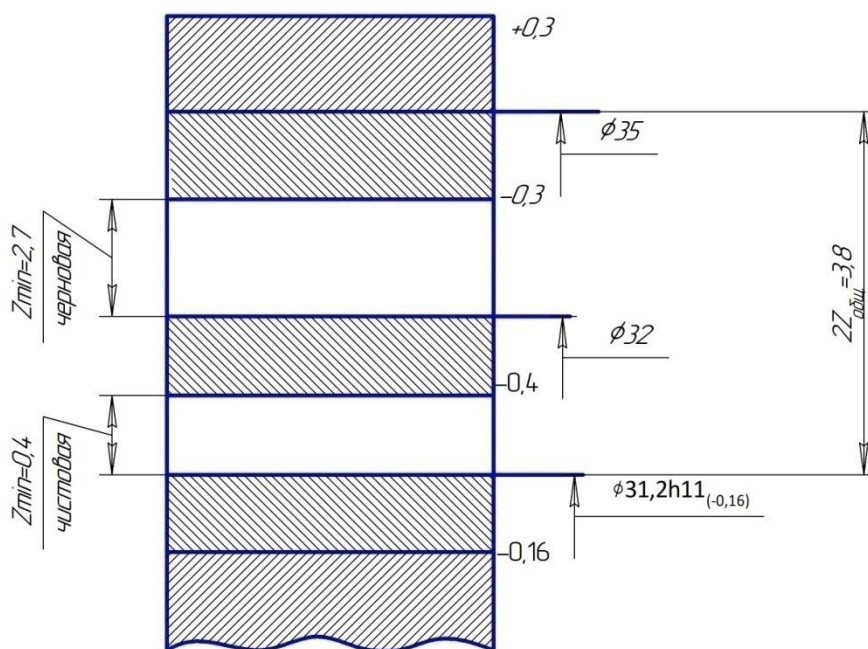


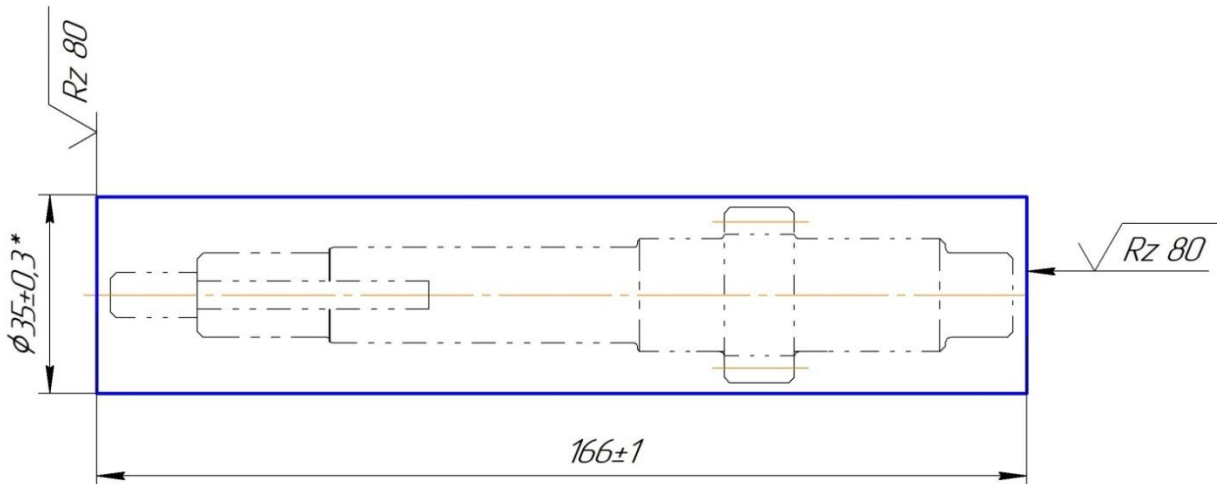
Рисунок 2.1 -Схема припусков на механическую обработку

Класс точности проката – А2

Условное обозначение проката $\text{Круг} \frac{35\text{A2 ГОСТ 4543-2016}}{12\text{X2H4A-ШТУ 14-1-2765-79}}$.

Припуски на остальные поверхности назначим, исходя из припусков на самую точную поверхность.

2.4 Разработка чертежа заготовки



1. Твердость 294 НВ
2. Овальность прутка не должна превышать 0,5 мм
3. Кривизна прутка не должна превышать 1.5 мм
4. На поверхности прутка не допускаются раскатные пузыри, прокатные плены, закаты трещин, загрязнения, если глубина их превышает 1.2 мм.
5. * Размер для справок

Рисунок 2.2—Эскиз заготовки из проката

Коэффициент использования материала равен $K_u = \frac{m_d}{m_z}$, где


m_d, m_z – масса детали и масса заготовки, кг.

$$K_u = \frac{0,315}{1,190} = 0,27$$

2.5 Выбор методов обеспечения технических требований к детали

Таблица 2.2 – методы обеспечения технических требований к детали

Технические требования чертежа	Метод обеспечения
Пов. $\phi 17f9, \phi 17js6, \phi 15js7$ - радиальное биение 0,02-0,03, относительно оси центров Ra0,63-1,25	Шлифование при базировании в центрах

Зубья	Зубофрезерный станок, червячная зубофрезерная фреза
$5 \begin{matrix} -0,010 \\ -0,055 \end{matrix}$ Паз 	Фрезерование дисковой фрезой при базирование в призме
Твердость сердцевины 314-409 HB	Закалка при 1000-1050С°, охлаждение масло или воздух. Отпуск при 240-260С° охлаждение воздух.
Твердость зубьев и поверхностей Г и Д ≥ 596 HBW	Цианирование, насыщения поверхностного слоя стали одновременно углеродом и азотом при температурах 820— 950° С в расплаве цианида натрия

2.6 Выбор технологических баз

На первой токарной операции удобное закрепление детали в самоцентрирующейся трехкулачковый патрон, для обработки торца и сверление центровых отверстий. Операция правки центровых отверстий, так же осуществляется в трехкулачковом патроне. Данный выбор крепления заготовки самый удобный.

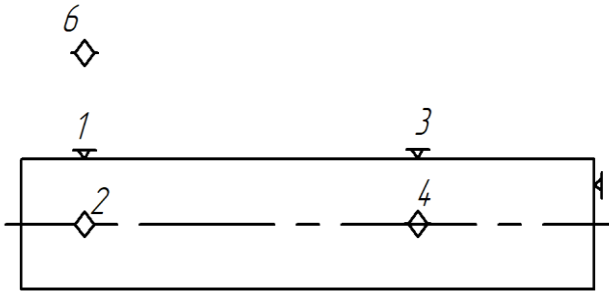
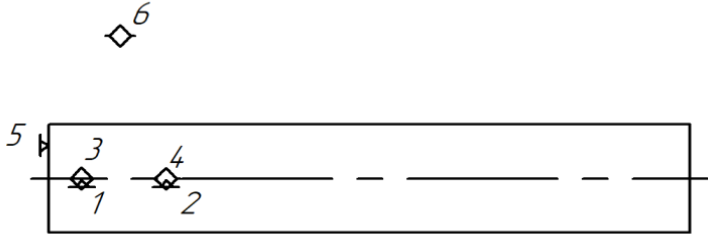
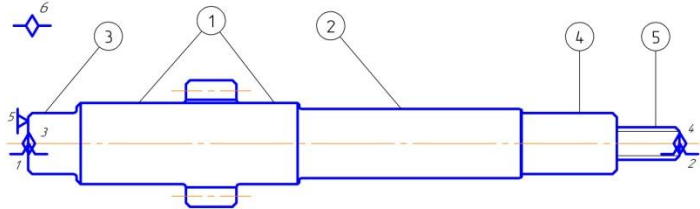
В последующих операциях деталь будет базироваться в центрах, так как данный вид обработки будет более эффективным, вследствие чего деталь не нужно будет переустанавливать, для последующей обработки.

Для обеспечения размера шпоночного паза, с учетом всех отклонений, деталь будет базироваться в призме.

Главными технологическими базами у нас будут цилиндрические поверхности. При обработке поверхностей под подшипники $\varnothing 17js6$, $\varnothing 15js7$ и поверхности $\varnothing 17f9$, $Ra0,63$; под напрессовывание сальника.

2.7 Выбор последовательности и содержания операций

Таблица 2.3 – выбор последовательности и содержания операций

<p>005 Заготовительная</p> 	<p>Установить заготовку в тиски Отрезать заготовку в размер 166_{-0,5} мм. Снять заготовку</p>
<p>010 Токарная</p> 	<p>Установить заготовку Подрезать торец в размер 163.5_{-0,2} мм. Центровать отверстие А 2,5 Выполнить переустановку детали Подрезать торец в размер 161_{-0,2} мм Центровать отверстие А 2,5</p>
<p>015 Токарная с ЧПУ</p> 	<p>Установить деталь в центра А-1-4-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75 Точить поверхности с припуском под шлифование (1,2,3,4) по программе. Нарезать резьбу М8 на длину 15,5 мм (5). Снять заготовку</p>

<p>020 Фрезерная</p> 	<p>Установить деталь Фрезеровать шпоночный паз. Снять деталь</p>
<p>025Зубо-фрезерная</p> 	<p>Установить деталь Фрезеровать зубья согласно чертежу Снять деталь</p>
<p>030Термическая обработка (Закалка)</p>	<p>Произвести закалку вал-шестерни по технологии цеха термообработки</p>
<p>035Термическая обработка (Отпуск)</p>	<p>Произвести отпуск вал-шестерни по технологии цеха термообработки</p>
<p>040Токарная</p>	<p>Установить</p>

	<p>заготовку в трех кулачковый патрон Точить на чисто центровое отверстие А 2,5 Выполнить переустановку детали Точить на чисто центровое отверстие А 2,5 Снять заготовку</p>
<p>045 Кругло-шлифовальная</p>	<p>Установить деталь в центра Шлифовать начисто поверхности (1,2,4) согласно чертежа. Выполнить переустановку детали Шлифовать начисто поверхности (3) согласно чертежа. Снять деталь</p>
<p>050 Контроль</p>	<p>Выполнить контроль размеров согласно чертежа</p>
<p>055 Цианирование зубьев и поверхностей Г и Д</p>	<p>Цианировать поверхность зуба и поверхности Г и Д Твердость цианированной поверхности $\geq 596\text{HBW}$</p>
<p>060 Покрытие Хим. Окс.</p>	<p>Нанести покрытие Хим. Окс.</p>
<p>065 Контроль</p>	<p>Выполнить осмотр детали согласно инструкции</p>

Вал-шестерня точится в центрах А-1-4-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75, на станке JCL-28S CNC.

Режимы резания и норму времени, берём из программы FeatureCAM

СПИСОК ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ

Деталь: Вал шестерня

Оп.: 1 точение2 (черн.), Крепёж 1
П/С: 136 м/мин ЧС, 0.381 мм/об
Инстр: #1 (P0.8 SW_Turn_80_RH)
Время: 0:34.2

Оп.: 2 точение2 (чист.), Крепёж 1
П/С: 198 м/мин ЧС, 0.152 мм/об
Инстр: #1 (P0.8 SW_Turn_80_RH)
Время: 0:13.2

Оп.: 3 точение3 (черн.), Крепёж 1
П/С: 136 м/мин ЧС, 0.381 мм/об
Инстр: #2 (R 0.8 SE_BackTurn_80_RH)
Время: 0:51.7

Оп.: 4 точение3 (чист.), Крепёж 1
П/С: 198 м/мин ЧС, 0.152 мм/об
Инстр: #2 (R 0.8 SE_BackTurn_80_RH)
Время: 0:19.5

Оп.: 5 резьба1 (чист.), Крепёж 1
П/С: 198 м/мин ЧС, 0.152 мм/об
Инстр: #2 (R 0.8 SE_BackTurn_80_RH)
Время: 0:06.6

Оп.: 6 резьба1 (резьба: внешн.), Крепёж 1
П/С: 5500 об/мин ЧС, 1.000 мм/об
Инстр: #3 (OD_UN_SWL)
Другое: Шаг: 1.000 мм, Глубина: 0.758 мм
Время: 0:15.3

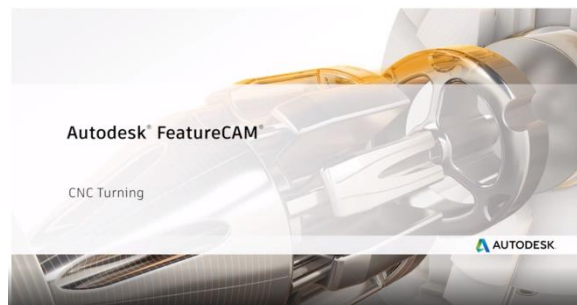
3. Специальная часть автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства с помощью трехмерных CAD/CAM/CAE/TDM-систем

3.1 Проектирование комплексной обработки детали

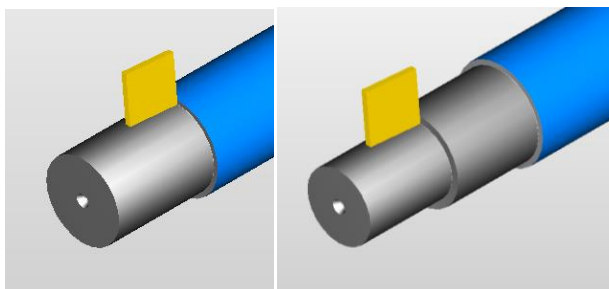
Проектировка с помощью программы FeatureCAM 2016

Описание программного комплекса FeatureCAM.

В качестве САМ-системы для программирования многоцелевой операции с ЧПУ будем использовать программный комплекс FeatureCAM.

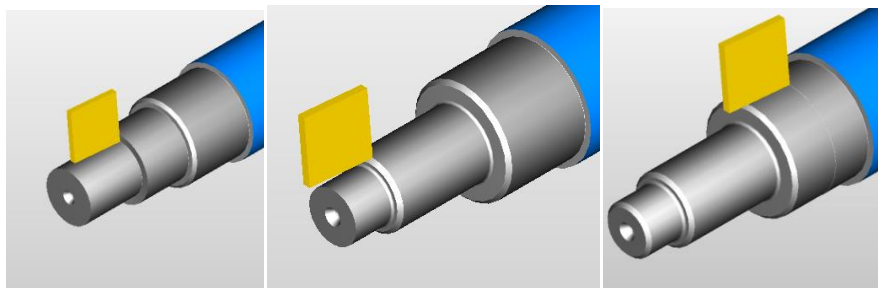


Обработка вал-шестерни в центрах с одной стороны



а

б



в

г

д

Рисунок 3.1– Токарная обработка детали

а, б, в, г – Черновая обработка цилиндрических поверхностей

д – Чистова обработка поверхностей

Обработка вал-шестерни в центрах со второй стороны

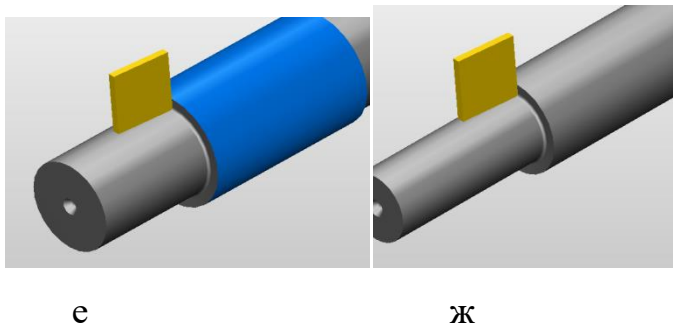


Рисунок 3.2– Токарная обработка детали

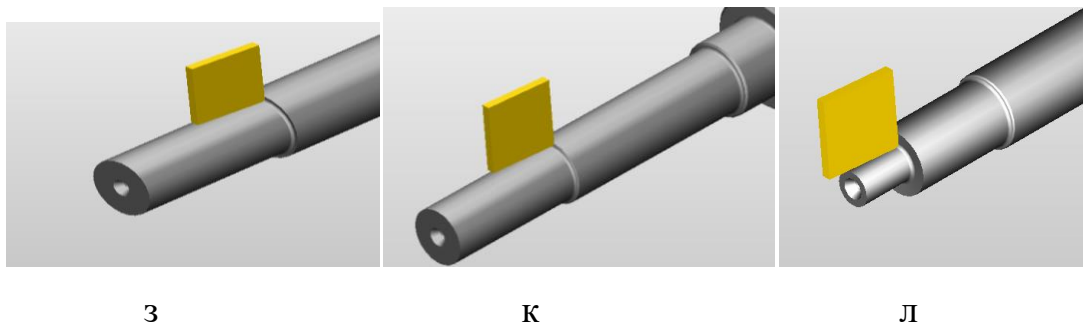


Рисунок 3.3 – Токарная обработка детали

е, ж, з, к, л – Черновая обработка цилиндрических поверхностей

Чистовая обработка вал-шестерни в центрах

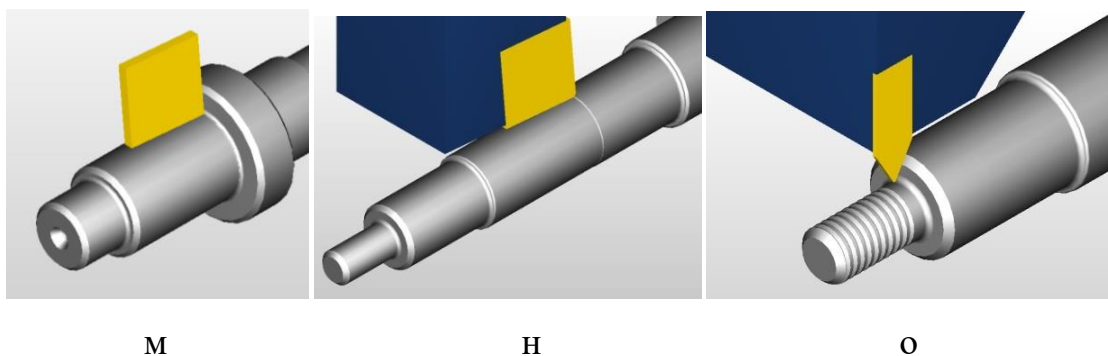


Рисунок 3.4 – Конечная обработка

м, н – Чистовая обработка поверхностей

о – Нарезание резьбы

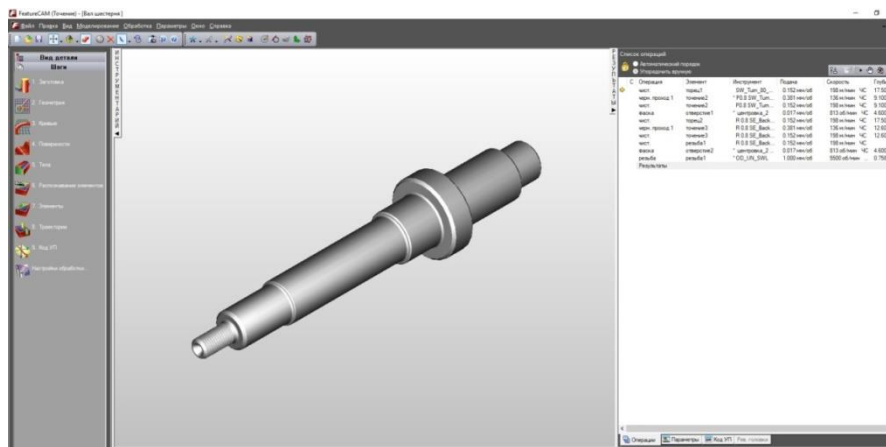


Рисунок 3.5 – Главное окно программа после моделирования

После проведения моделирования можно узнать время, необходимое для обработки, в нашем случае это 2 минуты 21 секунд.

3.2 Управляющая программа

```

%
Вал шестерня ( FILENAME = Вал шестерня )
N20 G20 G40
N25 G28 U0
N30 G28 W0
( OPERATION: ROUGH TURN ТОЧЕНИЕ2 )
N40 T101
N45 G50 S3000
N50 G96 S447 M4
N55 G0 X1.2362 Z0.025 M8
N60 G1 Z-2.7005 F0.01
N65 X1.378
N70 X1.4058 Z-2.6866
N75 G0 Z0.025
N80 G1 X1.0157
N85 Z-1.7283
N90 X1.1423
N95 G3 X1.153 Z-1.7306 R0.0076
N100 G1 X1.2318 Z-1.7699
N105 G3 X1.2362 Z-1.7753 R0.0076
N110 G1 X1.2641 Z-1.7614
N115 G0 Z0.025
N120 G1 X0.7953
N125 Z-1.7044
N130 G2 X0.8431 Z-1.7283 R0.0239
N135 G1 X1.0157
N140 X1.0436 Z-1.7144
N145 G0 Z0.025
N150 G1 X0.5984
N155 Z-0.543
N160 G2 X0.6463 Z-0.5669 R0.0239
N165 G1 X0.7014
N170 G3 X0.7121 Z-0.5691 R0.0076
N175 G1 X0.7908 Z-0.6085
N180 G3 X0.7953 Z-0.6139 R0.0076
N185 G1 X0.8231 Z-0.6
N190 G0 Z0.025

```

N195 G1 X0.5152
 N200 Z-0.0967
 N205 X0.594 Z-0.1361
 N210 G3 X0.5984 Z-0.1414 R0.0076
 N215 G1 X0.6263 Z-0.1275
 N220 G0 Z0.0197
 (OPERATION: FINISH TURN ТОЧЕНИЕ2)
 N230 G0 X0.3375 Z-0.0134
 N235 G50 S3000
 N240 G96 S650
 N245 G0 X0.3375 Z-0.0134 M8
 N250 G1 X0.5884 Z-0.1389 F0.01
 N255 G3 X0.5906 Z-0.1414 R0.0036 F0.
 N260 G1 Z-0.543 F0.01
 N265 G2 X0.6463 Z-0.5709 R0.0279
 N270 G1 X0.7014
 N275 G3 X0.7065 Z-0.5719 R0.0036 F0.
 N280 G1 X0.7853 Z-0.6113 F0.01
 N285 G3 X0.7874 Z-0.6139 R0.0036 F0.
 N290 G1 Z-1.7044 F0.01
 N295 G2 X0.8431 Z-1.7323 R0.0279
 N300 G1 X1.1423
 N305 G3 X1.1475 Z-1.7333 R0.0036 F0.
 N310 G1 X1.2262 Z-1.7727 F0.01
 N315 G3 X1.2283 Z-1.7753 R0.0036 F0.
 N320 G1 Z-2.7005 F0.01
 N325 X1.4005 Z-2.6144
 N330 G0 X1.6142
 N335 G28 U0
 N340 G28 W4.9213
 (OPERATION: ROUGH TURN ТОЧЕНИЕ3)
 N350 T202
 N355 G50 S3000
 N360 G96 S447 M4
 N365 G0 X1.0866 Z-0.0446 M8
 N370 G1 Z4.4055 F0.01
 N375 X1.0871
 N380 G2 X1.1369 Z4.4158 R0.0352
 N385 G1 X1.2156 Z4.4552
 N390 X1.378
 N395 X1.4058 Z4.4413
 N400 G0 Z-0.0446
 N405 G1 X0.7953
 N410 Z4.4055
 N415 X1.0866
 N420 X1.1145 Z4.3916
 N425 G0 Z-0.0446
 N430 G1 X0.6772
 N435 Z3.7953
 N440 X0.6855
 N445 G2 X0.7295 Z3.803 R0.0352
 N450 G1 X0.7689 Z3.8187
 N455 G2 X0.7953 Z3.8462 R0.0352
 N460 G1 X0.8231 Z3.8323
 N465 G0 Z-0.0446
 N470 G1 X0.5984
 N475 Z1.6313
 N480 G2 X0.6772 Z1.6809 R0.0509
 N485 G1 X0.705 Z1.6669
 N490 G0 Z-0.0446
 N495 G1 X0.3228
 N500 Z0.7047
 N505 X0.4493
 N510 G2 X0.4991 Z0.715 R0.0352
 N515 G1 X0.5778 Z0.7544
 N520 G2 X0.5984 Z0.7793 R0.0352

N525 G1 X0.6263 Z0.7654
N530 G0 Z-0.0446
N535 G1 X0.2235
N540 Z0.1048
N545 X0.3022 Z0.1442
N550 G2 X0.3228 Z0.169 R0.0352
N555 G1 X0.3507 Z0.1551
N560 G0 Z-0.0197
(OPERATION: FINISH TURN ТОЧЕНИЕ3)
N570 G0 X0.0067 Z0.002
N575 G50 S3000
N580 G96 S650
N585 G0 X0.0067 Z0.002 M8
N590 G1 X0.2967 Z0.1469 F0.01
N595 G2 X0.315 Z0.169 R0.0313 F0.
N600 G1 Z0.7087 F0.01
N605 X0.4493
N610 G2 X0.4935 Z0.7178 R0.0312 F0.
N615 G1 X0.5722 Z0.7572 F0.01
N620 G2 X0.5906 Z0.7793 R0.0313 F0.
N625 G1 Z1.6345 F0.01
N630 G2 X0.6693 Z1.6809 R0.047
N635 G1 Z3.7992
N640 X0.6855 F0.
N645 G2 X0.7246 Z3.8061 R0.0312
N650 G1 X0.7639 Z3.8218
N655 G2 X0.7874 Z3.8462 R0.0312
N660 G1 Z4.4092 F0.01
N665 G3 X0.7879 Z4.4094 R0.0002 F0.
N670 G1 X1.0871 F0.01
N675 G2 X1.1313 Z4.4186 R0.0312 F0.
N680 G1 X1.21 Z4.458 F0.01
N685 X1.4213 Z4.3524
N690 G0 X1.6142
(OPERATION: FINISH TURN РЕЗЬБА1)
N700 G0 Z-0.0197
N705 G50 S3000
N710 G96 S650
N715 G0 X1.6142 Z-0.0197 M8
N720 X0.3104
N725 G1 Z0.689 F0.01
N730 X1.3155
N735 X1.5267 Z0.5834
N740 G0 X1.6142
N745 G28 U0
N750 G28 W4.9213
(OPERATION: THREAD: OUTER РЕЗЬБА1)
N760 T303
N765 G97 S3000 M4
N770 G0 X0.5466 Z-0.1639 M8
N775 X0.2674 Z-0.0865
N780 G32 X0.2674 Z0.6299 F0.03937
N785 G0 X0.5466
N790 Z-0.1639
N795 X0.2674 Z-0.0865
N800 G32 X0.2674 Z0.6299 F0.03937
N805 G0 X0.5466
N810 Z-0.1639
N815 G28 U0
N820 G28 W0
N825 M30
%

3.3 Разработка трехмерной модели детали вал-шестерня

КОМПАС-3D — система трехмерного проектирования, ставшая стандартом для тысяч предприятий, благодаря сочетанию простоты освоения и легкости работы с мощными функциональными возможностями твердотельного и поверхностного моделирования.

3.4 Моделирование детали вал-шестерня

3D моделирование необходимо, для более полного визуального восприятия детали.

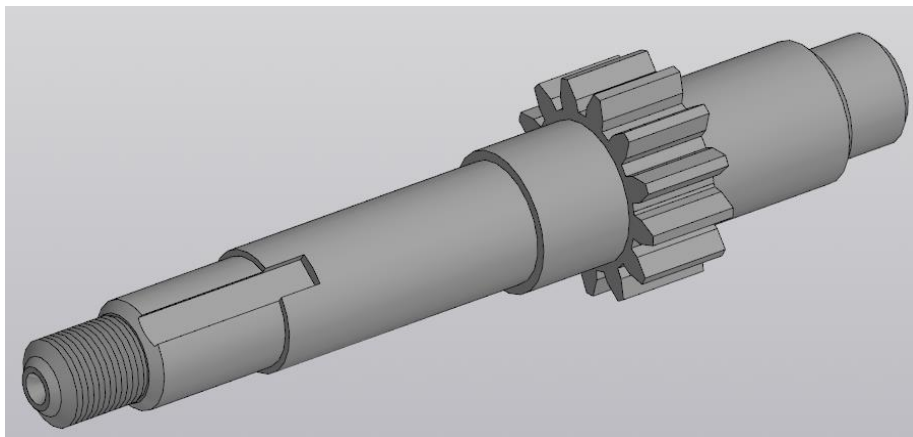


Рисунок 3.6 вал-шестерня

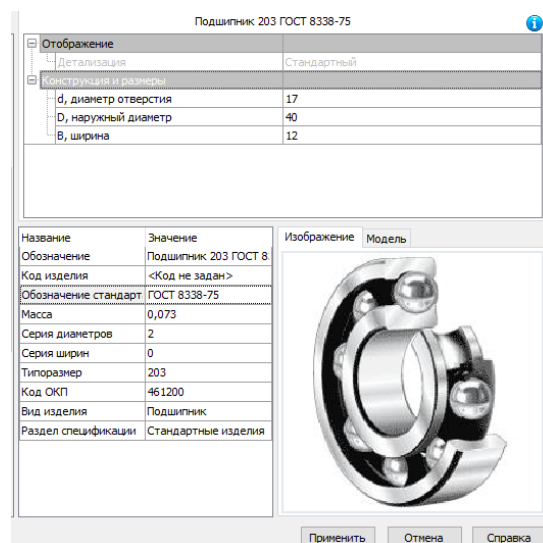


Рисунок 3.7. 203 Подшипник

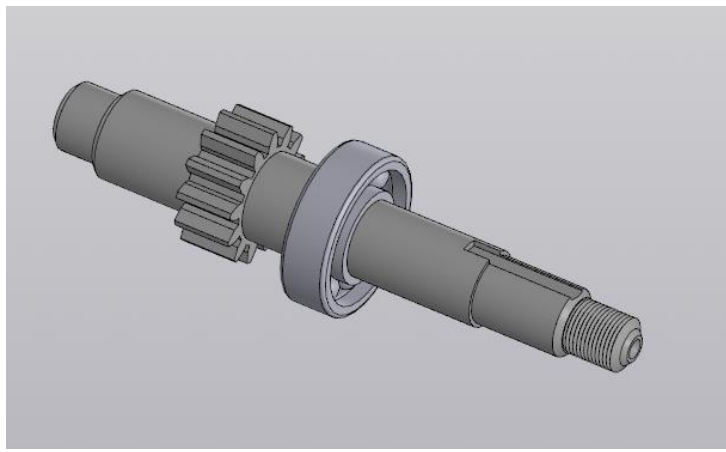


Рисунок 3.8. Вал-шестерня с подшипником 203

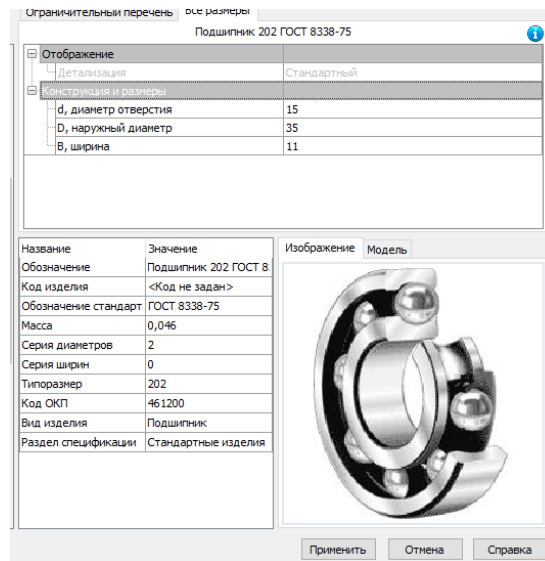


Рисунок 3.9. Подшипник 202

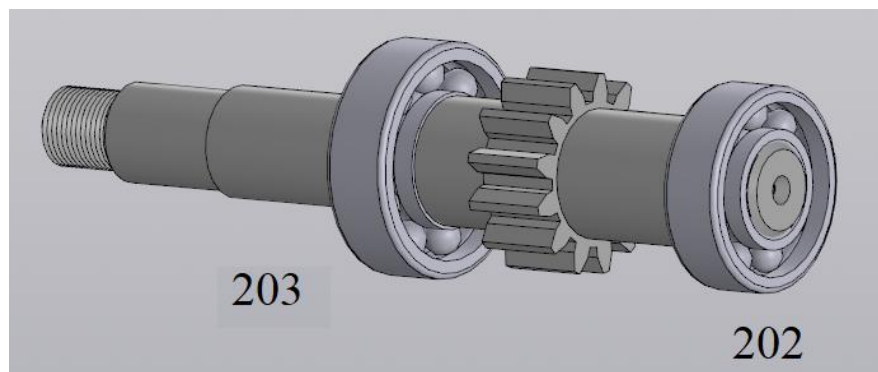


Рисунок 3.10. Вал-шестерня с подшипниками

3.5 Проверочный расчет передач, валов и подшипников редуктора с помощью APMWinMAchine.

Российская САЕ-система автоматизированного расчета и проектирования механического оборудования и конструкций в области машиностроения, разработанная с учетом последних достижений в

вычислительной математике, области численных методов и программирования, а также теоретических и экспериментальных инженерных решений.

3.5.1 Расчёт прямозубой передачи внешнего зацепления.

Проведём проектировочный расчет.

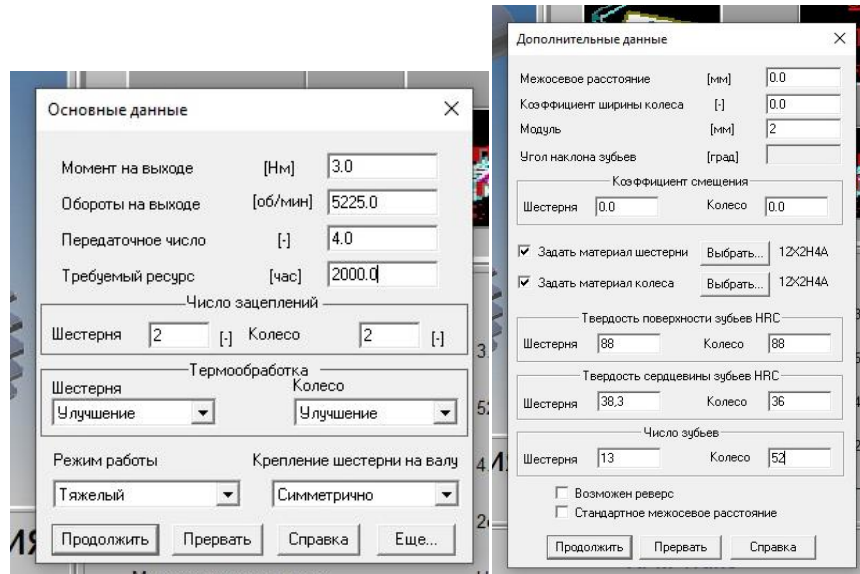


Рисунок 3.11. Ввод данных по расчёту

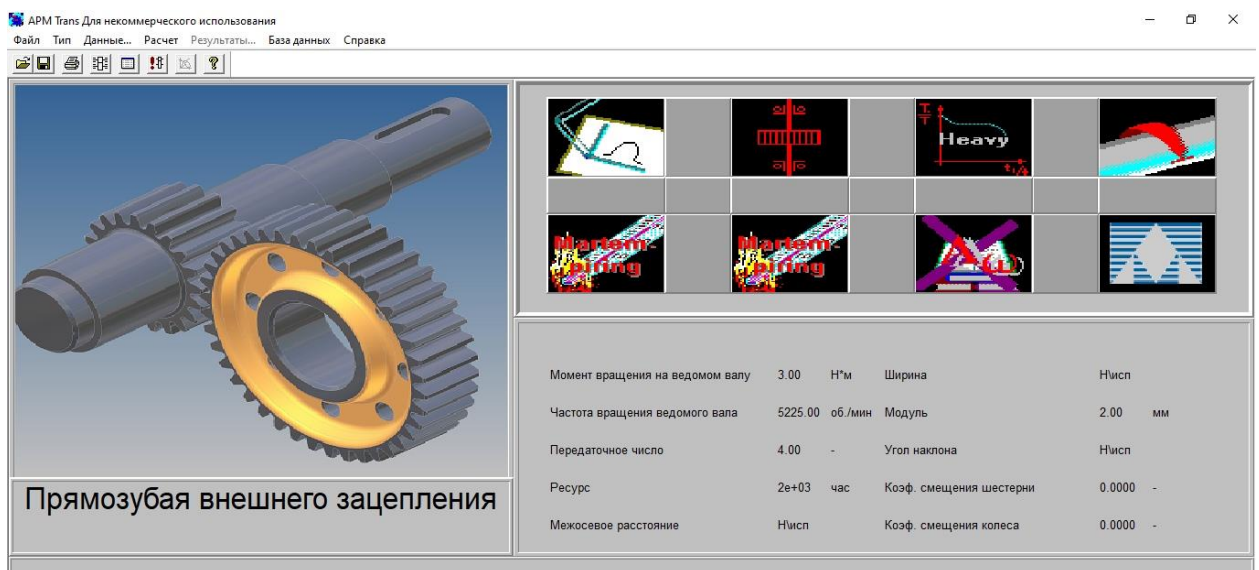


Рисунок 3.12. Рабочее окно с прямозубой передачей

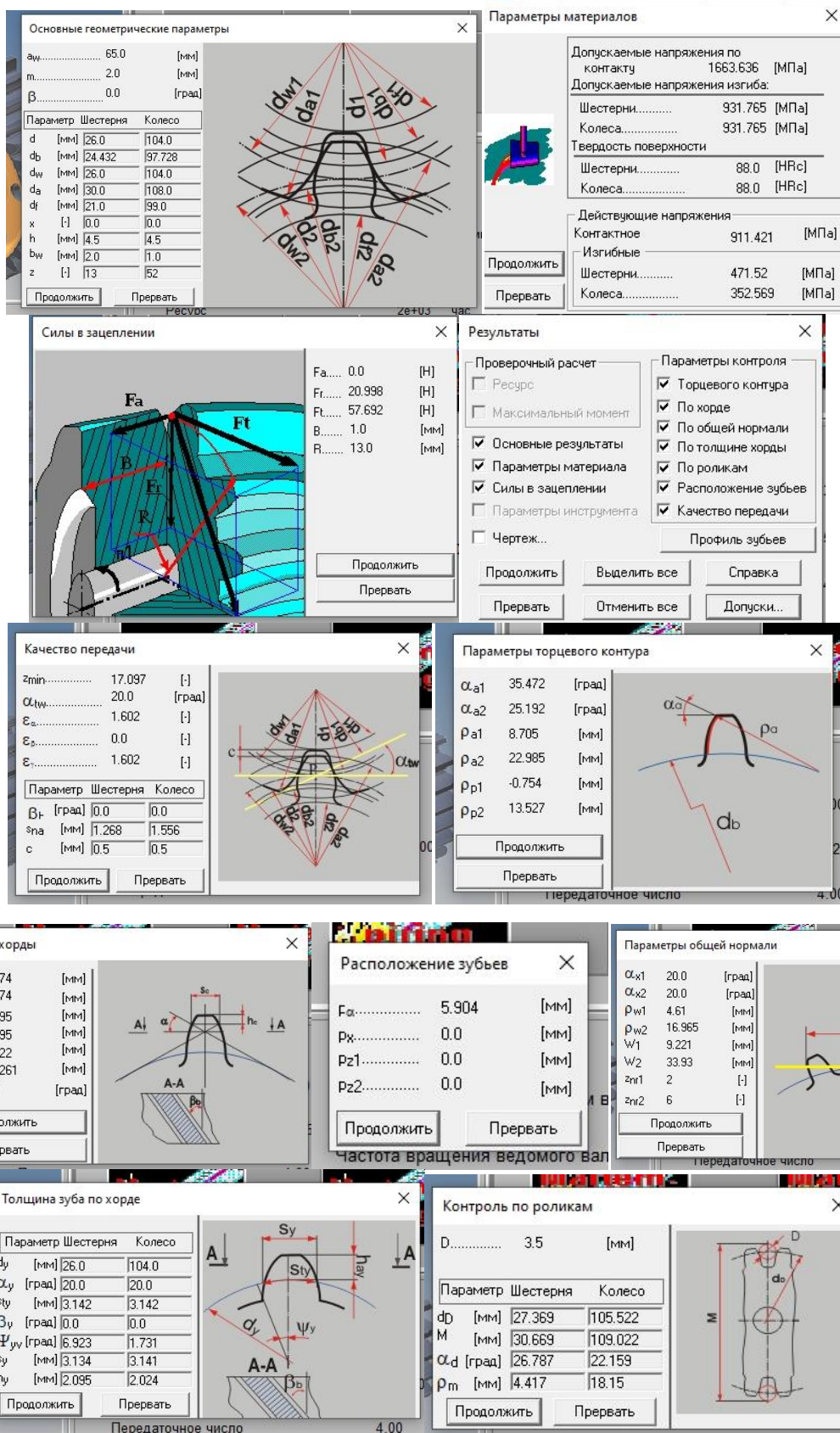


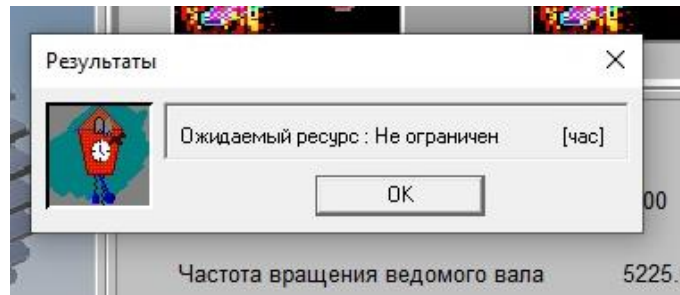
Рисунок 3.13. Результаты расчёта

Проведём проверку по ресурсу.



Модуль	[мм]	2.0	
Угол наклона зубьев	[град]		
Число зубьев			
Шестерня	13	Колесо	52
Ширина, [мм]			
Шестерня	12.0	Колесо	8.0
Кoeffициент смещения			
Шестерня	0.0	Колесо	-0.0
Момент на выходе	[Нм]	3.0	
Обороты на выходе	[об/мин]	5225.0	
Требуемый ресурс	[час]		
Число зацеплений			
Шестерня	2	Колесо	2
Термообработка			
Шестерня	Улучшение	Колесо	Улучшение
Режим работы	Тяжелый	Расположение шестерни на валу	Симметрично

Рисунок 3.14. Ввод данных по расчёту на ресурс

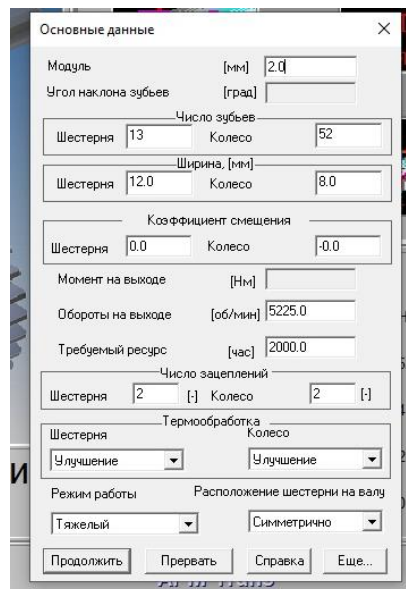


Ожидаемый ресурс : Не ограничен [час]

Частота вращения ведомого вала 5225.0

Рисунок 3.15. Результат расчёта по ресурсу

Проведём расчёт по моменту.



Модуль	[мм]	2.0	
Угол наклона зубьев	[град]		
Число зубьев			
Шестерня	13	Колесо	52
Ширина, [мм]			
Шестерня	12.0	Колесо	8.0
Кoeffициент смещения			
Шестерня	0.0	Колесо	-0.0
Момент на выходе	[Нм]		
Обороты на выходе	[об/мин]	5225.0	
Требуемый ресурс	[час]	2000.0	
Число зацеплений			
Шестерня	2	Колесо	2
Термообработка			
Шестерня	Улучшение	Колесо	Улучшение
Режим работы	Тяжелый	Расположение шестерни на валу	Симметрично

Рисунок 3.16. Ввод данных по моментному расчёту

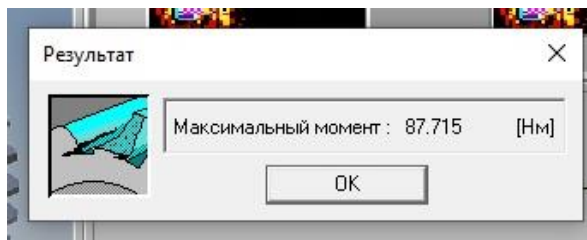


Рисунок 3.17. Результат расчёта по моменту

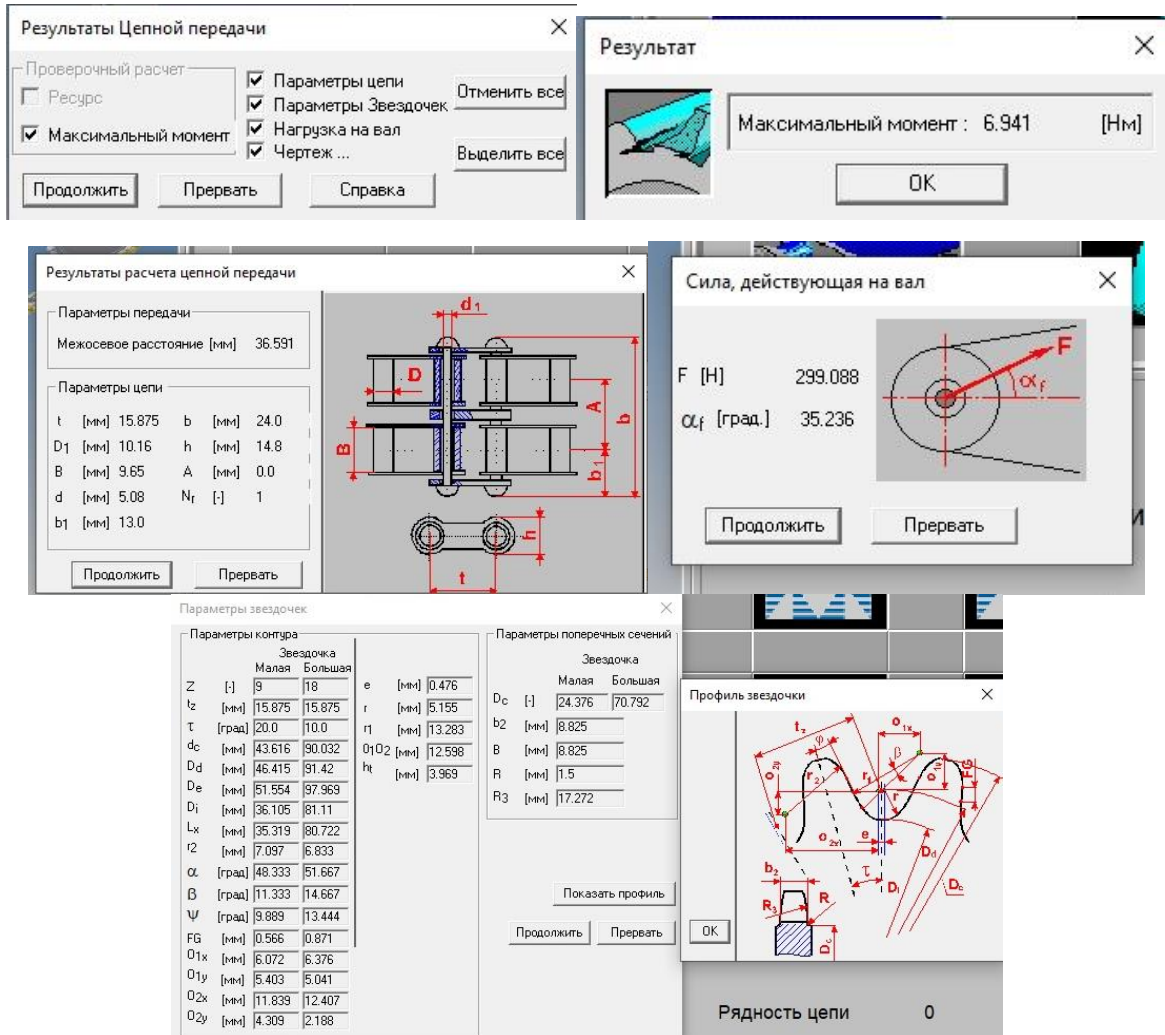


Рисунок 3.18. Результат расчёта по моменту

3.5.2 Расчёты валов.

Расчёты валов в APMShaft.

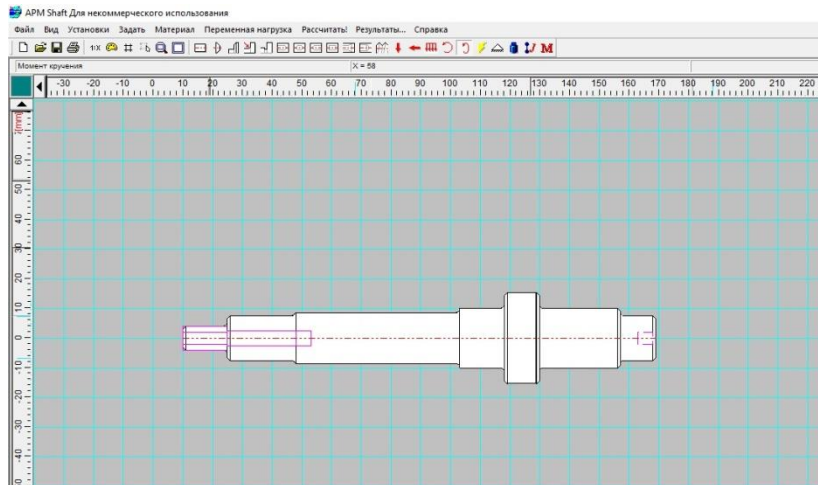


Рисунок 3.19. Вал-шестерня 150330002

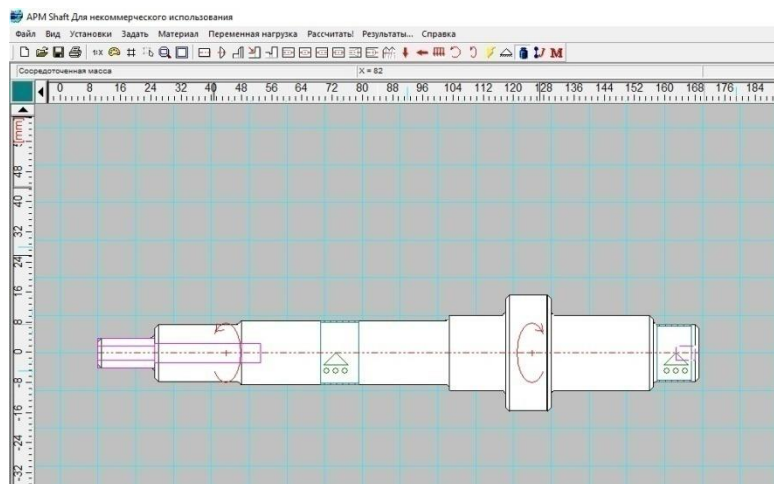


Рисунок 3.20. Вал-шестерня 150330002 с нагрузками и опорой.

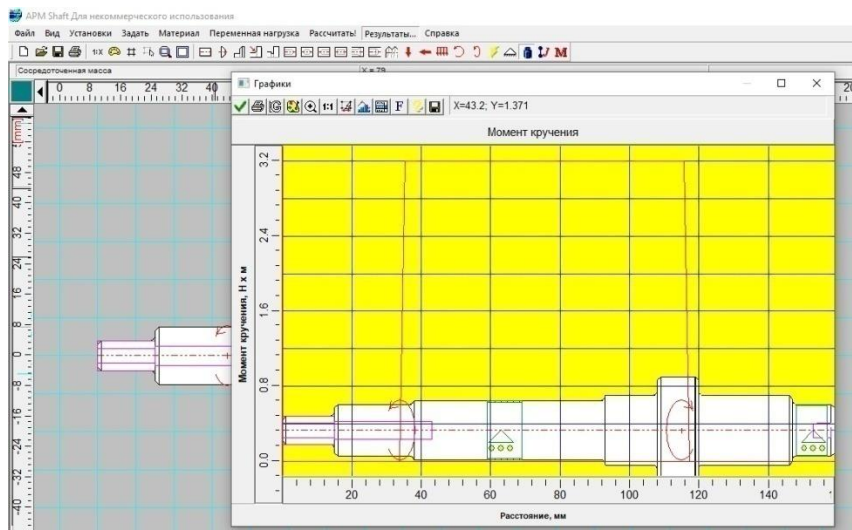


Рисунок 3.21. Результаты расчёта на момент кручения

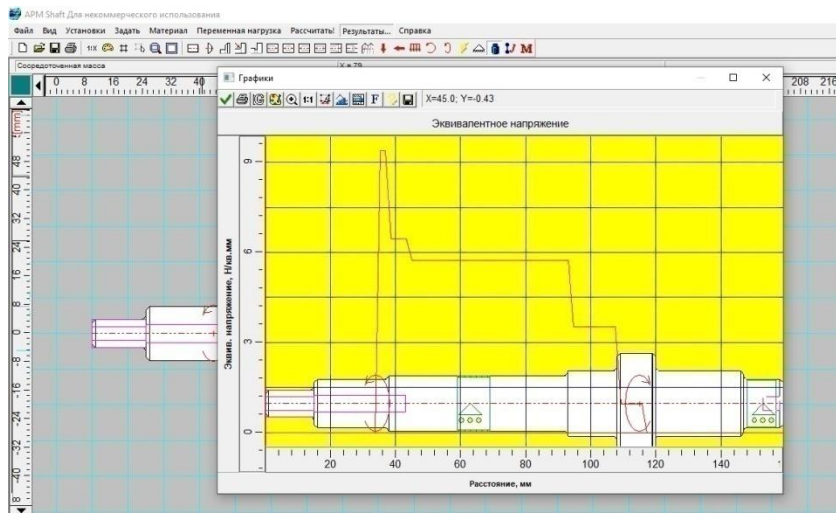


Рисунок 3.22. Результаты расчёта на эквивалентное напряжение

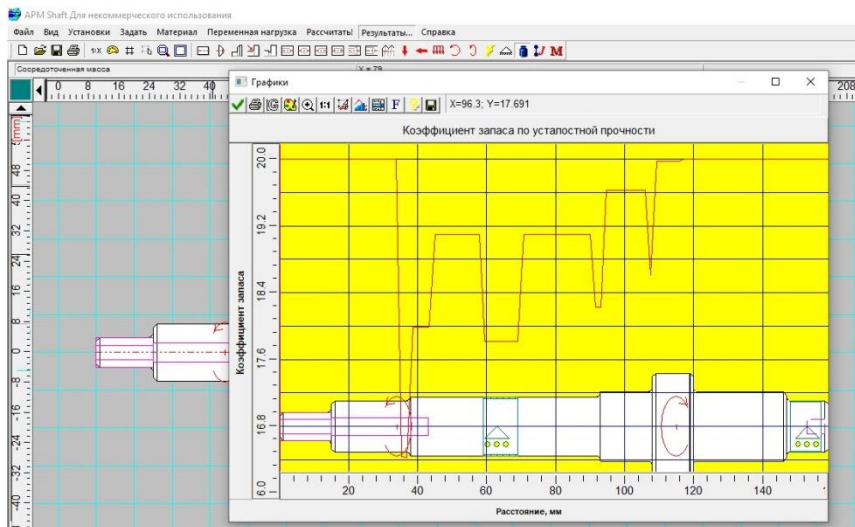


Рисунок 3.23. Результаты расчёта на усталостную прочность

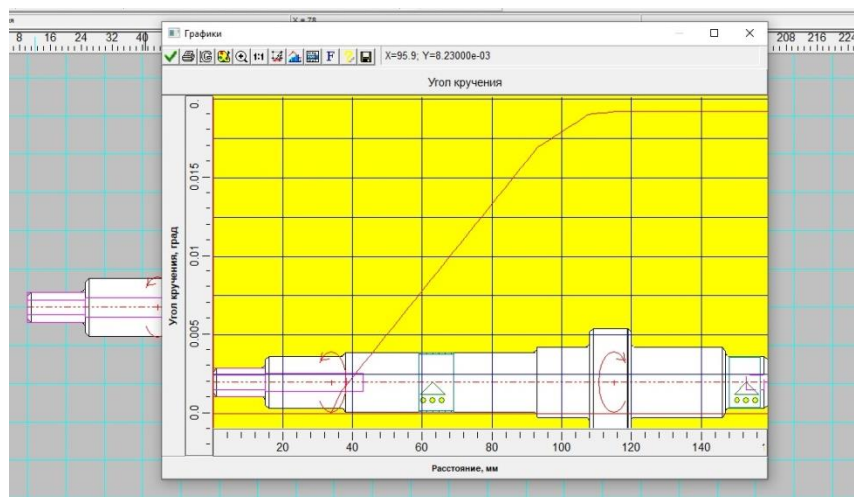


Рисунок 3.24. Результаты расчёта на угол кручения

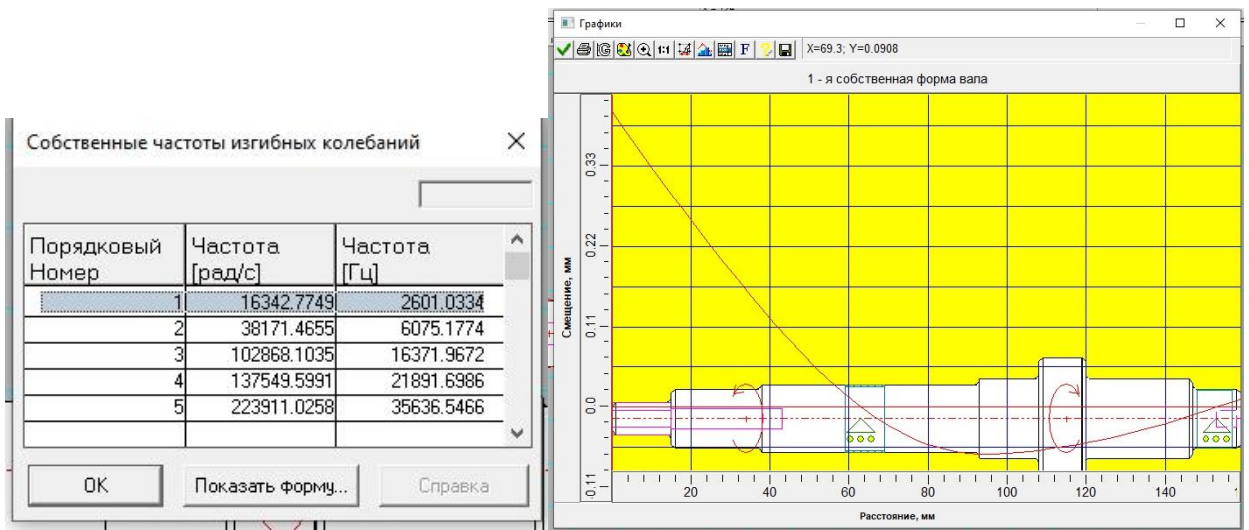


Рисунок 3.25. Собственные частоты изгибных колебаний

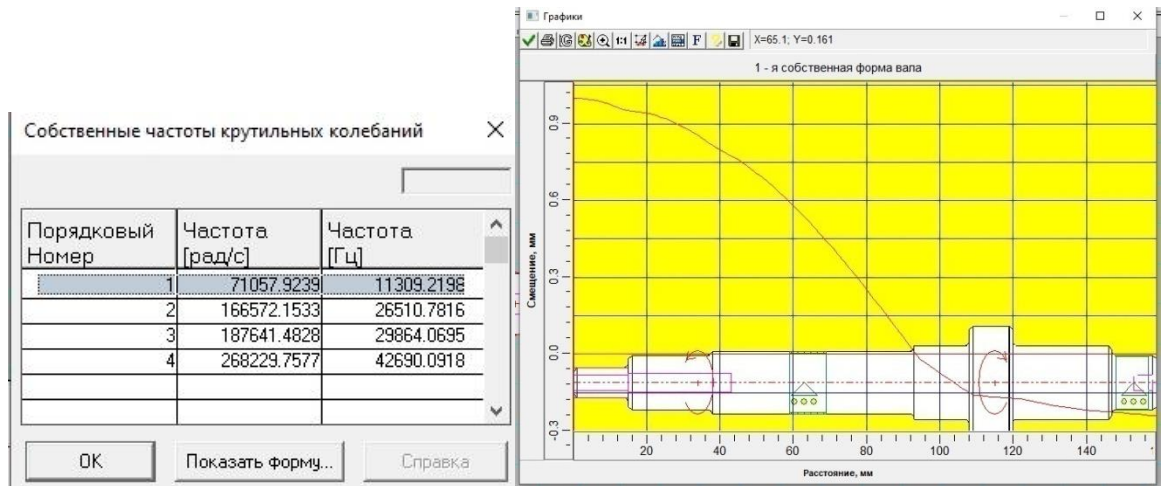


Рисунок 3.26. Собственные частоты крутильных колебаний

3.6 Расчёт подшипников в ARMBear

Геометрия

Внешний диаметр, мм...	40	Число рядов тел качения...	1
Внутренний диаметр, мм...	17	Угол контакта, град...	н/исп.
Диаметр тела качения, мм...	7.14	Длина ролика, мм...	н/исп.
Число тел качения...	7		

Толщина

Радиальные биения внеш. кольца, мм...	0.02
Радиальные биения внутр. кольца, мм...	0.015

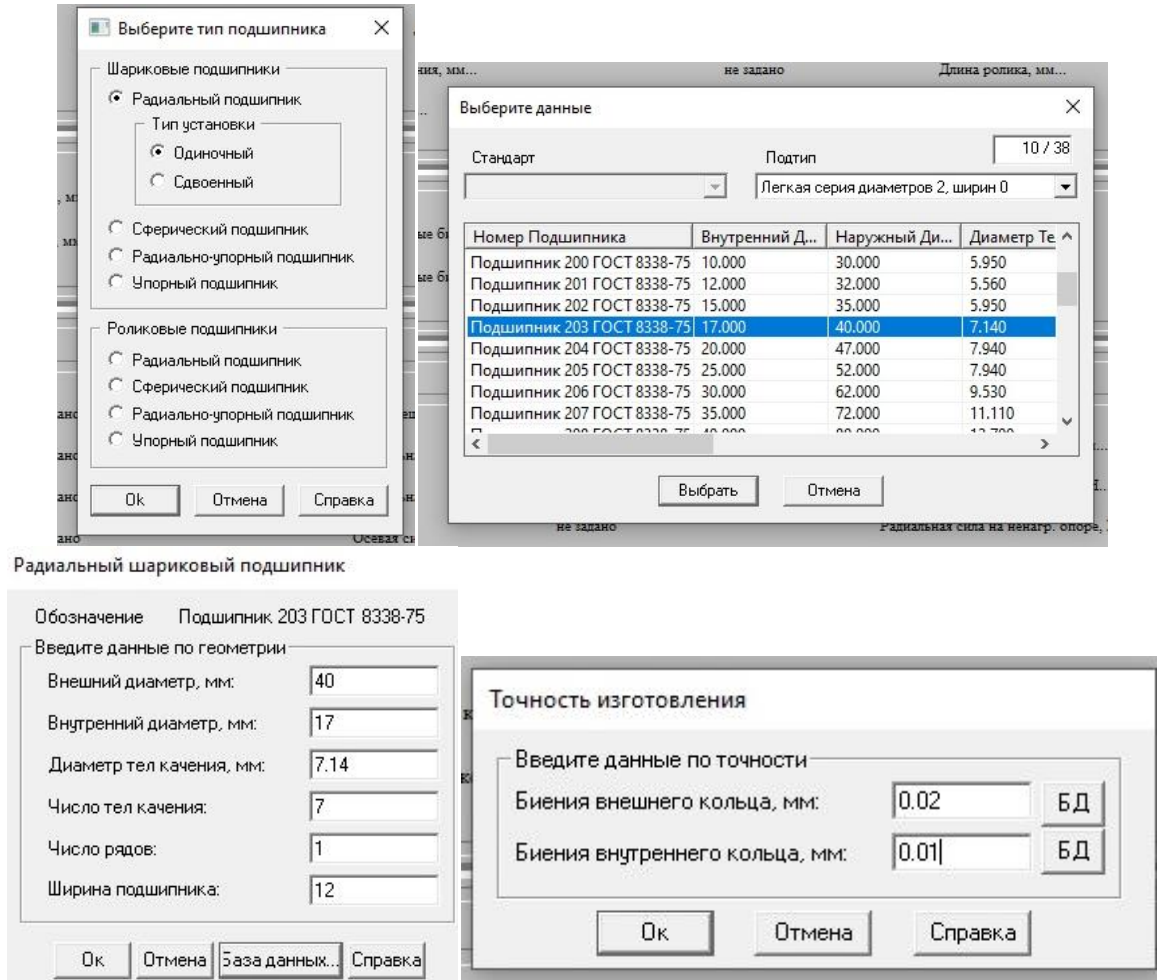
Условия работы

Радиальная сила, Н...	3	Рад. смещение предмета, мм...	н/исп.
Осевая сила, Н...	н/исп.	Радиальная сила на напр. опоре, Н...	н/исп.
Скорость вращения, об/мин...	5500	Радиальная сила на напр. опоре, Н...	н/исп.
Коэф. долговечности...	1	Осевая сила предмета, Н...	н/исп.

ARMBear Corporation © ARMB Ltd. 1998-2018

Рисунок 3.27. Рабочее окно для расчёта подшипников.

Рассчитаем подшипник 203 ГОСТ 8338-75



Радиальный шариковый подшипник

Рисунок 3.28. Выбор типа подшипника

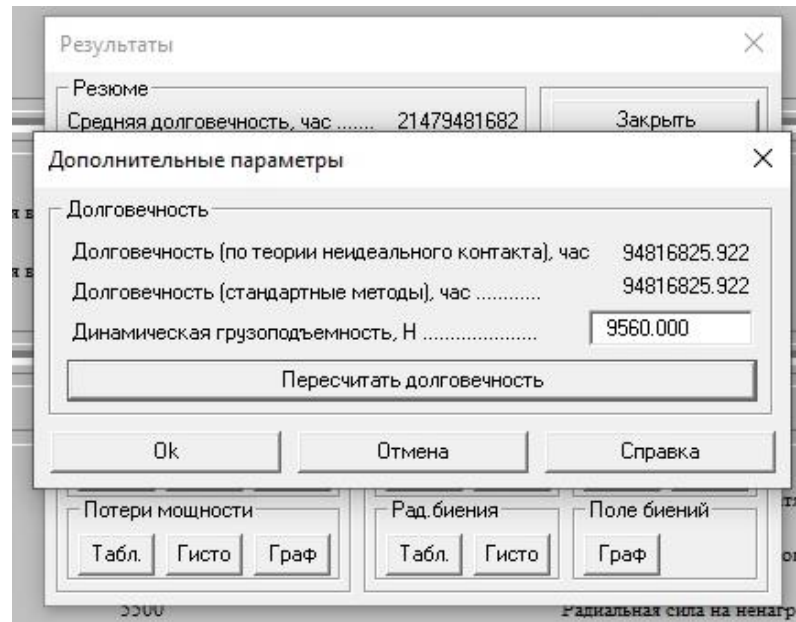


Рисунок 3.29. Результаты расчётов

Расчёт подшипников

Рассчитаем подшипники 202 ГОСТ 8338-75

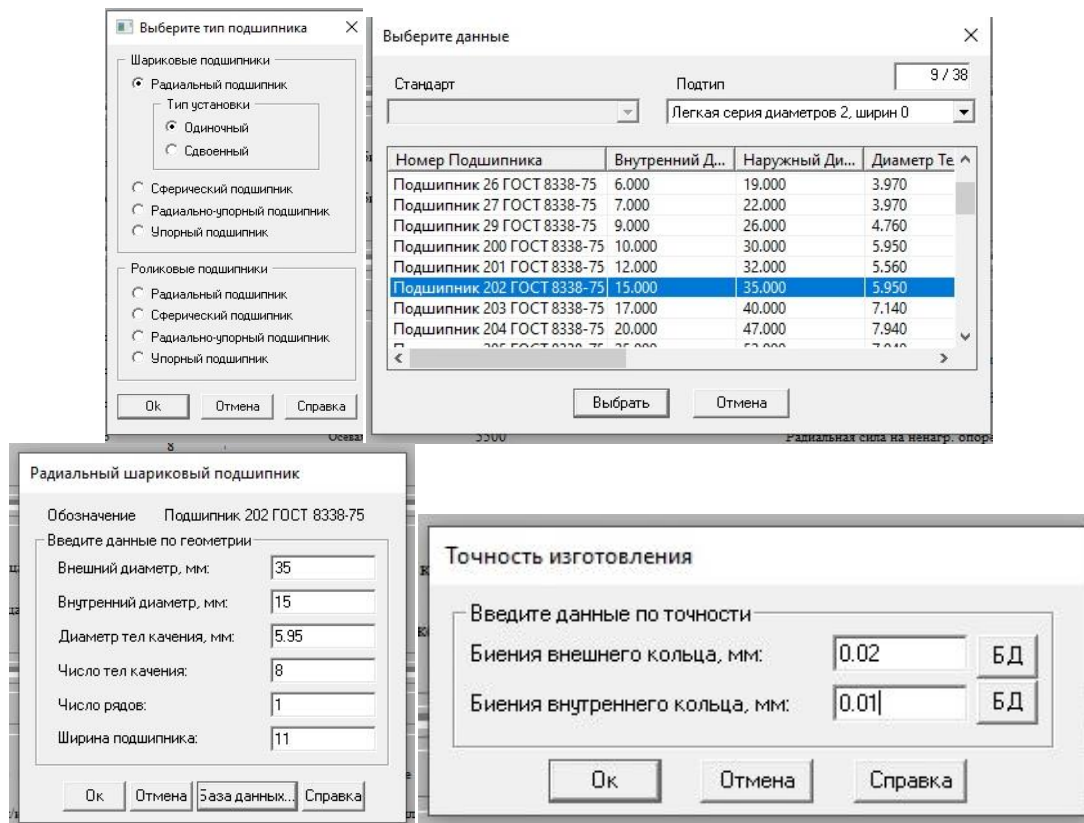


Рисунок 3.30. Выбор типа подшипника

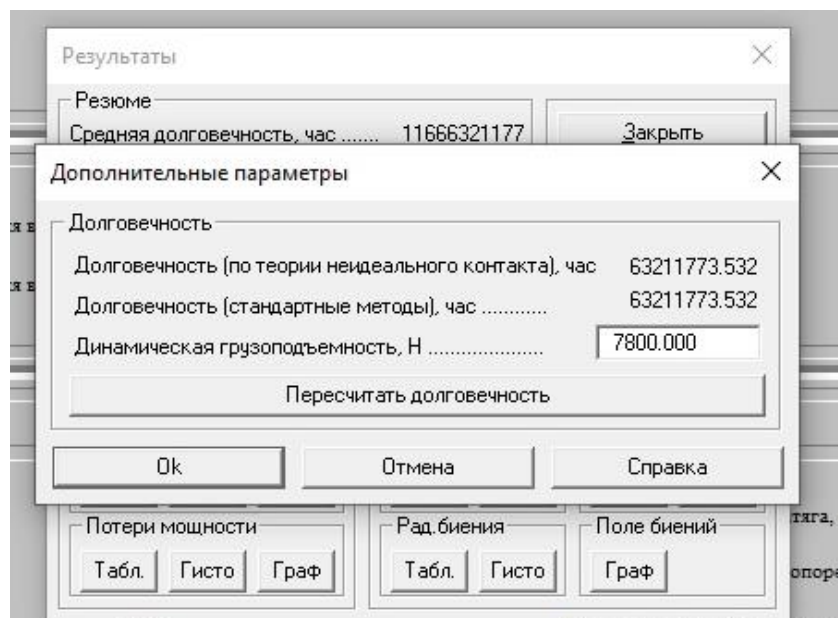


Рисунок 3.31. Результаты расчётов

Рассчитаем подшипники 105 ГОСТ 8338-75

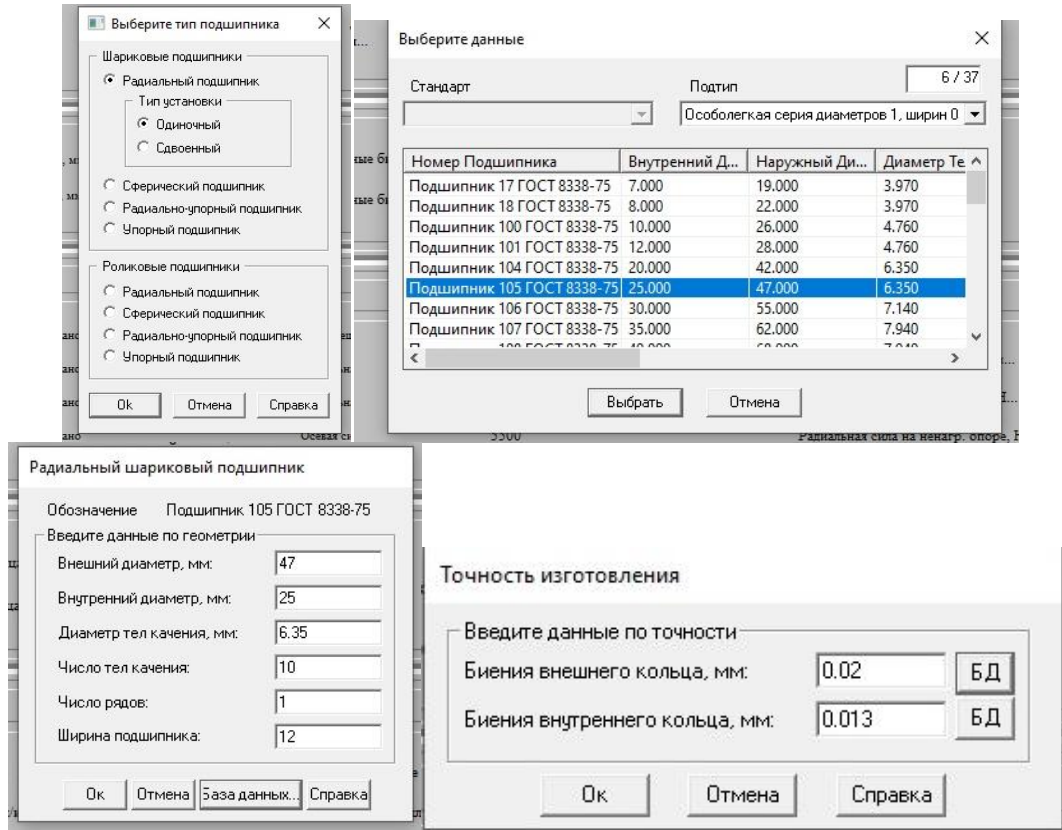


Рисунок 3.32. Выбор типа подшипника

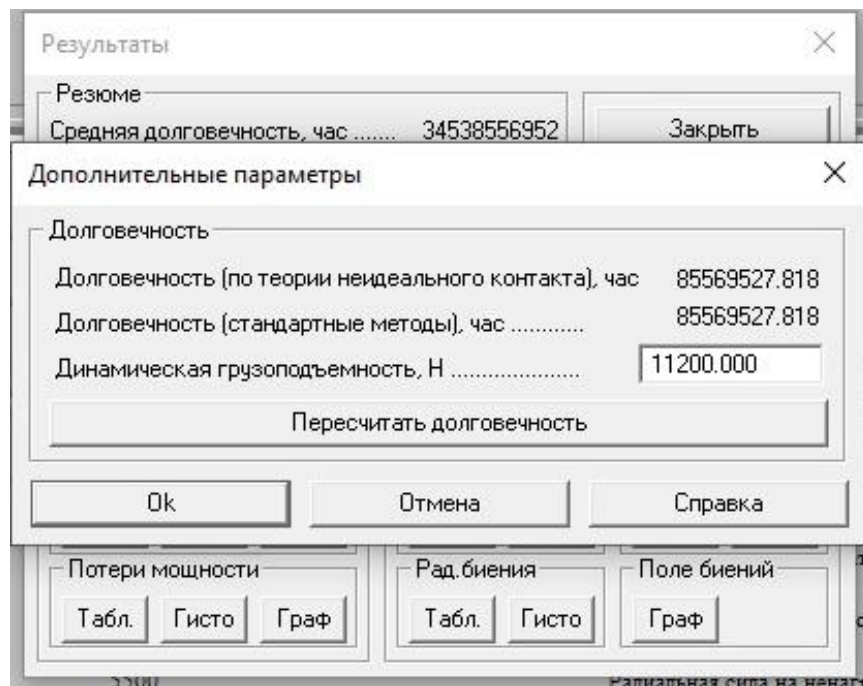


Рисунок 3.33. Результаты расчётов

Заключение

Станки с ЧПУ широко применяются в современных производствах, а их интеграция в рабочую среду является важной задачей в автоматизации технического процесса. Решение этой задачи было рассмотрено в данной работе.

В данной работе был рассмотрен станок с ЧПУ, был выбран более рациональный подход обработки вал-шестерня.

В технологической части разработан вариант технологического процесса изготовления вал-шестерни. Проектирование велось с применением САПР систем, таких как FeatureCAM. Использование данной программы позволяет автоматизировать процесс разработки управляющих программ, исключить ошибки в программе благодаря встроенному верификатору и ускорить получение комплекта конструкторской документации в соответствии с требованиями производства.

В специальной части была рассмотрена технология, применяющиеся при производстве изделий, а также создана программа, позволяющая осуществлять работу станка с ЧПУ.

Библиографический список

1. Ермолаев В.В. Разработка технологических процессов и изготовления деталей машин, 2015. – 277с
2. Любушин Н. П., Лещева В. Б. «Анализ финансово-экономической деятельности предприятия», Москва ЮНИТИ, 2013 г.
3. Махов А.А. Проектирование многоцелевых фрезерных операций с ЧПУ с помощью FeatureCAM. – Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Технологическая информатика», - ЕТИ МГТУ «Станкин», 2018, 11 стр.
4. Черпаков Б.И. Автоматизация и механизация производства: Учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Б.И. Черпаков, Л.И. Вереина. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 384 с.
5. Чечевицына, Л. Н. Экономика организации: учеб, пособие / Л. Н. Чечевицына, Е. В. Хачадурова. — Ростов н/Д, 2016. — 382 с.

Электронные ресурсы

1. Махов А. А. Методические указания к лабораторным работам и самостоятельной работе студентам по дисциплине«Технологические процессы автоматизированного производства»– Егорьевск.: 2019. – 49 с.
https://edu.stankin.ru/pluginfile.php/154211/mod_resource/content/
2. APMwinmachine
<https://apm.ru/apm-winmachine>
3. FeatureCAM
<https://www.autodesk.ru/products/featurecam/overview>

Информация об авторе:

Фокин Александр Сергеевич, Ведущий инженер-технолог, АО «Раменский приборостроительный завод», E-mail: fox13fok@yandex.ru